

# ANALISIS WAKTU PENYELESAIAN PERAWATAN MESIN PESAWAT DENGAN METODE PERT DAN FUZZY PERT

**Lifia Citra Ramadhanti\***, Sita Kurniaty Ratoko, Rakay Edhiargo Toyosito  
Fakultas Teknik, Universitas Tangerang Raya  
Jalan Syeh Mubarak No. 25, Komp. Perumahan Sudirman Indah, Tangerang,  
Indonesia  
Email: \*lifiacr@untara.ac.id, sitak@untara.ac.id, rakaytoyosito@untara.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu metode untuk menganalisis penyebab dan memecahkan masalah keterlambatan penyelesaian pekerjaan perawatan mesin pesawat pada Perusahaan *Maintenance, Repair and Overhaul* (MRO) dengan menerapkan metode Fuzzy PERT yang dapat menentukan waktu penyelesaian realistis dan jadwal pekerjaan perawatan mesin pesawat. Studi kasus ini dilakukan di sebuah Perusahaan MRO di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika waktu aktivitas fuzzy di estimasi dari data aktual, metode fuzzy PERT dapat memprediksi waktu penyelesaian pekerjaan perawatan mesin pesawat secara akurat. Namun, sebagian besar pekerjaan memiliki kemungkinan besar terlambat untuk diselesaikan. Oleh karena itu, tindakan korektif diusulkan untuk mengurangi waktu aktivitas dari 5 aktivitas yang memiliki waktu panjang sehingga pekerjaan perawatan mesin pesawat dapat selesai tepat waktu.

## Kata Kunci

Penjadwalan, *Maintenance*, *PERT*, *Fuzzy PERT*

## Latar Belakang

Dalam industri penerbangan harus memiliki tingkat keamanan yang sangat tinggi seperti kondisi mesin pesawat yang harus dalam keadaan baik. Salah satu cara yaitu dengan adanya perawatan mesin pesawat. Kendala yang sering terjadi dalam proses *maintenance* adalah keterlambatan waktu proses. Karena sebuah pesawat dituntut harus memiliki *on-time performance* (OTP) yang tinggi, jika tidak memiliki OTP yang tinggi maka maskapai pesawat tersebut akan ditinggalkan oleh pelanggannya. OTP adalah suatu ukuran kesiapan dari pesawat dan atribut-atributnya untuk melakukan penerbangan menuju suatu destinasi. Oleh karena itu, untuk memiliki OTP yang tinggi, perusahaan harus mempertahankan ketersediaan dan keamanan pesawat yang memenuhi standard perawatan yang baik. Salah satu cara untuk mempertahankan kondisi mesin pesawat agar baik yaitu perusahaan membutuhkan perusahaan perawatan mesin pesawat yang biasa disebut *maintenance, repair, and overhaul* (MRO) *company*. Berikut ini tabel yang menunjukkan 8 data mesin yang melakukan perawatan mesin dari 6 hari sampai 120 hari dan menunjukkan keterlambatan waktu penyelesaian.

Tabel 1 Keterlambatan Waktu Penyelesaian Pada 8 Mesin

No	Start Date	Aktual TAT	Waktu Penyelesaian Aktual	Due Date	Waktu Keterlambatan (hari)
1	31-Aug-18	180	3-Feb-19	6-Oct-18	120
2	2-Sep-19	128	22-Dec-19	12-Sep-19	101
3	9-Sep-19	121	26-Dec-19	4-Oct-19	83
4	19-Sep-19	111	22-Dec-19	8-Oct-19	75
5	7-Oct-19	93	20-Dec-19	30-Oct-19	51
6	4-Nov-19	65	31-Dec-19	8-Nov-19	53
7	27-Nov-19	42	3-Jan-20	13-Dec-19	21
8	26-Dec-19	13	6-Jan-20	31-Dec-19	6

Berdasarkan Tabel 1 mengindikasikan bahwa seluruh mesin memiliki keterlambatan waktu penyelesaian, hal itu dibuktikan dengan waktu penyelesaian aktual yaitu *start date* ditambah aktual *turnaround time* (TAT) kemudian dibandingkan dengan *due date* yang sudah ditetapkan sebelumnya. Pada dasarnya, perusahaan MRO mengharapkan OTP yang rendah, namun dengan perencanaan dan pengendalian yang ada menggunakan manajemen proyek konvensional hanya mempertimbangkan waktu aktivitas yang konstan. Secara fakta, waktu aktivitas perawatan mesin tidak pasti dan tidak mudah di estimasikan sebagai nilai konstan. Oleh karena itu, perlu metode perbandingan yang dapat memperkirakan waktu penyelesaian secara akurat dan terkontrol.

Penelitian ini dalam penyelesaian permasalahan ketidakpastian waktu aktivitas penyelesaian perawatan mesin pesawat menggunakan angka fuzzy. Angka tersebut di estimasikan dari waktu aktivitas yang nyata atau disebut dengan *triangular fuzzy numbers* (TFNs) diantaranya waktu *optimistic*, *most likely*, *pessimistic*. Menurut Tansakul & Yenradee [1] dengan menerapkan penggunaan TFNs mampu mewakili durasi yang tidak pasti dari perbaikan suatu *project* seperti di industri perbankan. *Triangular fuzzy numbers* (TFNs) dipilih karena memiliki 3 parameter yang lebih mudah untuk diestimasikan daripada jenis *fuzzy numbers* lainnya [2].

Penelitian ini akan menggunakan 2 metode penjadwalan sebagai perbandingan yaitu metode PERT dan fuzzy PERT. Kedua metode tersebut digunakan untuk mengetahui metode paling akurat dalam memprediksi waktu penyelesaian perawatan mesin. Alasan memilih kedua metode tersebut karena sederhana, mudah diketahui dan menggunakan data masukan yang sama pada waktu aktivitas *triangular fuzzy numbers* (TFNs).

Tujuan dari penelitian ini diantaranya:

1. Untuk mengestimasi waktu fuzzy (TFNs) yang mewakili ketidakpastian durasi waktu perawatan mesin pesawat tipe *medium repair*, *minimum repair* dan *performance* berdasarkan durasi aktivitas perawatan mesin secara nyata
2. Untuk membandingkan kedua metode penjadwalan seperti PERT dan fuzzy PERT untuk mendapatkan metode penjadwalan terbaik dari perawatan mesin
3. Untuk meningkatkan OTP pada mesin tipe *medium repair*, *minimum repair* dan *performance* di Perusahaan *maintenance, repair, and overhaul* (MRO) di Indonesia.

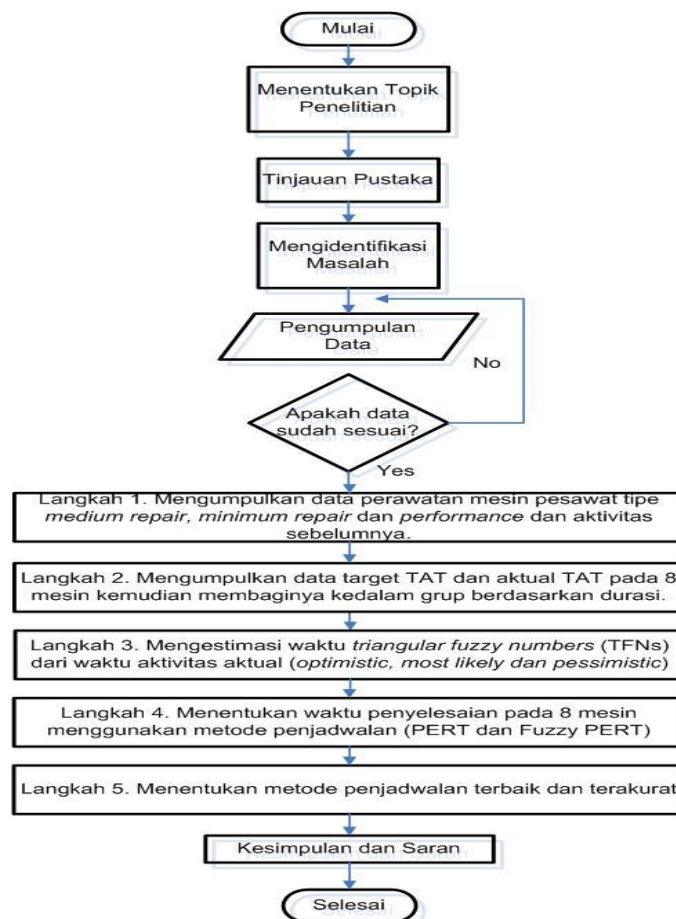
Ruang lingkup penelitian ini hanya untuk mesin pesawat tipe *medium repair*, *minimum repair* dan *performance*. Waktu aktivitas fuzzy diestimasi berdasarkan waktu aktivitas secara nyata pada 8 mesin dari periode 31 Agustus 2018 sampai dengan 26 Desember 2019. Sebagai catatan data setelah bulan Desember 2019 belum tersedia ketika penelitian ini dimulai.

Beberapa penelitian terdahulu pernah menganalisa masalah keterlambatan pada mesin pesawat. Penyebab utama keterlambatan yaitu panjangnya waktu pengadaan material pengganti dan panjangnya waktu *repair* di *supplier* [3]. Penyebab lain yaitu karena tingginya beban kerja yang melebihi kapasitas dari perusahaan MRO [4]. Keterlambatan waktu penyelesaian dapat diselesaikan dengan mengubah proses pengadaan di *outside vendor* [5]. Pada penelitian terdahulu, beberapa metode penjadwalan sudah pernah di aplikasikan dalam perawatan mesin pesawat seperti fuzzy *critical path method* (FCPM) dan *program evaluation and review technique* (PERT), metode fuzzy PERT, *critical path method* (CPM) dan *critical chain project management* (CCPM) [6].

Kontribusi dari penelitian ini diantaranya adalah mengusulkan langkah-langkah dalam pengumpulan data, membuat metode penjadwalan project menggunakan angka *fuzzy*, membandingkan kedua metode penjadwalan untuk mendapatkan metode penjadwalan terbaik.

### Metode Penelitian

Bagian ini menjelaskan secara rinci tentang penelitian yang dilakukan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Metodologi Penelitian

Berikut ini penjelasan lebih detail untuk langkah-langkah dari metodologi penelitian.

**Langkah 1: Mengumpulkan data perawatan mesin pesawat tipe *medium repair*, *minimum repair* dan *performance* serta aktivitas sebelumnya.**

Pada perusahaan MRO memiliki beberapa tipe mesin pesawat, namun proses perawatannya sama yaitu bermula dari inspeksi kedatangan, peramalan, penjadwalan, melakukan perawatan mesin sesuai kebutuhan sampai dengan mesin itu siap digunakan oleh pelanggan. Selain itu, pada proses perawatan mesin pesawat memiliki beberapa aktivitas sebelumnya (*precedent activities*) yang harus dipenuhi terlebih dahulu. Berdasarkan data perusahaan, terdapat 16 aktivitas perawatan mesin pesawat seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Aktivitas Perawatan Mesin Pesawat

<b>Aktivitas</b>	<b>Nama Aktivitas</b>	<b>Precedent Activities</b>
A	Inspeksi kedatangan	-
B	Peramalan dan penjadwalan	A
C	<i>Disassembling</i> menjadi 3 parts seperti <i>major module, module, submodule parts</i>	B
D	<i>Cleaning parts section</i>	C
F	Inspeksi NDT	D
E	Pengiriman dan penerimaan jalur cepat dari vendor	F
F1	Menunggu persetujuan dari pelanggan jika terdapat temuan baru	F
G	<i>Repair</i>	F1
H	Perencanaan kebutuhan material	F1
I	Menunggu kedatangan material baru yang dipesan dari <i>outsourcing repair</i> atau vendor baru	H
J	Mengumpulkan <i>parts</i> dari <i>in-house repair</i> , <i>outsourcing repair</i> dan pengecekan kesesuaian <i>parts</i> yang baru dibeli serta mempersiapkan ke bagian <i>assembly</i>	E, G, I
K	<i>Subassembly</i>	J
L	<i>Final assembly</i>	K
M	<i>Testing</i> mesin	L
N	<i>Quality control</i>	M
O	<i>Certifying process or serviceable</i>	N

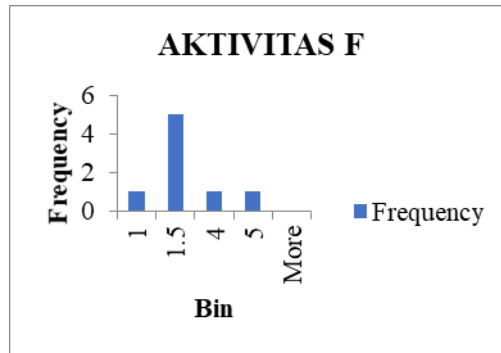
**Langkah 2: Mengumpulkan data target TAT dan aktual TAT pada 8 mesin dan membagi kedalam grup sesuai durasi**

Terdapat 8 data mesin, berdasarkan [7] ukuran *sample* mesin ini cukup untuk jenis penelitian terkait perawatan mesin pesawat. Data yang sudah dikumpulkan terdiri dari data target *turnaround time* (TAT) dan data aktual TAT. Dikarenakan keragaman data yang sangat tinggi, maka perlu dilakukan pengelompokan sesuai dengan durasi. Pengelompokan ini berdasarkan frekuensi durasi yaitu rendah atau tinggi. Tujuannya untuk memudahkan dalam menganalisa

data *fuzzy*. Kemudian aktual TAT pada mesin dikelompokkan juga berdasarkan grup target TAT.

**Langkah 3: Mengestimasi waktu *triangular fuzzy numbers* (TFNs) dari waktu aktivitas aktual (*optimistic, most likely, pessimistic*)**

Tahapan ini untuk mengestimasi angka *fuzzy* yang mewakili ketidakpastian durasi aktivitas perawatan berdasarkan durasi yang nyata. Tahap 1, pembuatan histogram pada waktu aktivitas untuk membantu menggambarkan variasi dari waktu aktivitas tersebut. Sebagai contoh, berikut ini adalah histogram dari aktivitas F.



Gambar 2 Histogram Aktivitas F

Berdasarkan Gambar 2, waktu *optimistic* dapat diestimasi sebagai waktu minimum yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas tersebut. Waktu *mostlikely* adalah waktu yang memiliki frekuensi tertinggi. Sedangkan, waktu *pessimistic* adalah waktu maksimum yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas tersebut [8]. Dengan demikian, didapatkan *triangular fuzzy numbers* dari aktivitas F yaitu (1 ; 1,5 ; 5).

**Langkah 4: Menentukan waktu penyelesaian pada 8 mesin menggunakan metode penjadwalan (PERT dan Fuzzy PERT)**

Pada penelitian ini, PERT menggunakan waktu aktivitas *fuzzy*, karena hal itu akan tetap melakukan *defuzzifies* menjadi waktu yang konstan atau disebut dengan nilai rata-rata. Selain itu, juga menghitung variansi dari aktivitas waktu. Kemudian berdasarkan rata-rata aktivitas tersebut dapat digunakan untuk menentukan *critical path* atau jalur kritis sehingga rata-rata dan standard deviasi dapat ditentukan [9]. Walaupun pada metode PERT tidak menyediakan durasi proyek yang menggunakan angka *fuzzy*. Namun, pada penelitian ini mengusulkan untuk mengestimasi durasi proyek sebagai angka *fuzzy* dengan menggunakan teori statistik yang sederhana. Berikut ini persamaan yang digunakan untuk menentukan standard deviasi dari suatu proyek.

$$\sigma = \sqrt{\sum \text{Variance of critical activities}}$$

Kemudian, untuk mengestimasi TFNs menggunakan persamaan berikut.

$$o = \mu - 3 \sigma$$

$$m = \mu$$

$$p = \mu + 3 \sigma$$

Dimana, *o* adalah waktu *optimistic*, *m* adalah waktu *most likely*, *p* adalah waktu *pessimistic*,  $\mu$  adalah nilai rata-rata dari durasi proyek,  $\sigma$  adalah standar deviasi dari durasi proyek.

Untuk metode *fuzzy PERT* langsung menggunakan angka *fuzzy*. Untuk teori detail mengenai langkah-langkah pada metode *fuzzy PERT* dapat dilihat pada penelitian menurut [10].

### Langkah 5: Menentukan metode penjadwalan terbaik dan akurat

Hasil dari waktu penyelesaian yang direncanakan dalam bentuk angka fuzzy kemudian dibandingkan dengan waktu aktual penyelesaian dalam plot [11]. Jika waktu penyelesaian aktual terletak disekitar waktu penyelesaian yang direncanakan (tidak lebih tinggi dari waktu penyelesaian *pessimistic* dan tidak kurang dari waktu penyelesaian *optimistic*) maka metode tersebut dikatakan sebagai metode terbaik dan terakurat dalam memprediksi waktu penyelesaian.

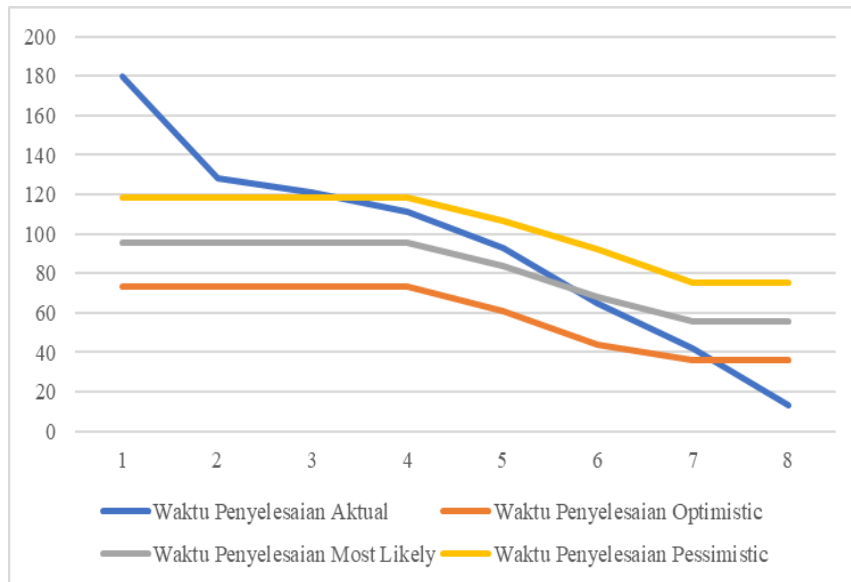
### Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan tujuan 1 dari penelitian ini yaitu untuk mengestimasi *triangular fuzzy numbers* (TFNs) yang mewakili durasi aktivitas yang tidak pasti berdasarkan data *history* dari histogram pada Langkah 1, 2, 3. Berikut ini waktu fuzzy aktivitas untuk 8 mesin.

Tabel 3 Waktu Aktivitas Fuzzy

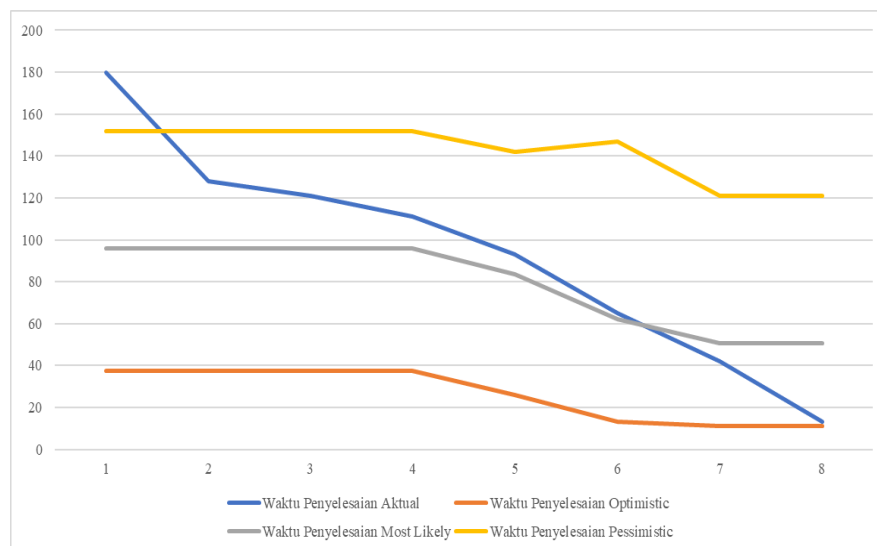
Aktivitas	Grup	<i>Optimistic</i>	<i>Most Likely</i>	<i>Pessimistic</i>
C	1	5	8	12
	2	0,5	2	3
D	1	0.5	4	10
E	1	3	3,5	4
	2	1	3	5
F	1	1	1,5	5
F1	1	4	6,5	14
	2	1	2,5	15
G	1	8	10	20
	2	1	4,5	15
H	1	3	15	32
	2	1	3,5	6
I	1	3	5	7
	2	1	5	10
J	1	3	25	30
	2	1	6	20
K	1	5	12,5	16
	2	1	9	20
L	1	6	9	12
	2	1	10	20
M	1	5	5,5	6
	2	1	3	4
N	1	1	2	4
O	1	1	2	4

Setelah mengetahui waktu fuzzy aktivitas, berdasarkan tujuan 2 dari penelitian ini yaitu membandingkan kedua metode penjadwalan yaitu PERT dan fuzzy PERT untuk mendapatkan metode penjadwalan terbaik dan terakurat melalui *scatter plot* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Perbandingan Waktu Penyelesaian Fuzzy Antara Metode PERT dengan Waktu Aktual

Berdasarkan Gambar 3, waktu penyelesaian dengan *triangular fuzzy numbers* (TFNs) pada semua mesin hampir lebih rendah daripada waktu penyelesaian aktual. Untuk dapat menentukan metode penjadwalan terbaik, perlu dibandingkan dengan metode lainnya yaitu fuzzy PERT [12]. Berikut ini *scatter plot* hasil penjadwalan dengan metode fuzzy PERT dibandingkan dengan waktu penyelesaian aktual seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Perbandingan Waktu Penyelesaian Fuzzy Antara Metode Fuzzy PERT dengan Waktu Aktual

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4, metode penjadwalan terbaik dan terakurat yaitu metode fuzzy PERT karena waktu penyelesaian aktual pada 7 mesin kecuali mesin 1 terletak diantara waktu penyelesaian yang direncanakan menggunakan *triangular fuzzy numbers* (TFNs) dibandingkan dengan metode PERT yang memiliki 3 mesin tidak terletak diantara waktu penyelesaian yang direncanakan. Hal itu juga dapat dilihat karena pada metode fuzzy PERT, waktu penyelesaian aktual tidak lebih tinggi daripada waktu penyelesaian *pessimistic* dan tidak

kurang dari waktu penyelesaian *optimistic*. Oleh karena itu, tujuan 2 sudah tercapai yaitu metode fuzzy PERT adalah metode terbaik dan terakurat dalam perencanaan perawatan mesin pesawat serta dapat mengatasi keterlambatan waktu penyelesaian [13]. Selain itu, pada penelitian ini juga mengusulkan beberapa tindakan korektif dalam mengurangi waktu aktivitas yang panjang, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4 Usulan Tindakan Korektif

Aktivitas	Sebab	Usulan Perbaikan	Alasan	Kenapa tidak dilakukan sebelumnya oleh Perusahaan
G	Waktu <i>repair</i> dan waktu tunggu untuk proses <i>shipment</i> dari vendor terlalu lama	Membuat <i>deadline</i> untuk <i>vendor</i> dan menyediakan alat penjadwalan dalam perencanaan	Dapat mengurangi waktu menunggu proses <i>repair</i>	Belum adanya alat penjadwalan yang akurat dan belum adanya <i>deadline</i> untuk <i>vendor</i>
H	Proses pengadaan manual terlalu panjang	Adanya <i>e-procurement</i>	Dapat mengurangi waktu pemilihan <i>vendor</i> dan proses negosiasi	Belum adanya <i>e-procurement</i>
I	Waktu pengiriman dari <i>vendor</i> terlalu panjang	Memasang <i>due date</i> lebih awal dari pengiriman	Perjanjian jangka panjang dapat menarik vendor	Hanya terdapat perjanjian jangka pendek
J	Kekurangan sumber daya	Mengubah <i>workflow</i> untuk meningkatkan efisiensi	Mengatur alokasi sumber daya untuk menghindari <i>delay</i>	Belum adanya sistem yang dapat mengalokasikan sumber daya dengan efisien
K				

Berdasarkan Tabel 4, penelitian mengusulkan tindakan korektif untuk dapat mengatasi permasalahan yang ada. Terdapat 5 aktivitas yang memiliki waktu panjang sehingga setelah ditelusuri dapat diketahui penyebab dan solusinya.

### Kesimpulan

Berdasarkan *historical data*, waktu fuzzy dalam bentuk *triangular fuzzy numbers* (TFNs) dapat diestimasi. Kemudian dengan membandingkan waktu penyelesaian yang direncanakan menggunakan angka fuzzy pada 2 metode dengan waktu yang direncanakan, metode



penjadwalan terbaik dan terakurat yaitu metode fuzzy PERT karena waktu penyelesaian aktual pada beberapa mesin terletak pada waktu penyelesaian fuzzy yang direncanakan.

## Referensi

- [1] Tansakul, N., & Yenradee, P. (2020). Fuzzy improvement-project portfolio selection considering financial performance and customer satisfaction. *International Journal of Knowledge and Systems Science*, 11(2), 41–70. <https://doi.org/10.4018/IJKSS.2020040103>.
- [2] Princy, S., & Dhenakaran, S. (2016). Comparison of triangular and trapezoidal fuzzy membership function. *Journal of Computer Science and Engineering*, 2(8), 46–51.
- [3] Mahargo, U., Iridiastadi, H., Nina, E., & Fitri, Z. (2013). Implementation theory of constraint on CFM56-3 aircraft. *Proceedings of 6th International Conference on Industrial Engineering and Management*, 52–59.
- [4] Ramadhanti, L. C., & Yenradee, P. (2021). Analysis and Improvement of Late Completion of Aircraft Engine Maintenance Using Fuzzy PERT/CPM With Limited Resources. *International Journal of Knowledge and Systems Science (IJKSS)*, 12(4), 1-25.
- [5] Mahargo, U., Iridiastadi, H., Nina, E., & Fitri, Z. (2013). Implementation theory of constraint on CFM56-3 aircraft. *Proceedings of 6th International Conference on Industrial Engineering and Management*, 52–59.
- [6] Junqueira, V. S. V., Nagano, M. S., & Miyata, H. H. (2018). Procedure structuring for programming aircraft maintenance activities. *International Journal of Revista de Gestao*, 27(1), 2–20. <https://doi.org/10.1108/REG-02-2018-0026>.
- [7] Scheuer, E. M., Hogg, R. V., & Craig, A. T. (1960). Introduction to mathematical and statistics. In *The American Mathematical Monthly*.
- [8] Pathak, S. (2014). A comparative analysis of various project. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(7), 203–209.
- [9] Agyei, W. (2015). Project planning and scheduling using PERT and CPM techniques with linear programming. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4(8), 222–227.
- [10] Samman, T., & Brahemi, R. (2014). Fuzzy PERT for project management. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 7(4), 1150–1160.
- [11] Atli, O., & Kahraman, C. (2012). Aircraft maintenance planning using fuzzy critical path analysis. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 5(3), 553–567. <https://doi.org/10.1080/18756891.2012.696920>.
- [12] Sugiarto, E., Ramadhanti, L. C., & Putra, F. E. (2021). Perancangan Model Bisnis Outlet Ritel Modern dengan Menggunakan Metode IDEF0 dari Perspektif Retailer Value Chain. *Jurnal Teknik Industri*, 1(02), 45-70.
- [13] Dinis, D., Pova, A., & Teixeira, A. (2019). A supporting framework for maintenance capacity planning and scheduling: development and application in the aircraft MRO industry. *International Journal of Production Economics*, 218(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.04.029>.