

Perhitungan faktor utilitas baterai pesawat dengan menggunakan metode sistem dinamis untuk mengukur tingkat ketersediaan baterai

(Calculation on utility factors of aircraft battery by using dynamic system methods to measure level of battery availability)

Nyimas Desy Rizkiyah¹, Muhamad Arya Dwi Pangga², Alfin Yumaela Lestari³, Mega Purnamasari⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

#) Corresponding author: nyimas.desy@mercubuana.ac.id

Received 13 July 2021, Revised 15 December 2021, Accepted 14 April 2022, Published 13 May 2022

Abstrak. Permasalahan yang terjadi pada layanan perawatan pesawat bahwa pada bulan Desember 2020 jumlah total baterai dalam perawatan sebesar 102 baterai untuk jenis *Airbus* dan 80 baterai untuk jenis *Airbus* dengan waktu yang disediakan. Dengan asumsi bahwa mulai tahun 2021 akan ada penambahan jumlah pesawat sebanyak 1(satu) unit perbulannya, maka pada akhir periode studi sampai bulan Juli 2021 akan menghasilkan perhitungan faktor utilitas sebagai berikut, faktor utilitas total untuk *Boeing* masih berada di bawah 1, sedang untuk *Airbus* mulai bulan April 2021 faktor utilitas sudah di atas 1. Sehingga tingkat kemampuan operator untuk menangani perawatan baterai jenis *Airbus* tidak cukup memadai. Penilaian kuantitatif tingkat ketersediaan dan kemampuan fasilitas perawatan dilakukan menggunakan metode perawatan preventif dengan pendekatan model sistem dinamis yang menggambarkan tingkat ketersediaan dan kemampuan perawatan baterai pesawat terbang. Untuk keperluan tersebut maka *scenario* alternatif perlu dibuat, yakni *scenario* 1 dengan menambah satu operator per shift dan *scenario* 2 dengan menambah beban kerja operator dalam menangani jumlah baterai yang ditangani menjadi sebanyak 6 unit baterai. Hasil perhitungan faktor utilitasnya menunjukkan bahwa pada kedua kondisi *scenario* tersebut memberikan nilai di bawah 1. Pilihan yang terbaik dari sisi kesederhanaan penanganan jumlah operator maka pilihan kondisi skenario 2 merupakan pilihan yang terbaik.

Kata kunci: perawatan, sistem dinamis, *preventive* perawatan, utilitas, strategi pemeliharaan, Powersim.

Abstrack. *The problem that occurs in aircraft maintenance services is that in December 2020 the total number of batteries under maintenance is 102 batteries for the Airbus type and 80 batteries for the Airbus type with the time provided. The actual condition problem is that in December 2020 the total number of batteries under maintenance is 102 batteries for the Airbus type and 80 batteries for the Airbus type. With the assumption that starting in 2021 there will be an additional 1 (one) unit of aircraft per month, then at the end of the study period until July 2021 it will result in the calculation of the utility factor as follows, the total utility factor for Boeing is still below 1, while for Airbus starting April 2021, the utility factor is already above 1. So the operator's ability to handle Airbus battery maintenance is not sufficient. Quantitative assessment of the level of availability and ability of maintenance facilities is carried out using the preventive maintenance method with a dynamic system model approach that describes the level of availability and ability of aircraft battery maintenance. For this purpose, alternative scenarios need to be made, namely scenario 1 by adding one operator per shift and scenario 2 by increasing the operator's workload in handling the number of batteries handled to 6 units of battery. The results of the calculation of the utility factor show that in both scenarios the value is below 1. The best choice in terms of simplicity in handling the number of operators, the choice of scenario 2 is the best choice.*

Keywords: *maintenance, dynamic systems, preventive maintenance, utility, strategy maintenance, Powersim.*

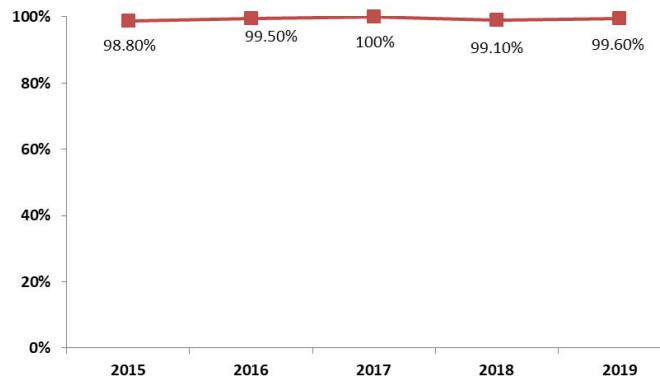
1 Pendahuluan

Pemeliharaan mesin merupakan salah satu kegiatan penting untuk menunjang proses produksi (Malick et al, 2017). Manajemen pemeliharaan yang tepat akan menjamin kinerja mesin dalam kondisi optimal pada saat dibutuhkan, dan mempengaruhi beban biaya produksi hingga penurunan penjualan. Oleh karena itu, strategi perawatan yang efisien telah menjadi perhatian industri untuk mempertahankan daya saing.

Seperti pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Thun (2004 dan 2006), Basirat et al. (2013), Shahanaghi et al. (2019) dan Wijayanto et al. (2019) yang berfokus pada strategi perawatan dengan pendekatan *Total Productive Maintenance* dengan Sistem Dinamis. Peneliti lain menganalisis strategi maintenance dengan pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (Hutagalung & Hasibuan, 2019). *Preventive maintenance* digunakan untuk memperbaiki/mengganti peralatan atau bagian yang sudah diganti tanpa menunggu rusak sehingga menghentikan mesin yang ada (Wiguna, 2015; Sukma et al., 2022). Beberapa tahun terakhir ini, industri penerbangan di Indonesia sedang berkembang sangat pesat. Dengan pertumbuhan jumlah penumpang di Indonesia yang meningkat sebesar 20-30% per tahunnya disertai peningkatan jumlah pesawat komersial, membuat industri penerbangan menjadi sangat kompetitif (BPS, 2019).

Bertambahnya intensitas penerbangan dan jumlah pesawat yang beroperasi di Indonesia menyebabkan naiknya kebutuhan untuk melakukan pemeliharaan (perawatan) terhadap pesawat sebagai aset utama dalam bisnis ini. Peranan industri perawatan pesawat ini adalah menyediakan jasa perawatan pesawat terbang yang diharapkan dapat merawat kelangsungan umur hidup pesawat terbang itu sendiri. Setiap strategi pemeliharaan tersebut mempunyai filosofi dan fokus yang berbeda-beda (Subiantoro, 2007). Penelitian sebelumnya yang membahas perawatan antara lain Satrio et al. (2017) dan Gray et al. (2018). Perawatan akan mempengaruhi optimasi biaya (Muhammad et al., 2018; Sultoni & Saroso, 2019).

Kegiatan perawatan pesawat yang terdapat di bengkel baterai meliputi pembongkaran, perbaikan, pemasangan kembali, dan pengujian baik untuk baterai pesawat. Perawatan baterai pesawat merupakan usaha yang dilakukan dengan tujuan untuk mempertahankan dan memulihkan baterai pesawat pada suatu kondisi yang baik dan siap pakai. Setiap awal tahun pihak manajemen masing-masing unit, termasuk unit bengkel baterai selalu menetapkan target atau *Key Performance Indicator (KPI)*. Penetapan KPI ini dilakukan untuk mengukur performansi dari unit yang bersangkutan dan selalu ditingkatkan dari tahun ke tahun.



Gambar 1 Aktualisasi TAT (*Turn Around Time*) atau waktu penyelesaian perawatan baterai
(Sumber: Data Perusahaan, 2020)

Dua hal pada baterai *shop* yang menjadi permasalahan utama tidak tercapainya KPI yang telah ditetapkan adalah target TAT (*Turn Around Time*) atau waktu penyelesaian perawatan baterai yang tidak tercapai dan sering terjadinya. Misalnya Target TAT pengerjaan *overhaul* baterai series GTCP131-9 pesawat *Boeing* telah ditetapkan yaitu 5 hari dihitung mulai baterai masuk ke *battery shop* hingga baterai selesai dilakukan perawatan dan keluar dari *battery shop*, namun masih sering terjadi keterlambatan pada pengerjaan *overhaul* baterai tersebut. Waktu pengerjaan *overhaul* yang cukup lama dan sering

terjadinya *unplan removal*, maka cadangan baterai yang disiapkan di gudang *battery shop* untuk menggantikan baterai sementara yang rusak dan sedang dalam perawatan akan berkurang dan kecenderungan menjadi negatif sehingga menyebabkan pesawat menjadi tidak dapat terbang (*aircraft grounded*). Sistem dinamis dapat digunakan untuk menghitung bobot kerja proyek dan perhitungan besar biaya proyek akan dilakukan berdasarkan pada uraian kerja kegiatan proyek (Nyimas et al, 2020).

Pada penelitian ini aplikasi model simulasi sistem dinamis akan dilakukan dalam rangka perencanaan strategik untuk mengetahui faktor utilitas kerja terhadap waktu perawatan dan jumlah baterai yang tersedia, serta mengetahui usulan *scenario* dari kebutuhan waktu kerja dan tenaga kerja yang tersedia.

2. Metoda

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer penelitian ini adalah wawancara dengan pihak perusahaan mengenai kondisi proses ataupun lingkungan kerja. Data Sekunder adalah SOP, data pemesanan, dan data perawatan *aircraft battery* dalam tiga bulan. Persiapan untuk mengumpulkan dan pengolah data sebagai masukan yang digunakan antara lain:

a. Jenis Baterai

Baterai APU atau *Main battery* adalah salah satu bagian komponen terpenting dari pesawat yang berfungsi untuk menghasilkan listrik DC dengan tegangan sebesar 28 VDC. Baterai yang dipakai adalah tipe Nikel Cadmium (NiCd) sehingga dapat diisi ulang (*rechargeable*). Saat baterai tidak digunakan, baterai akan di-charge oleh baterai *charger* yang terpasang.

b. Waktu Proses Perawatan Baterai

Pada dasarnya perawatan *aircraft battery* dapat diketahui bahwa proses perawatan *battery* membutuhkan waktu paling cepat 7 hari dan paling lambat 42 hari. Kegiatan perawatan terbagi menjadi 3 test antara lain:

- 1) *Regular Test*. Umumnya perawatan menggunakan *regular test* memerlukan waktu perawatan selama 4 hari, dari awal masuknya baterai ke bagian produksi.
- 2) *Periodical Test*. Umumnya perawatan menggunakan *periodical test* memerlukan waktu perawatan selama 3 hari, dari awal masuknya *battery* ke bagian produksi.
- 3) *Overhaul dan Supplementary test (Special test)*. Umumnya perawatan menggunakan *Overhaul test* memerlukan waktu perawatan selama 6-15 hari, dari awal masuknya baterai ke bagian produksi, tergantung *stock spare part* tersedia atau tidak. Proses *Supplementary Test* dilakukan ketika pada saat proses *charge*, *discharge*, dan *capacity test* mengalami kegagalan, dan hal ini kerap terjadi pada saat proses kapasitas (pengujian 20 *cells* dalam baterai) berlangsung. Jika proses tersebut gagal, dan menyebabkan *cells* rusak maka *battery* segera melakukan tahap *Supplementary Test*.

c. Proses Perawatan

Langkah 1

Membuat tabel rekapitulasi jumlah baterai dan waktu proses perawatan baterai untuk *Airbus* dan *Boeing*, seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Tabel Rekapitulasi Baterai *Boeing Part Number 024147-000*

Waktu	Jumlah <i>Battery</i> (unit)				Rerata Waktu Proses (hari)			
	<i>Regular Test</i>	<i>Periodic Test</i>	<i>Overhaul</i>	<i>Total</i>	<i>Regular Test</i>	<i>Periodic Test</i>	<i>Overhaul</i>	<i>Total</i>
Okt.2020	54	43	24	121.00	4.77	3.50	6.37	14.64
Nov.2020	35	29	28	92.00	4.60	3.55	6.10	14.25
Des.2020	31	39	30	100.00	4.58	3.23	7.36	15.17
Rata-rata	40.25	35.00	26.75	102.00	4.65	3.43	6.61	14.69

Tabel 2 Tabel Rekapitulasi Baterai Airbus Part Number 2758

Waktu	Jumlah Battery (unit)				Rerata Waktu Proses (hari)			
	Reguler Test	Periodic Test	Overhaul	Total	Reguler Test	Periodic Test	Overhaul	Total
Okt.2020	37	35.00	18	90.00	4.67	3.00	6.27	13.94
Nov.2020	26	32.00	16	74.00	4.80	3.06	7.00	14.86
Des.2020	28	32.00	20	80.00	4.67	3.25	6.30	14.22
Rata-rata	30.75	33.00	18.00	81.33	4.71	3.10	6.52	10.20

Langkah 2

Membuat tabel rekapitulasi jumlah baterai dan waktu proses perawatan baterai untuk *Airbus* dan *Boeing*.

Tabel 3 Jumlah Baterai dalam 4 waktu

Waktu (Bulan)	Jumlah Battery (unit)		
	Reguler Test	Periodic Test	Overhaul
Oktober 2020	54	43.00	24
Nov-20	35	29.00	28
Desember 2020	31	39.00	30
Januari 2021	41	29	25
Rerata	40.25	35.00	26.75
Standar deviasi	10.05	7.12	2.75

Langkah 3

Membuat prakiraan data rentang jumlah baterai yang akan mendapatkan perawatan.

Jumlah baterai terendah = Rerata – Standar Deviasi

Jumlah baterai tertinggi = Rerata + Standar Deviasi

Langkah 4

Menentukan waktu yang dibutuhkan tiap bulan

Waktu yang dibutuhkan tiap bulan = Waktu Perawatan x jumlah rerata unit dalam perawatan

Langkah 5

Untuk kondisi aktual, menentukan faktor utilitas untuk setiap jenis perawatan dalam periode tersebut. *Performance rate* adalah rate yang menunjukkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang dinyatakan dalam persentase (Setiawan, 2021) (Prabowo et al., 2018).

Misalnya periode Januari 2021 untuk Perawatan Reguler.

Diketahui bahwa:

- Jumlah shift = 2 shift per hari
- Jumlah operator = 2 orang setiap shift
- Kemampuan perawatan = 5 unit per operator
- Jumlah hari kerja = 26 hari per bulan
- Maka waktu kerja yang tersedia = 520 orang-hari dalam satu bulan

Faktor Utilitas pada Januari 2021 untuk perawatan reguler dapat dihitung sebagai berikut:

$$= \frac{\text{Waktu yang dibutuhkan tiap bulan}}{\text{Waktu kerja yang tersedia}} = \frac{187.16}{520} = 0.36 \tag{1}$$

Langkah 6

Menghitung Total Utilitas untuk Jenis Perawatan dapat dinyatakan sebagai berikut:

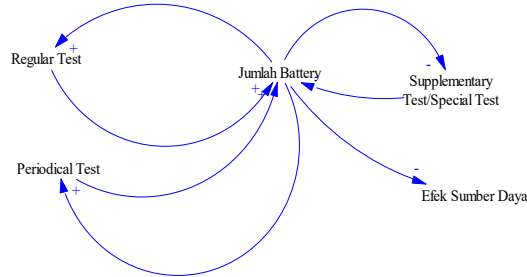
$$= \text{Faktor Utilitas (Reguler)} + \text{Faktor Utilitas (Periodik)} + \text{Faktor Utilitas (Overhaul)}$$

$$= 0.36 + 0.23 + 0.33$$

$$= 0.92$$

Faktor utilitas total jenis perawatan < 1, menunjukkan bahwa pelaksanaan perawatan masih dapat ditangani oleh operator yang tersedia. Bernilai 1 memiliki pengertian bahwa seluruh waktu kerja yang tersedia habis digunakan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan.

d. Pembuatan Diagram Lingkar Sebab-Akibat (Causal Loop Diagram)



Gambar 2 Model Sistem Perawatan Baterai.
(Sumber: Rancangan Penulis, 2021)

e. Pembuatan Stock Level Diagram

Langkah 1.

Menentukan variabel yang berhubungan dengan sistem

- | | |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| a. Untuk Baterai jenis <i>Boeing</i> : | b. Untuk Baterai jenis <i>Airbus</i> |
| Jumlah Pesawat pada Januari 2021: 30 unit | Jumlah Pesawat pada Januari 2021: 30 unit |
| Peningkatan Pesawat per bulan: 1 unit | Peningkatan Pesawat per bulan: 1 unit |
| Jumlah baterai <i>Regular Test</i> 2020: 40 ± 10 unit | Jumlah baterai <i>Regular Test</i> 2020: 31 ± 5 unit |
| Jumlah baterai <i>Periodic Test</i> 2020: 35 ± 7 unit | Jumlah baterai <i>Periodic Test</i> 2020: 31 ± 4 unit |
| Jumlah baterai <i>Overhaul Test</i> 2020: 27 ± 3 unit | Jumlah baterai <i>Overhaul Test</i> 2020 : 18 ± 2 unit |
| Waktu Proses <i>Regular Test</i> : 4.65 hari | Waktu Proses <i>Regular Test</i> : 4.71 hari |
| Waktu Proses <i>Periodic Test</i> : 3.43 hari | Waktu Proses <i>Periodic Test</i> : 3.10 hari |
| Waktu Proses <i>Overhaul Test</i> : 6.37 hari | Waktu Proses <i>Overhaul Test</i> : 6.52 hari |

Langkah 2.

Membuat *Stock Level Diagram* Sistem Perawatan Baterai dengan Powersim seperti disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

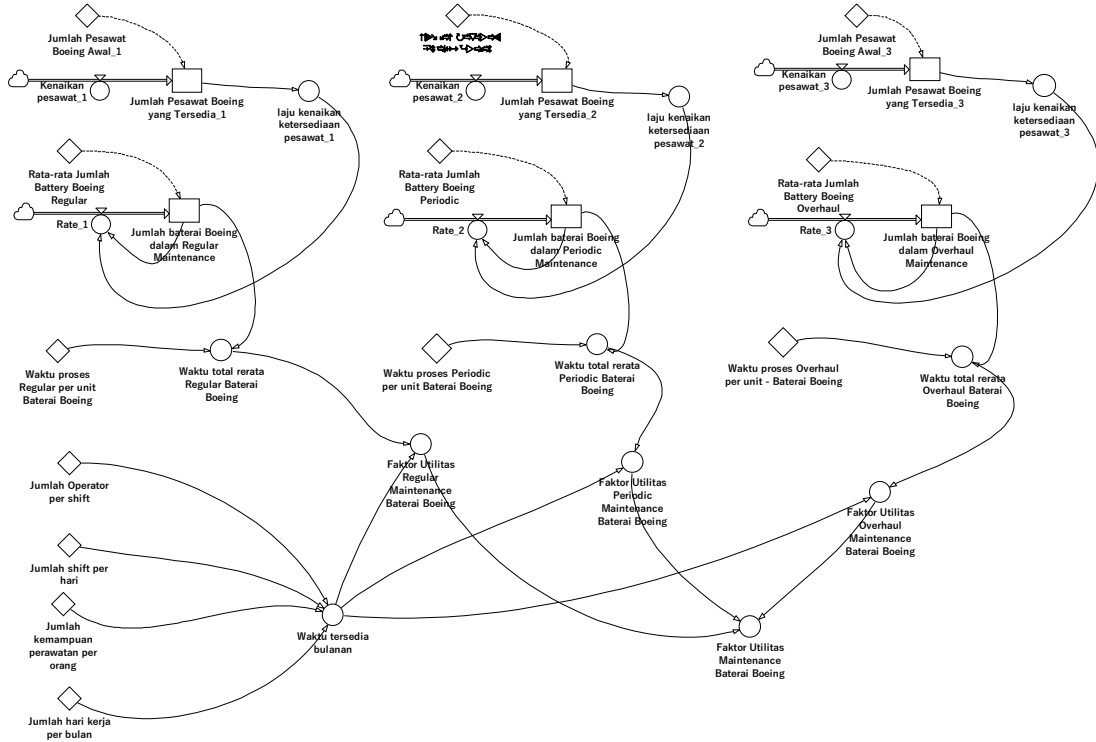
Langkah 3.

Membuat Persamaan matematis pada sistem perawatan baterai, untuk baterai jenis *Boeing* dan *Airbus* itu sama.

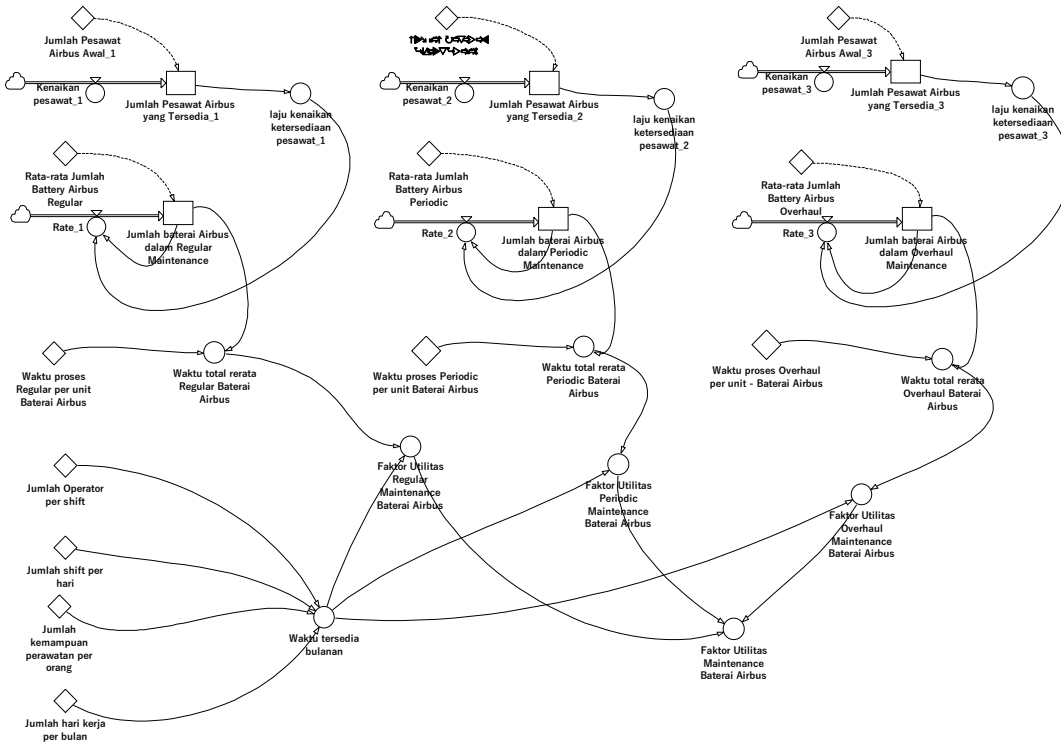
$$\text{Laju kenaikan ketersediaan pesawat} = \frac{\text{Jumlah pesawat yang tersedia pada periode } n}{\text{Jumlah pesawat yang tersedia pada periode } n-1} \quad (2)$$

$$\text{Waktu total rerata Baterai pesawat} = \text{waktu proses perawatan per unit baterai pesawat} \times \text{Jumlah baterai pesawat dalam perawatan} \quad (3)$$

$$\text{Faktor utilitas perawatan baterai pesawat} = \frac{\text{waktu perawatan total baterai pesawat}}{\text{waktu pelayanan total}} \quad (4)$$



Gambar 3 Causal Loop Diagram Perawatan Baterai Boeing.
(Sumber: Pengolahan Data Penulis dengan Powersim, 2021)



Gambar 4 Causal Loop Diagram Perawatan Baterai Airbus.
(Sumber: Pengolahan Data Penulis dengan Powersim, 2021)

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini aspek simulasi yang dilaksanakan adalah melihat sejauh mana kesiapan dan kemampuan fasilitas perawatan baterai pesawat sampai 6 bulan ke depan, yakni bulan Juni 2021. Hal ini adalah dalam rangka persiapan ketersediaan baterai pesawat yang diperlukan untuk ketersediaan pelayanan transportasi udara pada masa menjelang musim pulang kampung dalam rangka perayaan hari Raya Idul Fitri di pertengahan bulan Mei 2021. Sehingga periode yang diambil mulai bulan Januari sampai bulan Juli 2021.

Hasil

Dengan menggunakan program komputer POWERSIM, diperoleh bahwa hasil pemodelan sistem dinamis yang telah dibuat menghasilkan keluaran yang dapat ditunjukkan berturut-turut pada Tabel 4 dan Tabel 5.

a. Untuk Pesawat Jenis *Boeing*

Tabel 4 Faktor Utilitas Baterai *Boeing*

Bulan	Perawatan <i>Periodic</i>	Perawatan Regular	Perawatan <i>Overhaul</i>	Perawatan Total
0	0.23	0.36	0.33	0.92
1	0.24	0.37	0.34	0.95
2	0.25	0.38	0.35	0.98
3	0.26	0.40	0.37	1.02
4	0.26	0.41	0.38	1.05
5	0.27	0.42	0.39	1.08
6	0.28	0.43	0.40	1.12

b. Untuk Pesawat Jenis *Airbus*

Tabel 5 Faktor Utilitas Baterai *Airbus*

Bulan	Perawatan <i>Periodic</i>	Perawatan Regular	Perawatan <i>Overhaul</i>	Perawatan Total
0	0.27	0.18	0.23	0.68
1	0.28	0.19	0.23	0.71
2	0.29	0.20	0.24	0.73
3	0.30	0.20	0.25	0.76
4	0.31	0.21	0.26	0.78
5	0.32	0.22	0.27	0.80
6	0.33	0.22	0.27	0.83

Pembahasan

Kesiapan dan kemampuan teknisi yang terlibat langsung dalam melaksanakan perawatan baterai pesawat merupakan faktor kunci akan kesiapan pesawat terbang untuk melayani transportasi sesuai dengan jadwal. Secara teoritis, faktor utilitas kerja dari setiap perawatan akan menjadi faktor penting dalam melihat kemampuan pelayanan operator yang bertugas. Untuk pesawat jenis *Boeing* dan *Airbus*, faktor utilitas setiap periode dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Faktor Utilitas *Maintenance* Baterai

Periode	Faktor Utilitas Total	
	Baterai <i>Boeing</i>	Baterai <i>Airbus</i>
Januari 2021	0,68	0,92
Februari 2021	0,71	0,95
Maret 2021	0,73	0,98
April 2021	0,76	1,02
Mei 2021	0,78	1,05
Juni 2021	0,80	1,08
Juli 2021	0,83	1,12

Pada baterai *Boeing* terlihat bahwa faktor utilitas sepanjang periode studi berada di bawah 1, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan pelayanan operator masih cukup baik. Sedangkan untuk baterai *Airbus* terlihat bahwa mulai bulan April 2021 faktor utilitas berada di atas 1, hal ini menunjukkan bahwa kemampuan pelayanan operator tidak memadai.

Skenario Studi dengan Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas, juga disebut sebagai *what-if analysis*, adalah alat matematika yang digunakan dalam pemodelan ilmiah dan keuangan untuk mempelajari bagaimana ketidakpastian dalam suatu model memengaruhi ketidakpastian keseluruhan model itu. Ini adalah cara untuk menentukan nilai yang berbeda untuk variabel independen yang dapat dilakukan untuk mempengaruhi variabel dependen tertentu, dengan serangkaian asumsi tertentu. Analisis sensitivitas disini dapat digunakan sebagai verifikasi dan validasi model. Validasi merupakan tahap terakhir dalam pemodelan untuk memeriksa model dengan meninjau apakah output model sudah sesuai dengan sistem nyata atau belum. Sedangkan verifikasi dilakukan untuk memeriksa kesesuaian model yang telah dibuat dengan prinsip-prinsip yang berlaku dan juga untuk mengevaluasi beberapa sumber kesalahan yang sering terjadi dalam pemodelan. Dengan perkataan lain, dikatakan sensitivitas dikatakan valid jika menampilkan perihai yang sesuai dengan kenyataan. Untuk kondisi tersebut, kondisi validasi dengan model sensitivitas yaitu membandingkan dengan kondisi aktual.

Skenario 1

Asumsinya adalah jumlah operator bertambah 1 orang di setiap shift dan 2 shift per hari. Maka waktu tersedia bulanan adalah Jumlah operator dalam satu shift x Jumlah shift per hari x Jumlah fasilitas perawatan x Jumlah hari kerja per bulan, $T = 3 \times 2 \times 5 \times 26 = 780$ man days. Hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7 Faktor Utilitas *Maintenance* Skenario 1 Baterai *Airbus*

Bulan	Perawatan <i>Periodic</i>	Perawatan <i>Regular</i>	Perawatan <i>Overhaul</i>	Perawatan Total
0	0.18	0.12	0.15	0.45
1	0.19	0.13	0.16	0.47
2	0.19	0.13	0.16	0.49
3	0.20	0.14	0.17	0.50
4	0.21	0.14	0.17	0.52
5	0.21	0.15	0.18	0.54
6	0.22	0.15	0.18	0.55

Tabel 8 Faktor Utilitas *Maintenance* Skenario 1 Baterai *Boeing*

Bulan	Perawatan <i>Periodic</i>	Perawatan <i>Regular</i>	Perawatan <i>Overhaul</i>	Perawatan Total
0	0.15	0.24	0.22	0.61
1	0.16	0.25	0.23	0.63
2	0.16	0.26	0.24	0.66
3	0.17	0.26	0.24	0.68
4	0.18	0.27	0.25	0.70
5	0.18	0.28	0.26	0.72
6	0.19	0.29	0.27	0.74

Hasil simulasi skenario 1 menunjukkan bahwa faktor utilitas berada di bawah 1 baik untuk baterai *Boeing* maupun *Airbus*. Hal ini berarti bahwa kemampuan pelayanan dapat dipenuhi terpenuhi. Dalam kondisi aktual, dikatakan valid saat perawatannya terpenuhi.

Skenario 2

Asumsi kedua adalah jumlah fasilitas dalam perawatan bertambah sehingga 1 orang dapat menangani 6 baterai dan jumlah operator 2 orang per shift 2 shift per hari. Maka waktu tersedia bulanan = Jumlah operator dalam satu shift x Jumlah shift per hari x Jumlah fasilitas perawatan x Jumlah hari kerja per bulan, $T = 2 \times 2 \times 6 \times 26 = 624$ man days.

Hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9 Faktor Utilitas *Maintanance* Skenario 2 Baterai Boeing

Bulan	Perawatan <i>Periodic</i>	Perawatan <i>Regular</i>	Perawatan <i>Overhaul</i>	Perawatan Total
0	0.19	0.30	0.28	0.77
1	0.20	0.31	0.29	0.79
2	0.21	0.32	0.30	0.82
3	0.21	0.33	0.31	0.85
4	0.22	0.34	0.31	0.88
5	0.23	0.35	0.32	0.90
6	0.23	0.36	0.33	0.93

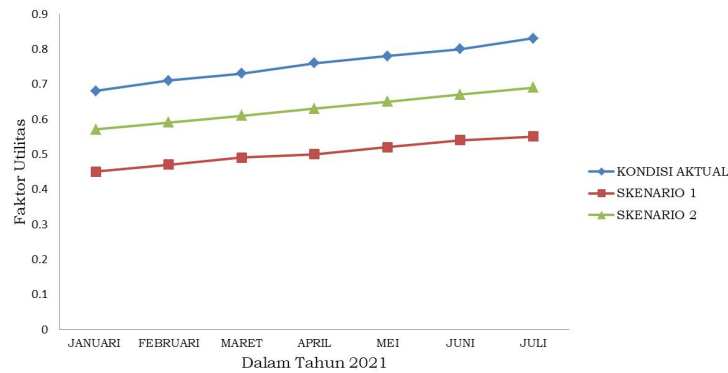
Tabel 10 Faktor Utilitas *Maintanance* Skenario 2 Baterai Airbus

Bulan	Perawatan <i>Periodic</i>	Perawatan <i>Regular</i>	Perawatan <i>Overhaul</i>	Perawatan Total
0	0.23	0.15	0.19	0.57
1	0.23	0.16	0.19	0.59
2	0.24	0.16	0.20	0.61
3	0.25	0.17	0.21	0.63
4	0.26	0.18	0.21	0.65
5	0.27	0.18	0.22	0.67
6	0.27	0.19	0.23	0.69

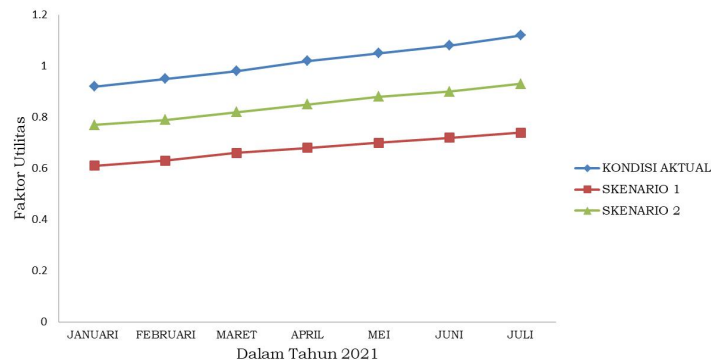
Hasil simulasi scenario 2 menunjukkan bahwa Faktor Utilitas berada di bawah 1 baik untuk baterai *Boeing* maupun *Airbus*. Hal ini berarti bahwa kemampuan pelayanan dapat dipenuhi terpenuhi.

Perbandingan Validitas dengan Kondisi Aktual dengan Analisis Sensitivitas

Sebagai pertimbangan lebih lanjut adalah melakukan perbandingan faktor utilitas perawatan untuk melihat kesiapan dan kewajaran operator dalam menangani perawatan sebagai validitas model. Gambar di bawah ini memperlihatkan hasil simulasi yang telah dilakukan.



Gambar 5 Perbandingan Perawatan Total *Airbus*.



Gambar 6 Perbandingan Perawatan Total *Boeing*.

Secara grafis dapat terlihat bahwa pada kondisi skenario 2, titik faktor utilitas totalnya berada di antara titik-titik kondisi aktual dan kondisi skenario 1. Kondisi skenario 2 lebih mudah secara manajemen dan ekonomis dari pada kondisi skenario 1, yakni cukup baik dari segi keuangan waktu dan tidak banyak waktu yang kosong tetapi juga tidak lebih dari 1.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Model simulasi dengan pendekatan sistem dinamis untuk mengimplementasikan strategi proses perawatan baterai pesawat di PT GMF AeroAsia dengan menggunakan Powesim sangat baik untuk memperkirakan ketersediaan dan kemampuan pelayanan kemampuan fasilitas perawatan dalam periode kedepan.

Perhitungan Faktor Utilitas kerja pada fasilitas perawatan baterai pesawat merupakan faktor yang sangat fundamental sebagai langkah awal perkiraan tingkat ketersediaan dan kemampuan operator dalam menangani perawatan baterai pesawat. Dari kondisi awal bahwa *preventive maintenance* pesawat terdiri dari *regular maintenance*, *periodic maintenance*, dan *overhaul maintenance*. Untuk baterai pesawat jenis *Boeing*, Waktu rerata *regular maintenance* adalah 4,65 hari kerja (4 sampai 5 hari kerja), Waktu rerata *periodic maintenance* adalah 3,43 hari kerja (3 sampai 4 hari kerja), Waktu rerata *overhaul maintenance* adalah 6.37 hari (6 sampai 7 hari kerja). Sedangkan baterai pesawat jenis *Airbus*, Waktu rerata *regular maintenance* adalah 4,71 hari kerja (4 sampai 5 hari kerja), Waktu rerata *periodic maintenance* dalam 3,10 hari kerja (3 sampai 4 hari kerja), Waktu rerata *overhaul maintenance* adalah 6.52 hari (6 sampai 7 hari kerja).

Perawatan baterai untuk jenis *Airbus*, perawatan periodik menerima jumlah baterai yang paling banyak dibandingkan dari pada perawatan *regular* dan *overhaul*. Jumlah baterai pada perawatan periodik berjumlah 31 unit dan selalu meningkat setiap periode bulanannya sampai 38 unit pada bulan Juni 2021. Tingkat kemampuan operator untuk menangani perawatan baterai Jenis *Airbus* masih cukup memadai sampai akhir periode studi di bulan Juli 2021, yakni dengan ditandai nilai faktor utilitas total selama periode studi berada di bawah 1. Sedangkan Perawatan baterai untuk jenis *Boeing*, perawatan *regular* menerima jumlah baterai yang paling banyak dibandingkan dari pada perawatan *periodic* dan *overhaul*. Jumlah baterai pada perawatan *regular* berjumlah 40 unit dan selalu meningkat setiap periode bulanannya sampai 49 unit pada bulan Juni 2021. Tingkat kemampuan operator untuk menangani perawatan baterai Jenis *Boeing* masih cukup memadai sampai periode bulan Maret 2021, yakni dengan ditandai nilai faktor utilitas total berada di bawah 1. Akan tetapi mulai bulan April 2021 nilai faktor utilitasnya melebihi nilai 1, sehingga tingkat kemampuan operator untuk menangani perawatan baterai jenis *Boeing* tidak cukup memadai. Untuk keperluan tersebut maka diperlukan penambahan waktu kerja (jam lembuh) atau penambahan operator yang bertugas di setiap shiftnya.

Saran

Simulai sistem dinamis dengan menggunakan POWERSIM dalam pemodelan fasilitas perawatan baterai sangat bermanfaat, mudah digunakan dan cepat memberikan hasil perhitungan situasi tingkat ketersediaan dan kemampuan operator untuk menangani pelayanan perawatan baterai pesawat. Pertimbangan faktor lainnya yang dianggap penting akan dilakukan lebih lanjut untuk menyempurnakan pemodelan yang lebih mirip dan representatif terhadap situasi nyatanya.

Referensi

Badan Pusat Statistik. (2019). Data Penumpang Bandara di Indonesia. <https://www.bps.go.id/indicator/17/66/2/jumlah-penumpang-pesawat-di-bandara-utama.html> (Accessed: 15/05/2022)

- Basirat, P., Fazlollahtabar, H., & Mahdavi, I. (2013). System dynamics meta-modelling for reliability considerations in perawatan. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 3(2), 136-153. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2013.057723>
- Hutagalung, A.O., & Hasibuan, S. (2019). Determining the Priority of Medical Equipment Maintenance with Analytical Hierarchy Process. *International Journal of Online & Biomedical Engineering*, 15(10), 107-120
- Prabowo, H.A., & Agustiani, M. (2018). Evaluasi Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Melalui Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk Meningkatkan Kinerja Mesin High Speed Wrapping di PT. TES. *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 12(1), 50-62.
- Rizkiyah, N.D, Sitorus, T.M, Junaedi, D., Amaludin, A. (2020). Perhitungan Biaya Pengeluaran Proyek Pemasangan Skid Injeksi Aditif dan Pewarna pada Tangki Bahan Bakar Minyak terhadap Waktu Penyelesaian dengan Metoda Sistem Dinamis. *Jurnal PASTI, Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 12(3), pp.282-292. <https://dx.doi.org/10.22441/pasti.2020.v14i3.006>
- Satrio, P., & Suryani, E. (2017). Penerapan Model Sistem Dinamik Untuk Melakukan Pemeliharaan Operasional Aset Unit Transmisi Dan Visualisasi Luaran Model Dengan Menggunakan Dashboard (Studi Kasus: PT. Pln (Persero) App Semarang). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), A325-A330.
- Setiawan, I. (2021). Integration of Total Productive Maintenance and Industry 4.0 to increase the productivity of NC Bore machines in the Musical Instrument Industry. *Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Singapore*, 4701-4711.
- Sukma, D.I., Prabowo, H.A., Setiawan, I., Kurnia, H., & Maulana, I. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Overall Equipment Effectiveness of Linear Accelerator Synergy Platform Cancer Therapy. *International Journal of Engineering*, 35(7), 1246-1256. <https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.07a.04>
- Sulton, A., & Saroso, D.S. (2019). Peningkatan nilai OEE pada mesin printing kaca film menggunakan metode FMEA dan TPM. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 11(2), 131-143. <https://doi.org/10.22441/oe.v11.2.2019.022>
- Thun, J.H. (2004). Modelling modern perawatan—a System Dynamics model analyzing the dynamic implications of implementing total productive perawatan. In 22nd International System Dynamics Conference, Oxford, UK.
- Thun, J.H. (2006). Maintaining preventive perawatan and perawatan prevention: analysing the dynamic implications of Total Productive Perawatan. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 22(2), 163-179.
- Wijayanto, A.B., & Tjahjaningsih, Y.S. (2019). Analisis Total Productive Perawatan pada mesin-mesin unit work working 2 dan 5 (Studi Kasus di Divisi Produksi 2 PT KTI). *Prosiding SENIATI*, 172-17