

EVALUASI PROYEK PERAWATAN APU GTCP131-9B PT. GARUDA INDONESIA

Dicky Gumilang^{1*}, Dennis Timothy²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas Esa Unggul, Jakarta Barat
Jl. Arjuna Utara No. 9 Tol Tomang Kebon Jeruk, Jakarta 11510
dicky.gumilang@esaunggul.ac.id

ABSTRAK

Industri transportasi udara di Indonesia berkembang sangat cepat dan kompetitif. Perawatan armada pesawat menjadi faktor penting dalam mendukung maskapai penerbangan bersaing di industri lokal maupun global. Di sisi lain keterlambatan penyelesaian dalam perawatan armada pesawat dapat mengakibatkan keterlambatan jadwal penerbangan dan hal tersebut sangat merugikan pihak maskapai maupun penumpang. Hal tersebut menjadi tantangan bagi pelaku usaha di bidang pemeliharaan pesawat untuk mengurangi risiko keterlambatan penyelesaian pekerjaan. Penelitian ini mengusulkan strategi atau usaha yang dapat mengurangi risiko tersebut. Dengan manajemen proyek diharapkan perusahaan mampu menghasilkan aktivitas pemeliharaan yang efektif dan efisien. Hal ini sangat dibutuhkan perusahaan dalam menghasilkan output yang optimal dan sangat berdampak bagi maskapai yang menggunakan jasa pemeliharaan pesawatnya. Dalam penelitian ini evaluasi manajemen proyek dengan menggunakan metode Critical Path Method (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT), Work Breakdown Structure (WBS) untuk mengevaluasi penyusunan aktivitas perawatan pesawat dan metode Crashing jika dibutuhkan percepatan dalam aktivitas menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan kontrak kerja yang disepakati. Penyusunan manajemen proyek yang baik dapat menghasilkan perkiraan waktu dan biaya yang lebih akurat yang akan dijadikan dasar dalam menyelesaikan proyek dan akan mengurangi keterlambatan dan kerugian dalam penyelesaiannya. Manajemen proyek yang digunakan dalam pekerjaan perawatan APU GTCP131-9B mempercepat penyelesaian pekerjaan sebanyak 3.5 hari dengan tambahan biaya sebesar \$ 8.958,23.

Kata kunci: Manajemen Proyek, CPM, PERT, WBS, Crashing

ABSTRACT

The air transportation industry in Indonesia is growing rapidly and is very competitive. Aircraft fleet maintenance is an important factor in supporting airlines to compete in the local and global industry. On the other hand, delays in the completion of fleet maintenance can result in delays in flight schedules and this is very detrimental to the airline and passengers. This is a challenge for the aircraft maintenance companies to avoid the risk of being penalized for delays that may occur. Therefore, this research proposes to implement the crashing program to reduce the project completion duration. With project management, the company is expected to be able to produce effective and efficient maintenance activities. This is very much needed by the company in producing optimal output and has a great impact on airlines that use aircraft maintenance services. In this study, the evaluation of project management uses the Critical Path Method (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT), Work Breakdown Structure (WBS) to evaluate the preparation of aircraft maintenance activities and the crashing method if acceleration is needed in completing maintenance activities in accordance with agreed agreement. With the preparation of good project management, it is possible to estimate the time and cost needed to complete a project and to minimize delays and losses in completion. The project management planning used in this project resulted in an accelerated completion of 3.5 days with an additional cost of \$ 8,958.23.

Keywords: Project Management, CPM, PERT, WBS, Crashing

1 Pendahuluan

Dewasa ini, industri jasa transportasi udara semakin berkembang yang didukung dengan tarif penerbangan yang terjangkau. Hal ini mendorong meningkatnya permintaan perjalanan udara domestik dan global. *International Air Transport Association* (IATA) memprediksi, jumlah penumpang angkutan udara akan mencapai 7,8 miliar orang pada 2036. Peningkatan penumpang tersebut dua kali lipat dibandingkan dengan tahun lalu sebanyak empat miliar penumpang. Menurut IATA beberapa negara mengalami pertumbuhan jumlah penumpang udara dan yang tertinggi adalah negara China. “Negara tersebut bakal menggantikan Amerika Serikat (AS) sebagai pasar penerbangan terbesar di dunia pada 2036. Sementara India dan Indonesia berada di urutan ketiga dan keempat [1].”

Dengan adanya peningkatan jumlah penumpang pesawat, setiap maskapai penerbangan perlu mempersiapkan strategi masing-masing untuk menyerap potensi pasar yang ada. Dalam hal ini perusahaan mampu memperoleh *market share* sebesar 20%, oleh karena itu untuk mendukung hal tersebut PT. Garuda Indonesia membutuhkan jumlah armada yang mampu mengakomodir jumlah penumpang yang terus meningkat dengan tujuan yang beragam. Pada Tabel 1 dijabarkan tipe dan jumlah armada yang dioperasikan Garuda Indonesia pada tahun 2019.

Dengan armada yang cukup banyak dan beragam, dalam operasionalnya dibutuhkan perawatan yang baik, guna mendukung jam terbang yang padat dengan destinasi yang beragam. Hal ini merupakan peluang yang luas bagi bisnis perawatan pesawat terbang. Semakin padat jadwal penerbangan maka akan berbanding lurus dengan peningkatan intensitas perawatan pada pesawatnya. “Perusahaan pemeliharaan dan perbaikan pesawat memiliki tanggung jawab dalam proses pemeliharaan dengan memberikan persetujuan kelaikan terbang setiap setelah dilakukan aktivitas perbaikan dan pemeliharaan pesawat [2].”

Peluang tersebut dimanfaatkan beberapa maskapai penerbangan di dunia dengan memulai bisnis perawatan pesawat terbang. Salah satunya adalah Garuda Indonesia yang mempunyai anak perusahaan bernama PT. Garuda Maintenance Facility AeroAsia Tbk (GMF) yang bergerak di bidang perawatan pesawat terbang. Bagian yang menjadi fokus objek pemeliharaan adalah *structure* atau *body* pesawat, *engine* dan *Auxiliary Power Unit* (APU). Peningkatan jumlah unit APU yang jatuh tempo untuk dilakukan perawatan berkala menjadi peluang bagi PT. GMF Aeroasia Tbk., untuk menangkap peluang tersebut menjadi target *revenue*. Peningkatan peluang jasa perawatan APU tersebut, diantisipasi oleh perusahaan dengan melakukan pembenahan manajemen perawatan baik dari segi logistik maupun dari segi pengelolaan dan penjadwalan pekerjaan. “Peningkatan persaingan dan perubahan pasar jasa penerbangan menimbulkan tekanan yang cukup signifikan terhadap perusahaan pemeliharaan dan perbaikan pesawat untuk meningkatkan keuntungan dengan mengoptimalkan operasi aktivitasnya [3].” “Pekerjaan pemeliharaan dan perbaikan pesawat menghabiskan sekitar 10% sampai dengan 15% dari total biaya operasional perusahaan penerbangan, sehingga diperlukan optimalisasi operasi perawatan pesawat untuk meminimalkan biaya agar perusahaan dapat terus kompetitif [4].” “Untuk memastikan pekerjaan pemeliharaan pesawat tetap efisien dan aman, para pekerja langsung atau teknisi perlu diatur jam kerja dan jam istirahatnya [5].”

Tabel 1. Jumlah Armada Pesawat Garuda Indonesia Tahun 2019

No	Tipe Pesawat	Jumlah
1	Boeing 777-300ER	10
2	Airbus A330-300	17
3	Airbus A330-200	7
4	Airbus A330-900 Neo	3
5	Boeing 737 Max 8	1
6	Boeing 737-800NG	73
7	CRJ1000 NexGen	18
8	ATR 72-600	13
TOTAL		142

APU (*Auxiliary Power Unit*), seperti ditunjukkan pada Gambar 1, adalah sebuah perangkat pada pesawat besar yang menyediakan *power* untuk fungsi lain selain propulsi, yaitu diantaranya adalah sebagai sumber penghasil tenaga listrik dan *pneumatic*.”APU juga bertugas dalam menjalankan (*starter*) mesin di darat [6].”



Gambar 1. APU (*Auxiliary Power Unit*)

Manajemen proyek diterapkan untuk dapat mengurangi risiko proyek. Manajemen yang efektif mencakup aktivitas penjadwalan dan pengelolaan tenaga kerja yang menghasilkan perkiraan biaya yang perlu dianggarkan perusahaan. Tanpa adanya manajemen proyek yang efektif, dapat menghambat perusahaan untuk mencapai target kinerja, yang berdampak pada tingkat layanan kepada pelanggan. “Penerapan dan optimasi manajemen proyek dapat mengurangi waktu pemeliharaan pesawat secara signifikan yang otomatis meningkatkan efisiensi waktu dan biaya [7].”

Dalam upaya mempertahankan kepercayaan pelanggan, PT. GMF Aeroasia Tbk perlu menerapkan praktek-praktek pengelolaan proyek sesuai standar dunia industri penerbangan. “Para pekerja langsung (mekanik) perlu diberikan kesempatan untuk menyampaikan pertimbangan-pertimbangannya dan juga ide-ide secara terbuka [8].” Beberapa proyek yang dikerjakan oleh PT. GMF Aeroasia Tbk diantaranya adalah proyek perawatan APU tipe GTCP131-9B milik Garuda Indonesia. Jenis APU ini yang digunakan di pesawat tipe Boeing 737-800NG. Pada Tabel 1 dijelaskan bahwa jumlah armada tipe ini adalah 73 unit. Unit dengan tipe tersebut adalah armada yang paling banyak dimiliki oleh Garuda Indonesia saat ini sehingga menjadi *back bone* perusahaan dalam menjalankan operasionalnya. Oleh karena itu melalui penelitian ini, dilakukan evaluasi manajemen proyek yang merekomendasikan langkah-langkah strategis dalam mendukung proyek perawatan APU tipe GTCP131-9B.

2 Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode penelitian historis (rekonstruksi) dengan pendekatan kuantitatif. Metode penelitian historis menggunakan data primer dan sekunder sebagai sumber pengumpulan data utama. Dengan metode ini peneliti dapat memberikan pelajaran atau pengalaman untuk persepektif di masa depan.

“Metode penelitian kuantitatif merupakan penelitian berdasarkan filsafat positivisme, dalam meneliti populasi atau sampel, pengumpulan data, analisis data yang bersifat kuantitatif atau statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan [9].” Subjek penelitian adalah perawatan APU S/N P-9932 di PT GMF Aeroasia Tbk yang mana perawatan besarnya diselesaikan dalam waktu 59 hari dan dinyatakan tidak sesuai dengan target yang sudah disepakati dengan Garuda Indonesia, sebagai pemilik pesawat.

3 Hasil dan Pengolahan Data

Dari hasil observasi ditemukan bahwa sepanjang tahun 2019 terdapat 15 proyek APU GTCP131-9B dengan rata-rata *Turn Around Time* (TAT) penyelesaian proyek perawatan APU GTCP131-9B Garuda Indonesia di GMF adalah 86.3 hari kalender, seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Proyek APU Serial Number P-9932 yang menjadi objek referensi dalam penelitian ini adalah proyek *shop visit* yang dimulai pengerjaannya tanggal 4 September 2019, pencapaian TAT dalam proyek tersebut adalah 59 Hari.

Dalam mengidentifikasi aktivitas proyek juga dijelaskan masing-masing PIC dalam setiap pekerjaan, sehingga bisa didefinisikan pihak-pihak yang bertanggung jawab untuk masing-masing pekerjaan dan memudahkan koordinasi yang dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 2. Rata-rata TAT (hari) pengerjaan perawatan APU GTCP131-9B

No	APU S/N	Induction date	Serviceable date	TAT
1	P-8535	25-Feb-19	25-Apr-19	60
2	P-10317	11-Mar-19	28-May-19	79
3	P-9217	2-Apr-19	4-Jul-19	94
4	P-9320	15-Apr-19	31-Jul-19	108
5	P-9421	25-Apr-19	19-Jul-19	86
6	P-8397	10-May-19	27-Aug-19	110
7	P-8375	15-May-19	27-Sep-19	136
8	P-8908	19-Jun-19	28-Sep-19	102
9	P-10439	17-Jul-19	8-Oct-19	84
10	P-8702	5-Aug-19	18-Nov-19	106
11	P-8673	19-Aug-19	8-Nov-19	82
12	P-10321	2-Sep-19	16-Nov-19	76
13	P-9932	4-Sep-19	1-Nov-19	59
14	P-10473	7-Oct-19	26-Nov-19	51
15	P-10477	11-Oct-19	11-Dec-19	62
Rata-rata TAT				86.3

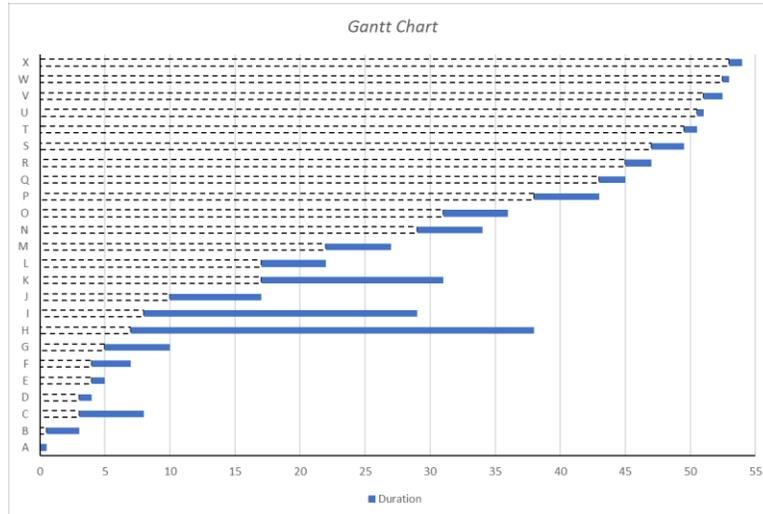
4 Pembahasan

4.1 Penjadwalan Metode CPM

Setelah melakukan identifikasi tahapan pengerjaan proyek, maka dapat ditentukan waktu perencanaan proyek perawatan APU GTCP 131-9B dalam penyelesaian seluruh rangkaian pekerjaan tersebut adalah 54 hari menggunakan metode Gantt Chart pada Gambar 2 dan Tabel 4 *Predecessor* Aktivitas Proyek.

Tabel 3. Tahapan Pengerjaan dan PIC Untuk Setiap Aktivitas Proyek

No	Uraian Aktivitas	PIC
1	<i>Removal Component & External</i>	<i>Manager APU Assy/Disassy</i>
2	<i>Disassembly</i>	<i>Manager APU Assy/Disassy</i>
3	<i>Export Dirty Subcon</i>	<i>Manager Logistic / Manager Purchaser</i>
4	<i>Cleaning</i>	<i>Manager Cleaning & Inspection</i>
5	<i>Fast Track Part Inspection</i>	<i>Manager Cleaning & Inspection</i>
6	<i>Bench Inspection</i>	<i>Manager Cleaning & Inspection</i>
7	<i>Export Dirty Subcon</i>	<i>Manager Logistic / Manager Purchaser</i>
8	<i>Material Purchase & Internal Repair</i>	<i>Project Manager / Manager Kitting / Manger Purchaser / Manager Repair Production Control</i>
9	<i>Repair Dirty Subcont</i>	<i>Manager Purchaser / Manager Engineering</i>
10	<i>Delay Confirmation Detail Subcont</i>	<i>Manager Purchaser</i>
11	<i>Repair Detail Subcont</i>	<i>Manager Purchaser</i>
12	<i>Purchase for recovery delay subcontract & Internal Repair</i>	<i>Project Manager / Manager Purchaser</i>
13	<i>Import Purchase for recovery delay</i>	<i>Manager Logistic / Manager Purchaser</i>
14	<i>Import Dirty Subcon</i>	<i>Manager Logistic / Manager Purchaser</i>
15	<i>Import Detail Subcont</i>	<i>Manager Logistic / Manager Purchaser</i>
16	<i>Import Material Purchase</i>	<i>Manager Logistic / Manager Purchaser</i>



Gambar 2. Gantt Chart Project

Waktu penyelesaian perawatan dan pemeliharaan pesawat atau komponennya sangat dipengaruhi oleh produktifitas tenaga kerja. “Sehingga untuk mengendalikan *turn around time (TAT)* atau waktu penyelesaian proyek, diperlukan peran dari supervisor dan juga manajer dalam menerapkan manajemen proyek yang terpadu [10].”

Tabel 4. Predecessor Aktivitas Proyek

Aktivitas	Uraian Pekerjaan	Lama Pekerjaan (Hari)	Predecessor	Successor
A	<i>Removal Component & External</i>	0.5	-	B
B	<i>Disassembly</i>	2.5	A	C
C	<i>Export Dirty Subcon</i>	5	B	I,D
D	<i>Cleaning</i>	1	B	E,F
E	<i>Fast Track Part Inspection</i>	1	D	G
F	<i>Bench Inspection</i>	3	D	H
G	<i>Export Detail Subcont</i>	5	E	J
H	<i>Material Purchase & Internal Repair</i>	31	F	P
I	<i>Repair Dirty Subcont</i>	21	C	N
J	<i>Delay Confirmation Detail Subcont</i>	7	G	K,L
K	<i>Repair Detail Subcont</i>	14	J	O
L	<i>Purchase for recovery delay subcontract & Internal Repair</i>	5	J	M
M	<i>Import Purchase for recovery delay</i>	5	L	Q
N	<i>Import Dirty Subcon</i>	5	I	Q
O	<i>Import Detail Subcont</i>	5	K	Q
P	<i>Import Material Purchase</i>	5	H	Q
Q	<i>Material kitting</i>	2	M,N,O,P	R
R	<i>Sub Assembly</i>	2	Q	S
S	<i>Final Assembly</i>	2.5	R	T
T	<i>Installation Component & External</i>	1	S	U
U	<i>APU Preservation</i>	0.5	T	V
V	<i>Preparation and Test APU</i>	1.5	U	W

4.1.1 Perhitungan *Earliest Event Time (EET)*

Untuk menghitung nilai EET, menggunakan perhitungan ke depan (*forward analysis*) dengan persamaan 1, dimulai dari kegiatan paling awal dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya.

$$EET_j = (L + EET_i)_{\max} \tag{1}$$

4.1.2 Pehitungan *Latest Event Time* (LET)

Untuk menghitung nilai LET, menggunakan perhitungan mundur (*backward analysis*) dengan persamaan 2, dimulai dari kegiatan paling akhir dan dilanjutkan dengan kegiatan sebelumnya.

$$LET_i = (LET_j - L)_{\min} \tag{2}$$

4.1.3 Perhitungan *FLOAT*

Float dalam manajemen proyek mengacu pada waktu suatu aktifitas yang dapat diundur tanpa menyebabkan aktifitas atau tugas anggota tim yang lain mundur atau waktu penyelesaian proyek bertambah. *Float* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *total float* menggunakan persamaan 3 dan *free float* menggunakan persamaan 4.

$$\text{Total Float} = LET_j - \text{DURASI A} - LET_i \tag{3}$$

$$\text{Free Float} = EET_j - \text{DURASI A} - EET_i \tag{4}$$

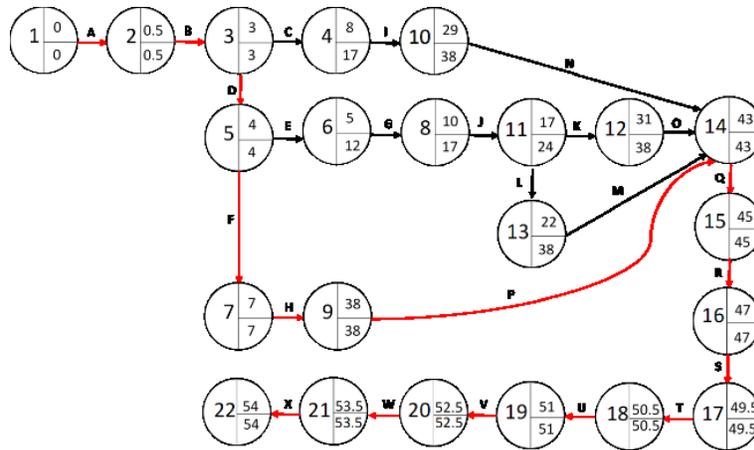
Hasil perhitungan CPM ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan CPM

Aktivitas	ES	EF	LS	LF	TF	FF
A	0	0.5	0	0.5	0	0
B	0.5	3	0.5	3	0	0
C	3	8	3	17	0	9
D	3	4	3	4	0	0
E	4	5	4	12	0	7
F	4	7	4	7	0	0
G	5	10	12	17	7	7
H	7	38	7	38	0	0
I	8	29	17	38	9	9
J	10	17	17	24	7	7
K	17	31	24	38	7	7
L	17	22	24	38	7	16
M	22	43	38	43	16	0
N	29	43	38	43	9	0
O	31	43	38	43	7	0
P	38	43	38	43	0	0
Q	43	45	43	45	0	0
R	45	47	45	47	0	0
S	47	49.5	47	49.5	0	0
T	49.5	50.5	49.5	50.5	0	0
U	50.5	51	50.5	51	0	0
V	51	52.5	51	52.5	0	0
W	52.5	53	52.5	53	0	0
X	53	54	53	54	0	0

4.1.4 Lintasan Kritis

Dari hasil perhitungan *free float* dan *total float* di atas, terlihat bahwa FF dan TF yang nilainya = 0 adalah kegiatan A - B - D - F - H - P - Q - R - S - T - U - V - W - X, hal ini menunjukkan bahwa ke-14 aktifitas tersebut tidak memiliki waktu tenggang untuk terlambat sehingga disebut kegiatan kritis. Durasi proyek dengan menggunakan metoda ini adalah 54 hari seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Network CPM

4.2 Penjadwalan Metode PERT

4.2.1 Nilai t_a , t_b , dan t_m

Dari wawancara beberapa nara sumber yang dipilih di lapangan diperoleh nilai waktu optimis (t_a) dan waktu pesimis (t_b) seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai t_a , t_b , t_m

Aktivitas	t_a	t_m	t_b
A	0.5	0.5	1
B	2	2.5	3
C	4	5	7
D	1	1	1.5
E	1	1	2
F	2	3	7
G	4	5	7
H	25	31	35
I	21	21	30
J	14	14	21
K	4	5	7
L	3	5	7
M	3	5	7
N	3	5	7
O	3	5	7
P	6	7	10
Q	1.5	2	3
R	1.5	2	2
S	2	2.5	3
T	1	1	1.5
U	0.5	0.5	1
V	0.5	0.5	1
W	1	1.5	2
X	1	1	2

4.2.2 Perhitungan *Expected Time* (t_e) dan Variansi

Nilai t_e diperoleh dengan menggunakan persamaan 5.

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6} \quad (5)$$

Nilai *variance* setiap aktifitas diperoleh menggunakan persamaan 6.

$$\text{variance} = \frac{(tb-ta)^2}{36} \quad (6)$$

Hasil perhitungan *expected time* (t_e) dan *variance* pada aktivitas lain dapat ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Tabel t_e dan variansi

Aktivitas	t_e	Variansi
A	0.58	0.01
B	2.5	0.03
C	5.17	0.25
D	1.08	0.01
E	1.17	0.03
F	3.5	0.69
G	5.17	0.25
H	30.67	2.78
I	22.5	2.25
J	15.17	1.36
K	5.17	0.25
L	5	0.44
M	5	0.44
N	5	0.44
O	5	0.44
P	7.33	0.44
Q	2.08	0.06
R	1.92	0.01
S	2.5	0.03
T	1.08	0.01
U	0.58	0.01
V	1,5	0.03
W	0.58	0.01
X	1.17	0.03

4.2.3 Perhitungan Probabilitas Tabel Normal-Z-Value

Untuk menghitung probabilitas dari waktu penyelesaian pekerjaan secara total, diperlukan nilai *expected time* (t_e), variansi dan standar deviasi dari kegiatan yang berada di lintasan kritis, berikut adalah perhitungannya

Expected time (t_e) kegiatan kritis:

$$t_e = 0.58 + 2.50 + 1.08 + 3.50 + 30.67 + 7.33 + 2.08 + 1.92 + 2.50 + 1.08 + 0.58 + 1.50 + 0.58 + 1.17 \\ = 57.07 \text{ (hari)}$$

Variansi kegiatan kritis proyek:

$$\text{Var} = 0.01 + 0.03 + 0.01 + 0.69 + 2.78 + 0.44 + 0.06 + 0.01 + 0.03 + 0.01 + 0.01 + 0.03 + 0.01 + 0.03 = 4.13 \\ \text{(hari)}$$

Standar deviasi:

$$\text{SD} = \sqrt{\text{variansi}} \\ = \sqrt{4.13} \\ = 2.03 \text{ (hari)}$$

Untuk mendapatkan nilai *normal-z-value* memerlukan informasi waktu penyelesaian yang diinginkan (T_x) dan *expected time* (t_e) kegiatan kritis. Perhitungan *normal-z-value* menggunakan persamaan 7.

$$Normal-Z-value = \frac{Tx - te}{Sd} \tag{7}$$

Jika waktu penyelesaian yang ditargetkan adalah 55 hari (sesuai dengan kontraktual *Turn Around Time* penyelesaian proyek), maka:

$$Normal-Z-value = \frac{55 - 57.07}{2.03} = -1.02$$

Dengan menggunakan tabel *normal-Z-value* didapatkan probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 55 hari adalah 15.39%. Pada Tabel 8 dijelaskan urutan durasi kerja dengan probabilitas sampai yang terbesar.

Tabel 8. Probabilitas Durasi Kerja yang Diinginkan

Target TAT	Nilai Z	Probabilitas
55	-1.02	15.39%
56	-0.53	29.81%
57	-0.03	48.80%
58	0.46	67.72%
59	0.95	82.89%
60	1.44	92.51%

4.3 *Crashing* Penambahan Jam Kerja (Lembur)

“Perhitungan *Crash Duration* tidak semua dalam *Diagram Network CPM* aktivitas kritis dapat dilakukan *Crashing* [11].” Aktivitas tersebut adalah B – D – F – Q – R – S – T – V – X. Detail aktivitas *crashing* dijelaskan pada Tabel 9.

Tabel 9. Aktivitas *Crashing* (Jam)

Aktivitas	Uraian Pekerjaan	Volume (Job Card)	Durasi Normal
B	<i>Disassembly</i>	4	2.5
D	<i>Cleaning</i>	77	1
F	<i>Bench Inspection</i>	77	3
Q	<i>Material Kitting</i>	56	2
R	<i>Sub Assembly</i>	2	2
S	<i>Final Assembly</i>	6	2.5
T	<i>Installation Component & External</i>	28	1
V	<i>Preparation and Test APU</i>	1	1.5
X	<i>Release ARC</i>	1	1

4.3.1 Perhitungan *Crash Duration*

Perhitungan *Crash Duration* ditentukan terlebih dahulu perencanaan jam lembur untuk setiap aktivitas pada Tabel 10 yang dinyatakan dalam satuan waktu Jam.

Tabel 10. Penentuan Jam Lembur (Jam)

Aktivitas	Uraian Pekerjaan	Jam Lembur
B	<i>Disassembly</i>	16
D	<i>Cleaning</i>	6
F	<i>Bench Inspection</i>	16
Q	<i>Material Kitting</i>	8
R	<i>Sub Assembly</i>	4
S	<i>Final Assembly</i>	8
T	<i>Installation Component & External</i>	4
V	<i>Preparation and Test APU</i>	8

Berikut adalah contoh perhitungan *Crash Duration* untuk aktivitas *Disassembly*

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Harian} &= \text{Volume} / \text{Durasi Normal} \\ &= 4 / 2.5 = 1.60 \text{ Job Card} / \text{Hari} \\ \text{Produktivitas / Jam} &= \text{Produktivitas Harian} / \text{Jam Kerja Normal} \\ &= 1.60 / 16 \\ &= 0.10 \text{ Job Card} / \text{Hari} / \text{Jam} \\ \text{Produktivitas sesudah Crashing} &= 1.60 + (16 \times 0.10 \times 69\%) \\ &= 2.70 \text{ Job Card} / \text{Hari} \\ \text{Crash Duration} &= \text{Volume} / \text{Produktivitas sesudah Crash} \\ &= 4 / 2.70 \\ &= 1.48 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan seluruh aktivitas dijelaskan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Waktu *Crash* Alternatif Penambahan Jam Kerja (Jam)

Aktivitas	Uraian Pekerjaan	Waktu Normal	Waktu <i>Crash</i>
B	<i>Disassembly</i>	2.5	1.48
D	<i>Cleaning</i>	1	0.79
F	<i>Bench Inspection</i>	3	1.78
Q	<i>Material Kitting</i>	2	1.49
R	<i>Sub Assembly</i>	2	1.71
S	<i>Final Assembly</i>	2.5	1.86
T	<i>Installation Component & External</i>	1	0.85
V	<i>Preparation and Test APU</i>	1.5	1.12
X	<i>Release ARC</i>	1	0.85

4.3.2 Perhitungan *Crash Cost*

Dalam perhitungan *cost expenses* untuk pekerja *direct* dalam dunia MRO (*Maintenance, Repair and Overhaul*) menggunakan *rate manhours* per pekerja dan dalam penelitian ini sebesar 30.3 USD per jam.

Berikut adalah contoh perhitungan *Crash Duration* untuk aktivitas *Disassembly*:

$$\begin{aligned}
 \text{Normal Cost} &= \text{Jumlah Pekerja} \times \text{Shift} \times \text{Jam Kerja per Shift} \times \text{Durasi Normal (Hari)} \times \text{Rate Manhours} \\
 &= 2 \times 2 \times 8 \times 2.5 \times 30.3 \\
 &= 2.424,00 \text{ USD} \\
 \text{Biaya Lembur} &= \text{Jumlah Pekerja} \times \text{Jam Lembur} \times \text{Rate Manhours} \\
 &= 2 \times 16 \times 30.3 \\
 &= 960.96 \text{ USD} \\
 \text{Crash Cost} &= \text{Normal Cost} + \text{Biaya Lembur} \\
 &= 2.424,00 \text{ USD} + 960.96 \text{ USD} \\
 &= 3.384,96 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan seluruh aktivitas dijelaskan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Perhitungan *Crash Cost*

Aktivitas	Uraian Pekerjaan	Biaya Normal (\$)	Biaya <i>Crash</i> (\$)
B	<i>Disassembly</i>	2,424.00	3,384.96
D	<i>Cleaning</i>	484.8	664.98
F	<i>Bench Inspection</i>	2,908.80	3,869.76
Q	<i>Material Kitting</i>	969.6	1,209.84
R	<i>Sub Assembly</i>	1,939.20	2,179.44
S	<i>Final Assembly</i>	2,424.00	2,904.48
T	<i>Installation Component & External</i>	969.6	1,209.84
V	<i>Preparation and Test APU</i>	363.6	844.08
X	<i>Release ARC</i>	242.4	362.52

4.3.3 Perhitungan *Cost Slope*

Cost slope adalah perbandingan antara penambahan biaya dan percepatan waktu penyelesaian proyek. Berikut adalah contoh perhitungan *Crash Duration* untuk aktivitas *Disassembly*.

$$\begin{aligned}
 \text{Cost Slope} &= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Durasi Normal (Jam)} - \text{Crash Duration (Jam)}} \\
 &= \frac{\$3.384.96 - \$2.424.00}{40 - 23.7} \\
 &= \$58,84
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan seluruh aktivitas dijelaskan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Perhitungan *Cost Slope*

Aktivitas	Uraian Pekerjaan	Crash Duration (Day)	Cost Slope (\$)	Normal Cost (\$)	Crash Cost (\$)
B	<i>Disassembly</i>	2.13	58.84	2,424.00	3,384.96
D	<i>Cleaning</i>	0.79	54.78	484.8	664.98
F	<i>Bench Inspection</i>	2.23	49.03	2,908.80	3,869.76
Q	<i>Material Kitting</i>	1.49	29.27	969.6	1,209.84
R	<i>Sub Assembly</i>	1.71	51.03	1,939.20	2,179.44
S	<i>Final Assembly</i>	1.86	46.83	2,424.00	2,904.48
T	<i>Installation Component & External</i>	0.85	102.06	969.6	1,209.84
V	<i>Preparation and Test APU</i>	1.12	156.1	363.6	844.08
X	<i>Release ARC</i>	0.85	102.06	242.4	362.52

4.3.4 Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Biaya langsung dalam proyek APU ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Langsung Normal} &= \text{Material Cost} + \text{Subcontract Cost} + \text{Labor Cost} \\
 &= 159.550 \text{ USD} + 109.794,00 \text{ USD} + 29.710,00 \text{ USD} \\
 &= 299.054,00 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

Biaya tidak langsung dalam proyek ini terdiri dari:

- *Company Accommodation* = 0.14%
- *Facility Maintenance Expenses* = 0.21%
- *Rental Expenses* = 0.25%
- *Other Operating Expenses* = 1.40%

Berikut adalah rincian perhitungan dari biaya *overhead*.

$$\begin{aligned}
 &= (0.14\% \times 299.054,00 \text{ USD}) + (0.21\% \times 299.054,00 \text{ USD}) \text{ (Biaya Tidak Langsung)} + (0.25\% \times 299.054,00 \text{ USD}) + (1.40\% \times 299.054,00 \text{ USD}) \\
 &= 418,68 \text{ USD} + 628,01 \text{ USD} + 747,64 \text{ USD} + 4.186,74 \text{ USD} \\
 &= 5.981,08 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

“Setelah menentukan biaya langsung dan biaya tidak langsung, dapat dihitung total biaya tersebut setelah dilakukan aktivitas *Crashing* [12][13].” Berikut adalah contoh perhitungan aktivitas *Disassembly*:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Langsung} &= \text{Biaya Langsung Normal} + [\text{Cost Slope} \times \text{Percepatan (Jam)}] \\
 &= 299.054,00 \text{ USD} + (58.84 \text{ USD} \times 16.3) \\
 &= 300.014,96 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

Biaya Tidak Langsung

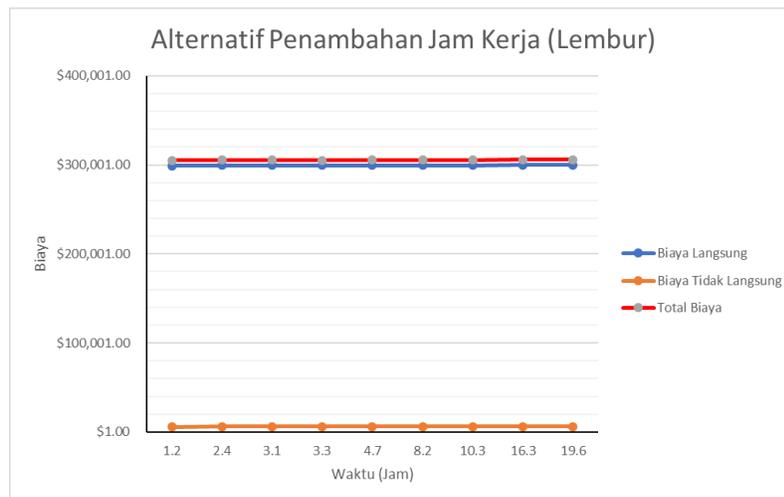
$$\begin{aligned}
 &= (0.14\% \times 300.014,96 \text{ USD}) + (0.21\% \times 300.014,96 \text{ USD}) + (0.25\% \times 300.014,96 \text{ USD}) + (1.40\% \times 300.014,96 \text{ USD}) \\
 &= 420.02 \text{ USD} + 630.03 \text{ USD} + 750.04 \text{ USD} + 4.200,21 \text{ USD} \\
 &= 6.000,30 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan seluruh aktivitas dijelaskan pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Perhitungan Total Biaya

Aktivitas	Uraian Pekerjaan	Biaya Langsung (\$)	Biaya Tidak Langsung (\$)	Total Biaya (\$)
B	<i>Disassembly</i>	300,014.96	6,000.30	306,015.26
D	<i>Cleaning</i>	299,234.18	5,984.68	305,218.86
F	<i>Bench Inspection</i>	300,014.96	6,000.30	306,015.26
Q	<i>Material Kitting</i>	299,294.24	5,985.88	305,280.12
R	<i>Sub Assembly</i>	299,294.24	5,985.88	305,280.12
S	<i>Final Assembly</i>	299,534.48	5,990,069	305,525.17
T	<i>Installation Component & External</i>	299,294.24	5,985.88	305,280.12
V	<i>Preparation and Test APU</i>	299,534.48	5,990.69	305,525.17
X	<i>Release ARC</i>	299,174.12	5,983.48	305,157.60

Setelah perhitungan di atas maka dibuat grafik hubungan biaya dan waktu pada Gambar 5 untuk menentukan waktu dan biaya paling optimal.



Gambar 5. Grafik Hubungan Biaya dan Waktu dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja

4.4 Alternatif Penambahan Waktu Kerja dan Denda Keterlambatan (*Time Cost Trade Off*)

Berdasarkan pengerjaan proyek APU P-9932 secara normal diselesaikan 4 hari melebihi batas waktu pengerjaan yang disepakati yaitu 55 hari. Besaran denda yang ditanggung sesuai kontrak kerja adalah 5.000 USD per hari sehingga total denda keterlambatan adalah $4 \times 5.000 \text{ USD} = 20.000 \text{ USD}$.

Jika GMF menggunakan strategi *Time Cost Trade Off* dengan penambahan jam lembur seperti yang sudah dihitung pada perhitungan *Crashing* sebelumnya, maka hasil perhitungan total biaya lembur dijelaskan pada Tabel 15 berikut.

Tabel 15. Hasil Perhitungan Total Biaya Lembur

Aktivitas	Uraian Pekerjaan	Biaya Lembur (\$)
B	<i>Disassembly</i>	960.96
D	<i>Cleaning</i>	180.18
F	<i>Bench Inspection</i>	960.96
Q	<i>Material Kitting</i>	240.24
R	<i>Sub Assembly</i>	240.24
S	<i>Final Assembly</i>	480.48
T	<i>Installation Component & External</i>	240.24
V	<i>Preparation and Test APU</i>	480.48
X	<i>Release ARC</i>	120.12
Total		3,903.90

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Proyek Perawatan APU GTCP131-9B nomor seri P-9932 hasil aktual penyelesaian adalah 59 hari dengan total Biaya 305.035,08 USD dan denda keterlambatan sebesar 20.000 USD sehingga penjumlahan keseluruhan biaya menjadi 325.035,08 USD. Dengan melakukan percepatan proyek selama empat hari dengan menambah jam kerja melalui lembur pegawai, akan menambah biaya sebesar 3.903,90 USD sehingga total biaya keseluruhan menjadi 308.938,98 USD. Dari hasil tersebut biaya perusahaan dalam menyelesaikan proyek ini bisa lebih efisien sebesar 16.096.10 USD.
2. Secara umum evaluasi manajemen proyek untuk kegiatan perawatan APU GTCP131-9B dengan nomor seri P-9932 khususnya dengan melakukan percepatan (*crashing*) penyelesaian aktivitas di jalur kritis dapat menyelesaikan proyek sesuai jadwal dan juga sekaligus menghemat biaya sampai dengan 16.096,10 USD.

3. *Project Manager* harus melakukan kontrol jadwal terutama di jalur kritis, tidak boleh ada *delay* pekerjaan, juga di jalur non kritis harus mengawasi jangan sampai *total slack* nya terlampaui *float time* nya.

5.2 Saran

1. Secara konsep percepatan waktu pengerjaan perawatan *APU GTCP131-9B* nomor seri P-9932 dapat dilakukan dengan adanya penghematan biaya total seperti ditunjukkan pada hasil yang didapat, manajer proyek tetap harus melakukan kontrol jadwal yang ketat terutama di jalur kritis. Manajer proyek harus memastikan dan mengendalikan semua aktivitas terutama di lintasan kritis untuk bisa dilaksanakan tepat waktu sesuai jadwal proyek, baik waktu memulai aktivitas maupun waktu selesai aktivitas. Untuk aktivitas di luar lintasan kritis tetap harus dikendalikan dan kalau ada keterlambatan, keterlambatan tersebut tidak melampaui waktu *Slack* atau *Float*.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan dapat menggunakan aplikasi atau software manajemen proyek sehingga memudahkan untuk dilakukan simulasi *progress* kemajuan proyek dengan mudah.
3. "Untuk meningkatkan keakuratan perencanaan dan pelaksanaan pemeliharaan pesawat perlu dikembangkan dan diterapkan model matematis untuk perencanaan pemeliharaan pesawat dengan pendekatan kriteria majemuk (*multi-criteria*) berdasarkan logika generik [14]."

Daftar Pustaka

- [1] IATA, *Airline Maintenance Cost Executive Commentary: An Exclusive Benchmark Analysis*, Maintenance Cost Task Force, Montreal, 2013.
- [2] D. Stadnicka, D. Arkhipov, O. Battaia, and R. M. C. Ratnayake, "Skills management in the optimization of aircraft maintenance processes," IFAC PapersOnLine 50-1, 2017.
- [3] A. K. Wardhana, M. Dachyar, and Farizal, "Process Selection of Supply Chain Management at Aircraft Maintenance Company to Support Supply Chain Re-engineering," In Proc. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Singapore, March 7-11, 2021.
- [4] J. P. Sprong, X. Jiang, and H. Polinder, "Deployment of Prognostics to Optimize Aircraft Maintenance – A Literature Review," Journal of International Business Research and Marketing, Vol. 5, Issue 4, 2020.
- [5] L. F. F. M. Santos and R. Melicio, "Stress, Pressure and Fatigue on Aircraft Maintenance Personal," International Review of Aerospace Engineering, Vol. 12, No. 1, February, 2019.
- [6] A. Fadhil, and A. Bakar, "Analisis terjadinya APU Auto Shutdown di Pesawat Airbus A320-200," INDEPT, Vol. 5, No. 1, Februari 2015.
- [7] E. Nursanti, S. Avief, Sibut, and M. Kertaningtyas, "Peningkatan Efisiensi Waktu dan Biaya Pemeliharaan Overhaul Pesawat Tempur," Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri, Vol. 4, No. 2, Agustus 2018.
- [8] A. Plioutsias, K. Stamoulis, M. Papanikou and R. J. Broer, "Safety differently: A case study in an Aviation Maintenance Repair Overhaul facility," MATEC Web of Conferences, 314, 2020.
- [9] J. W. Creswell and J. D. Creswell, *Research Design*, 5th ed. SAGE Publications, 2018.

- [10] M. Priyo dan A. Sumanto, Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off : Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir, 2016.
- [11] Sudaryono, and H. Lesli. "Executive Information System (EIS) Kinerja Studi Kasus: Cabin Base Maintenance PT. GMF Aeroasia TBK," Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (SIMIKA), Vol.1, No. 1, 2018.
- [12] Ningrum, Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur dan Shift Kerja, 2017.
- [13] S. Atin and R. Lubis. "Implementation of Critical Path Method in Project Planning and Scheduling." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 662, 2019.
- [14] M. Kowalski, M. Izdebski, J. Zak, P. Golda, and J. Manerowski. "Planning and management of aircraft maintenance using a genetic algorithm," Maintenance and reliability, Vol. 23, Issue 1, 2021.