

## Analisis Pemeliharaan Battery Menggunakan Metode Reliability Mapping Pada Pesawat A330-900

Muhammad Kevin Bilhaq<sup>(1)\*</sup>, Mufti Arifin<sup>(2)</sup>

(1)(2)Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia

\*Korespondensi Penulis. [bilhaqkevin@gmail.com](mailto:bilhaqkevin@gmail.com)

**Abstrak** - Pesawat terbang merupakan alat transportasi yang harus memiliki tingkat keamanan, kenyamanan dan harus dalam keadaan prima dan laik terbang. Baterai berfungsi sebagai penyuplai energi listrik awal pada operasional pesawat. Pemeliharaan Baterai dapat dipantau melalui analisis keandalan dengan menggunakan metode reliability mapping. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui tingkat kehandalan pemeliharaan Baterai pada pesawat A330-900 dengan menggunakan metode reliability mapping dan mengetahui efektifitas penggunaan metode reliability mapping untuk melihat perbandingan antara pelaksanaan dan jadwal pemeliharaan. Tahapan penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data pemeliharaan A330-900, lalu dilanjutkan dengan mengelompokkan jenis pemeliharaan dan membuat tabel reliability mapping. Dengan menggunakan *reliability mapping* dapat terlihat dengan jelas dimana dan kapan pemeliharaan tidak terjadwal terjadi. Dapat dilihat dari 53 kali penggantian hanya terjadi 3 kali *unscheduled maintenance* dengan persentase sebesar 5,5% dari keseluruhan pemeliharaan dan hal tersebut menandakan bahwa pemeliharaan battery pada A330-900 handal. Menurut hasil penelitian pelaksanaan pemeliharaan battery dinyatakan kurang akurat dengan nilai 77% *early*, 19% *late* dan 3% *accurate* berdasarkan estimasi menurut *calendar time*.

Kata kunci: Pemeliharaan, Battery, Reliability mapping, A330-900

**Abstract** - Aircraft is a means of transportation that must have a level of safety, comfort and must be in prime condition and airworthy. The battery functions as an initial electrical energy supplier in aircraft operations. Battery maintenance can be monitored through reliability analysis using the reliability mapping method. The purpose of this study was to determine the level of reliability of Batera maintenance on A330-900 aircraft using the reliability mapping method and to determine the effectiveness of using the reliability mapping method to see the comparison between implementation and maintenance schedules. The stages of this research begin with collecting A330-900 maintenance data, then proceed by grouping the types of maintenance and creating a reliability mapping table. With reliability mapping, it becomes clear where and when *unscheduled maintenance* occurs. It can be seen from 53 replacements that only 3 *unscheduled maintenance* occurred with a percentage of 5.5% of the overall maintenance and this indicates that battery maintenance on the A330-900 is reliable. According to the results of the research, the implementation of battery maintenance is stated to be less accurate with a value of 77% *early*, 19% *late* and 3% *accurate* based on estimates according to *calendar time*.

Keyword: Maintenance, battery, reliability mapping, A330-900

## I. Pendahuluan

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 1 tahun 2009, pesawat merupakan alat pengangkut orang atau barang yang dapat bergerak dari daratan ke udara begitupun sebaliknya<sup>[1]</sup>. Untuk terwujudnya akan hal itu maka harus selalu menjaga kelaikan suatu pesawat baik sebelum maupun sesudah melakukan penerbangan. Merujuk kepada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 pasal 36 yang berisi "Setiap orang yang mengoperasikan pesawat udara wajib merawat pesawat udara, mesin pesawat udara, baling-baling pesawat terbang, dan komponennya untuk mempertahankan keandalan dan kelaikudaraan secara berkelanjutan"<sup>[2]</sup>. Maka untuk menjaga pesawat tetap aman, terhindar dari kerusakan serta layak untuk terbang pesawat wajib dilakukan perawatan dan pemeliharaan. Terdapat dua proses pemeliharaan pesawat yaitu pemeliharaan berjadwal (*scheduled maintenance*) dan pemeliharaan tidak berjadwal (*unscheduled maintenance*)<sup>[3]</sup>.

Pemeliharaan berjadwal atau *Scheduled Maintenance* suatu pesawat memiliki beberapa jenis pemeliharaan yaitu A-Check, B-Check, C-Check dan D-Check. A-Check merupakan suatu jenis pemeliharaan berjadwal yang diatur oleh manufaktur melalui *Maintenance Planning Document (MPD)* pada pesawat Airbus A330-900 interval A-Check berada pada 1000 flight hour atau 12 bulan tergantung mana yang lebih dulu terjadi.

Salah satu kegiatan pemeliharaan pada pesawat terbang adalah pemeliharaan battery pesawat yang digunakan untuk banyak fungsi kelistrikan, mulai dari menyalakan pesawat hingga komponen penting pada *electrical emergency system*. Seperti komponen pesawat lainnya, prosedur penyimpanan, inspeksi, dan perawatan yang tepat perlu dilakukan untuk memastikan battery tetap

berfungsi dengan baik berdasarkan layanan yang dapat diandalkan.

Agar pemeliharaan dapat dipantau maka dilakukan analisis kehandalan. Salah satu metode analisis kehandalan adalah metode *reliability mapping*. Proses yang digunakan dalam sistem *reliability mapping* di pesawat menggunakan sistem analisis pemetaan yang dikonstruksikan dalam tabel. Kolom dalam tabel merepresentasikan waktu, sedangkan baris merupakan nomor registrasi pesawat. Kegiatan pemeliharaan digambarkan dengan simbol unik pada posisi waktu relatif di setiap barisnya. Pada penelitian ini dilakukan analisis kehandalan battery pada pesawat Airbus A330-900 yang menggunakan *reliability mapping*.

## II. Metode Penelitian

### 2.1 Pemeliharaan Pesawat

Pemeliharaan adalah semua aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan kondisi sebuah peralatan atau mengembalikannya kedalam kondisi tertentu. *Maintenance* atau perawatan adalah kegiatan untuk memonitor dan memelihara fasilitas dengan merancang, mengatur, menangani, dan memeriksa pekerjaan. Sehingga dapat diartikan bahwa pemeliharaan pesawat adalah aktivitas merancang, mengatur, menangani, memonitor dan memeriksa setiap komponen pesawat untuk mempertahankan kondisi pesawat dalam keadaan laik terbang dengan interval waktu yang telah ditetapkan<sup>[3,5]</sup>

Selain itu faktor mengapa perlu dilakukannya pemeliharaan adalah:

- a) Pemeliharaan untuk faktor keselamatan dan kenyamanan, pesawat adalah alat transportasi yang memiliki resiko tinggi agar tidak terjadi kecelakaan pesawat dan terjaga kenyamanan pada awak kabin dan penumpang maka perlu dilakukan pemeliharaan terhadap pesawat.
- b) Pemeliharaan untuk faktor ekonomi bisnis,

agar pesawat dapat digunakan dalam jangka waktu yang panjang karena kecelakaan pesawat atau penerbangan dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

c) Pemeliharaan untuk faktor peraturan dan persyaratan, demi menunjang keselamatan dan kenyamanan maka ditetapkan suatu peraturan dan persyaratan yang di atur oleh kementerian perhubungan udara dan organisasi penerbangan komersil dunia atau *International Civil Aviation Organization* (ICAO).

## 2.2 Jenis Pemeliharaan

Jenis pemeliharaan pesawat terbang berdasarkan tingkatannya terbagi menjadi dua yaitu *minor maintenance* yang mana perawatan ringan yang dapat dikerjakan di luar hangar atau biasanya di *apron* bandara, kemudian adalah *heavy maintenance* yaitu perawatan berat yang harus memerlukan hangar untuk dilakukan pemeliharaan<sup>[6]</sup>.

Jenis pemeliharaan pesawat terbang lainnya ialah berdasarkan waktu, pemeliharaan terbagi menjadi dua jenis yaitu perawatan korektif (*Corrective Maintenance*) adalah pemeliharaan dan perbaikan pesawat yang dilakukan ketika ditemukannya kerusakan pada suatu komponen, kegiatan ini juga disebut sebagai perawatan tak terjadwal (*Unscheduled Maintenance*). Berikutnya adalah perawatan preventif (*Preventive Maintenance*) adalah pemeliharaan dan perbaikan pesawat yang dilakukan berdasarkan interval waktu atau umur pada suatu komponen, kegiatan ini biasa disebut dengan pemeliharaan berjadwal (*Scheduled Maintenance*).

### a) *Flight hour*

Interval pemeliharaan pesawat berdasarkan jumlah jam operasional atau jam terbang pesawat.

### b) *Flight cycle*

Adalah interval pemeliharaan berdasarkan jumlah terbang pesawat, penghitungan satu *cycle* mulai dari *take-off* hingga *landing*.

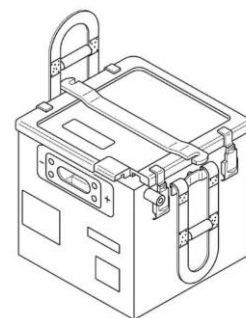
### c) *Calendar time*

Yaitu pemeliharaan pesawat yang telah ditentukan waktunya berdasarkan jumlah bulan (*Month*) dan tahun (*Year*).

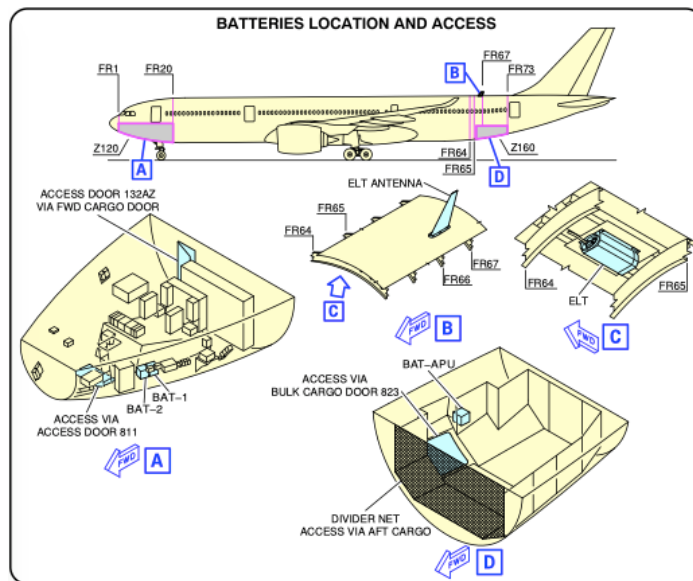
Pemeliharaan periodik pesawat atau yang biasa disebut *Aircraft Maintenance Check* adalah pemeliharaan berat pada pesawat atau *Heavy Maintenance* yang secara berkala dengan parameter interval *flight hour*, *flight cycle* atau *calendar time* berdasarkan mana yang lebih dulu dikerjakan. *Aircraft Maintenance Check* terdiri dari 3 jenis yaitu *A-Check*, *B-Check*, *C-Check* dan *D-Check*.

## 2.3 Battery Pesawat

*Battery* pesawat memiliki beberapa fungsi antara lain sebagai suplai listrik ketika pesawat di darat, suplai listrik pada kondisi emergency, sebagai suplai arus DC di pesawat, dan lain-lain. Terdapat dua tipe baterai yang banyak digunakan di pesawat yaitu baterai lead-acid dan baterai nickel-cadmium (NiCd). Baterai NiCd terdiri dari masing-masing cell dan metallic box, yang terbuat dari bahan titanium, plastic coated steel, stainless steel, dan painted steel. Cell tersebut tersusun secara seri sehingga dapat menghasilkan 12 volt atau 23 volt. Terdapat sistem ventilasi pada baterai pesawat, yang berfungsi untuk proses pendinginan pada baterai dan juga berfungsi untuk membiarkan gas yang dihasilkan oleh proses *overcharge* dapat keluar dari *metallic box*. Voltase baterai pada pesawat adalah 113V AC dan 28V DC dengan frekuensi 300Hz.



Gambar 2. 1 Baterai pesawat<sup>[7]</sup>



Gambar 2.2 Battery location and access pada A330-900<sup>[7]</sup>

MP NUMBER	TASK REFERENCE (SOURCE DOCUMENT)	FEC	TASK CODE	INTERVAL		FSN	ATA 24 Electrical Power
				THRES	REPEAT		TASK DESCRIPTION
243851-02-1	243851-280-802 (MRBR : 24.30.00/07)	6	FNC	3000 OH	3000 OH	001-999	BATTERY DC GENERATION Remove batteries 1 and 2 for check in workshop SPECIAL NOTE: Time Controlled Items. See Chapter 3 Component & Equipment.
243852-01-2	243852-280-801 (MRBR : 24.30.00/03) (CMP : 24-2-0000-007)	6	RST	1 YE	1 YE	001-999	BATTERY DC GENERATION Remove battery 3 (APU) for overhaul SPECIAL NOTE: Time Controlled Items. See Chapter 3 Component & Equipment.
243852-02-2	243852-280-801 (MRBR : 24.30.00/07)	6	FNC	3000 OH	3000 OH	001-999	BATTERY DC GENERATION Remove battery 3 (APU) for check in workshop SPECIAL NOTE: Time Controlled Items. See Chapter 3 Component & Equipment.
243851-01-1	243851-280-801 (MRBR : 24.30.00/03)	6	RST	1 YE	1 YE	001-999	BATTERY DC GENERATION Remove batteries 1 and 2 for overhaul SPECIAL NOTE: Time Controlled Items. See Chapter 3 Component & Equipment.

Gambar 2.3 A330 Maintenance Program

Pada pesawat Airbus A330-900, lokasi baterai dapat dilihat melalui gambar berikut:

Interval *maintenance battery* A330-900 menurut *Maintenance Program* (MP) adalah 1YE (1 tahun) atau 3000 OH (3000 *Operational Hour*) tergantung mana yang lebih dulu terjadi.

## 2.4 Reliability mapping

*Reliability* didefinisikan sebagai probabilitas komponen atau sistem akan beroperasi sesuai dengan fungsi yang diharapkan pada suatu periode waktu yang ditentukan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk menentukan *reliability*, terlebih dahulu mendefinisikan *reliability* secara spesifik. Pertama, kegagalan (*failure*) didefinisikan arti

kegagalan pada suatu sistem, sebagai contoh kegagalan pada sistem diartikan bahwa sistem tidak mampu beroperasi sesuai dengan fungsinya. Kedua, satuan waktu harus ditentukan, misal waktu interval kerusakan lebih spesifik, berdasarkan waktu kalender, waktu siklus atau waktu interval. Pada beberapa kasus, *reliability* tidak diartikan pada satuan waktu namun pada ukuran lain seperti satuan mil, unit, atau *batch*. Ketiga, sistem diamati pada kinerja normal. Hal ini mencakup faktor-faktor seperti beban (berat, tegangan, tekanan), lingkungan, dan kondisi operasional (*maintenance*)<sup>[6]</sup>. Banyak maskapai penerbangan, *supplier* komponen serta *manufacture* pesawat terbang menggunakan analisis ini karena dinilai sederhana dan mudah diterima dalam industri pekerjaan secara luas untuk tujuan evaluasi kontrak, kinerja dan teknis.

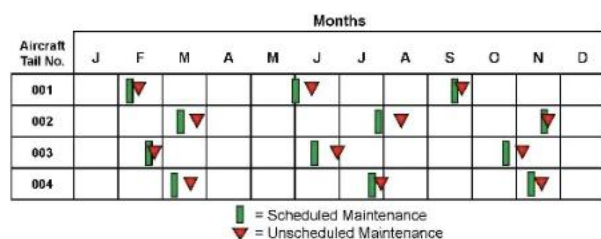
Setelah menentukan keandalan sistem, hal berikutnya yang dilakukan adalah mengidentifikasi komponen yang paling banyak menimbulkan masalah pada sistem untuk memprioritaskan perbaikan dalam desain dan sumber daya dan upaya perbaikan sistem ke arah yang memiliki dampak paling besar terhadap kinerja system.

Modifikasi keandalan komponen tidak semudah dengan membagi rata target keandalan sistem kepada masing – masing komponen secara merata, tetapi karena *reliability importance*, sifat dari komponen dan biaya menjadi pertimbangan dalam memodifikasi kehandalan komponen sehingga alokasi keandalan masing – masing komponen dapat berbeda<sup>[7]</sup>.

Melalui *reliability mapping* pola waktu hingga kegagalan yang terjadi dapat termodulasi dalam bagan, sehingga dapat dideteksi segala jenis masalah yang terjadi. *Reliability mapping* adalah metode yang menggunakan map (peta) dalam bentuk table dimana berisi informasi mengenai waktu tetap (mutlak). Peta ini dibuat berdasarkan pada perhitungan waktu

kalender dan biasanya map ini digunakan untuk menganalisis populasi<sup>[8]</sup>. *Reliability mapping* dikonstruksikan dengan kolom dan baris, kolom mengindikasikan waktu (hari, minggu, tahun) dan baris mengindikasikan nomor seri sebuah komponen. Metode *reliability mapping* secara general digunakan untuk mengawasi reliabilitas sebuah kinerja mekanis sebuah pesawat<sup>[9]</sup>. Akan ditemukan perbedaan antara map satu dengan yang lain karena tiap map berisikan satu jenis pengawasan kinerja. Kejadian atau peristiwa yang terjadi digambarkan dengan bentuk khusus di dalam *map* tersebut. Aturan yang digunakan dalam pemetaan komponen:

1. Dasar dari pemetaan ini adalah waktu yang tidak dapat diganggu gugat (bersifat mutlak). Secara mayoritas pemetaan akan dibuat berdasarkan *calendar time*.
2. Umumnya satu pemetaan digunakan untuk menganalisis satu bagian dari jumlah populasi.
3. Konstruksi *mapping* berbentuk *grid*, kolom mengindikasikan waktu (hari, minggu, bulan, tahun), baris mengindikasikan nomor seri dari tiap-tiap komponen yang terlibat.
4. Setiap komponen yang digunakan akan terlihat jelas detail histori penggunaannya. Waktu instalasi diindikasikan dengan garis horizontal dimulai dari tanggal instalasi dan diakhiri saat komponen tersebut dilepaskan. Kegiatan pemeliharaan akan diilustrasikan menggunakan simbol unik disetiap posisi terkait waktu disetiap barisnya.



xv. **Gambar 2.5** Contoh  
*Realibility Mapping*<sup>(2)</sup>

Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data dari *defect report print* pada Airbus A330-900 oleh maskapai xyz sebagaimana ditampilkan pada **Gambar 3.1**.

**XVI. III. Hasil dan Diskusi**

**3.1 Data Pemeliharaan**

A/C	Defect Type	Defect	Dep Sta	CHP/SEC/ASC	Reported Date	Defect Description	Resolution Description	Resolved Date
AC-01 A330 - 900	MAINT	B3330693	SUB	24 38	03/06/2020	WO : 101XXX BATTERY APU	REF TC A330-243852-01-2 PERFORMED REPLACE BATTERY APU FOR OVERHAUL HAS BEEN CO	03/06/2020
AC-01 A330 - 900	MAINT	B3330693	SUB	24 38	03/06/2020	WO : 101XXX MAIN BATTERY #1	REF TC A330-243 -01-1 PERFORMED REPLACE MAIN BATT #1 FOR OVERHAUL HAS BEEN CO	03/06/2020
AC-02 A330 - 900	ROUTINE	B3254210	CGK	24 38	03/12/2020	WO 1019XXX REMOVAL MAIN BATTERY 2PB2 FOR OVERHAUL	PERFORMED REPLACED MAIN BATTERY 2PB2 FOR OVERHAUL CARRIED OUT REF TASKCARD A330-243 -01-1	03/12/2020
AC-02 A330 - 900	ROUTINE	B3254210	UPG	24 38	03/12/2020	WO 1019XXX REMOVAL MAIN BATTERY 2PB1 FOR OVERHAUL	PERFORMED REPLACED MAIN BATTERY 2PB1 FOR OVERHAUL CARRIED OUT REF TASKCARD A330-243 -01-1	03/12/2020
AC-02 A330 - 900	ROUTINE	B3254215	CGK	24 38	03/17/2020	WO 1019XXX BATTERY APU	PERFORM REMOVAL & INSTLLATION BATTERY 3 (APU) FOR OVERHOL C/O REF AMM 24-38-52-000 -A & 24-38-52-400 -A	03/17/2020
AC-02 A330 - 900	MAINT	B3254227	UPG	24 00	04/08/2020	REF WO 1040XXX PROLONGED 28 DAYS	PERFORMED PERIODI CGROUND CHECK AT 7 DAYS IS DAYS AND 1 MOTH INTERVALS ( PARKING )	04/08/2020
AC-02 A330 - 900	MAINT	B3254227	UPG	24 00	04/08/2020	REF WO 1040XXX OPS TEST OF STATIC INVERTER AND DC SUPPLY	PERFORMED OPS TEST OF STATIC INVERTER AND DC ESS BUS SUPPLY C/O	04/08/2020
AC-02 A330 - 900	MAINT	B3254229	UPG	24 00	04/13/2020	REF WO 1040 XXX OPERATIONAL TEST OF STATIC INVERTER	PERFORMED STATIC INVERTER AC GEN OPERATIONAL CHECK OF STATIC INVERTER AND DC ESS BUS SUPPLY C/O	04/13/2020
AC-02 A330 - 900	MAINT	B3254229	UPG	24 00	04/13/2020	REF WO 1046 XXX PROLONGED 37 DAYS	PERFORMED PERIODIC GROUND CHECK AT 7 DAYS INTERVOLS ( PARKING ) RESULT GOOD	04/13/2020

**Gambar 3.1** Data Pemeliharaan Airbus A330-900

Agar dapat digunakan untuk bahan analisis, data pada **Gambar 3.1** perlu dikelompokan lagi berdasarkan dengan jenis *maintenance* dan dipilih berdasarkan dengan sistem atau komponen yang akan dibahas pada studi kasus.

**Gambar 3.1** terdiri dari beberapa kolom dengan informasi yang berbeda kolom

pertama merupakan nomor registrasi pesawat, *defect type* jenis pemeliharaan, kode *defect*, *Dep Sta* yaitu tempat pelaksanaan pemeliharaan, *CHP/SEC/ASC* yaitu kolom kode *Aircraft Maintenance Manual*, *reported date* yaitu kolom tanggal dilaporkannya pemeliharaan, selanjutnya kolom *defect description* yaitu kolom yang menjelaskan

tentang *defect* yang akan dikerjakan, *resolution description* yaitu kolom yang berisikan tentang deskripsi penyelesaian pemeliharaan, dan kolom *resolved date* yaitu kolom tanggal selesainya pemeliharaan.

### 3.2 Pengelompokan Jenis Pemeliharaan

Semua informasi pada data pemeliharaan *battery* yang telah dijelaskan kemudian diubah menjadi bentuk tabel. Tabel ini merupakan sebagian dari jumlah data pemeliharaan *battery* untuk AC-01 pada tanggal 6 Maret 2020 hingga 7 maret 2023.

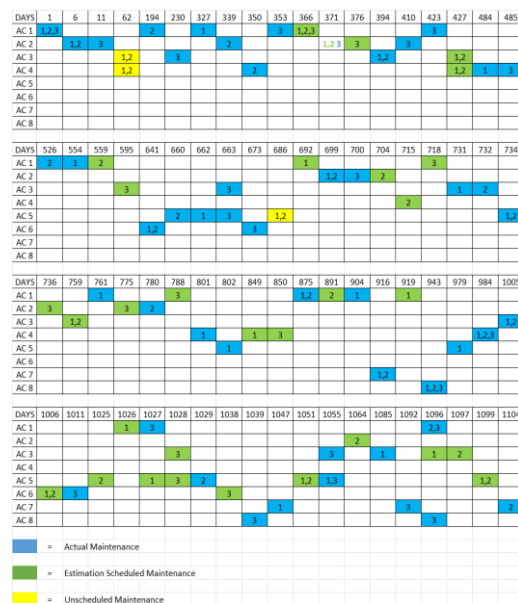
**Tabel 3.1** Data Pemeliharaan *Battery* A330-900

Aircraft Tail No.	Defect Type	Reported Date	Defect Description	Resolution Description	Maintenance Type
01	Maintenance	03/06/2020	WO : 1019xxx MAIN BATTERY #2	REF TC A330-243xxx-xx-x PERFORMED REPLACE MAIN BATTERY 2 FOR OVERHAUL HAS BEEN CO	Schedule
	Maintenance	03/06/2020	WO : 1019xxx MAIN BATTERY #1	REF TC A330-243xxx-xx-x PERFORMED REPLACE MAIN BATT #1 FOR OVERHAUL HAS BEEN CO	Schedule
	Routine	09/16/2020	W/O 109xxx	REMOVE BATTERY NO.2 FOR OVERHAUL I.A.W T/C A330-243xxx-xx-x	Schedule
	Routine	01/27/2021	WO 1149xxx MAIN BATTERY	PERFORMED REMOVE MAIN BATTERY POS 1 C/O. REF T/C A330-243xxx-xx-x	Schedule
	Routine	08/14/2021	REF W/O : 1221xxx MAIN BATTERY #2	REF T/C : A330-243xxx-xx-x PERFORMED REPLACED BATTERY #2 FOR OVERHAUL C/O. TEST RESULT OK	Schedule
	Routine	09/11/2021	WO 1226xxx MAIN BATT	PERFORM REPLACEMENT OF BATT #1 FOR OVERHAUL C/O PERFORM BITE TEST OF BCL RESULT GOOD IAW TC A330-2436xxx-xx-x	Schedule
	Routine	04/06/2022	REFF WO 1300xxx BATTERY	PERFORMED REPLACE BATTERY IAW T/C A330-243xxx-xx-x-C/O	Schedule
	Routine	07/29/2022	REF W/O : 1323xxx	REMOVAL OF THE BATTERIES 1 OR 2 FOR OVERHAUL HAS BEEN PERFORMED I.A.W T/C A330-243xxx-xx-x AND	Schedule

### 3.3 Reliability mapping

Setelah mengolah data dari data pemeliharaan *battery* kedalam tabel, selanjutnya dibuatkan *reliability mapping* untuk rentang waktu 1103 hari. Berdasarkan **tabel 3.2**, dapat dilihat dari 53 kali pemeliharaan hanya terjadi 3 kali *unscheduled maintenance* (bertanda kuning) dengan persentase *unscheduled maintenance* sebesar 5,5% dari keseluruhan pemeliharaan dan hal tersebut menandakan bahwa pemeliharaan *battery* pada A330-900 memiliki kualifikasi handal.

**Tabel 3.2** Reliability mapping Pemeliharaan *Battery*



### 3.3 Analisis Interval Penggantian

**Tabel 3.3** menunjukkan rasio interval penggantian *battery* antara interval *actual maintenance* dan interval menurut estimasi *battery* nomor 1,2 dan 3 dari setiap pesawat. Untuk mendapatkan nilai estimasi, maka :

$$estimation = penggantian terakhir + 365 \text{ days}$$

Setelah mendapatkan estimasi, selanjutnya membandingkan kedua interval untuk melihat keakuratan penggantian. Kemudian menghitung persentase dari perbandingan tersebut dengan sebagai berikut:

$$persentase = \frac{estimation - actual}{365} \times 100\%$$

**Tabel 3.3** Analisis Tingkat Keefisienan Perawatan *Battery*

A/C	BATTERY	ESTIMATION (DAYS)	ACTUAL (DAYS)	KESIMPULAN	PERSENTASE
AC-01	1	366	327	E	10%
		692	554	E	38%
		919	761	E	43%
		1126	875	E	69%
		1240	904	E	92%
	2	364	194	E	47%
		559	526	E	9%
		891	875	E	4%
		1240	1096	E	39%
	3	364	353	E	3%
		718	423	E	81%
		788	1027	L	65%
1392		1096	E	81%	
AC-02	1	371	699	L	90%
	2	371	339	E	9%
		704	699	A	1%
		1064	780	E	78%
	3	376	371	A	1%
		736	410	E	89%
		775	700	E	21%
AC-03	1	427	394	E	9%
		759	731	E	8%
		1096	1005	E	25%
		1370	1085	E	78%
	2	427	394	E	9%
		759	732	E	7%
		1097	1005	E	25%
	3	595	663	L	19%
		1028	1055	L	7%
		1027	686	E	93%
AC-04	1	427	484	L	16%
		849	801	E	13%
		1166	984	E	50%
	2	427	350	E	21%
		715	984	L	74%
	3	850	984	L	37%
AC-05	1	1027	686	E	93%
		1051	734	E	87%
		1099	802	E	81%
		1167	979	E	52%
		1344	1055	E	79%
	2	1025	686	E	93%

**Tabel 3.3** Analisis Tingkat Keefisienan Perawatan *Battery* (Lanjutan)

LANJUTAN					
A/C	BATTERY	ESTIMATION (DAYS)	ACTUAL (DAYS)	KESIMPULAN	PERSENTASE
AC-05	2	1051	734	E	87%
		1099	1029	E	19%
	3	1028	1055	L	7%
AC-06	1	1006	1104	L	27%
	2	1006	1104	L	27%
	3	1038	1011	E	7%
AC-07	1	1281	1047	E	64%
	2	1281	1104	E	48%
	3	1457	1104	E	97%
AC-08	1	1308	1104	E	56%
		1308	1104	E	56%
	3	1308	1104	E	56%
		1404	1096	E	84%

L = *Late* (terlambat)

E = *Early* (terlalu cepat)

A = *Accurate* (tepat waktu) ( $\leq 1\%$ )

Hasil dari analisa pada **Tabel 3.3** menunjukkan kesimpulan 77% *early*, 19% *late* dan 3% *accurate*. Dimana rata rata dari persentase *early* adalah 38%, *late* 37% dan *accurate* 1%. Maka, untuk melakukan optimasi *reliability mapping* diberikan toleransi sebesar 5 hari karena waktu rata-rata untuk menunggu ketersediaan komponen dengan estimasi yang sebelumnya 365 hari menjadi 360 hari.

### 3.5 Analisis Optimasi *Reliability mapping*

**Tabel .3** merupakan bentuk dari *reliability mapping* yang menggunakan *actual maintenance*, untuk melakukan optimasi maka dilakukan analisis menggunakan *estimation scheduled maintenance* yang diberikan toleransi sebesar 5 hari menjadi 360 hari dari yang sebelumnya sebesar 365 hari yang bisa dilihat pada **tabel 3.5**.

**Tabel 3.3** Analisis *Actual Maintenance* AC-01

DAY	1	194	327	353	423	526	554	761	875	904	1027	1096	Maintenance	Interval
AC-01														
BATTERY														
1	1		1				1	1	1	1			6	150
2	1	1				1			1			1	5	308
3	1			1	1						1	1	5	273
Grand Total													16	244

**Tabel 3.3** = *Actual Maintenance*

Hasil analisa pada **tabel 3.3** menunjukkan bahwa *battery* nomor 1 sering mengalami *maintenance* (penggantian). Untuk *battery* nomor 2 dan 3 menunjukkan jumlah *maintenance* yang sama. Jumlah *maintenance battery* nomor 1,2 dan 3 adalah 16 kali *maintenance* (penggantian). Rata-rata interval *maintenance* pada AC-01 adalah 233 hari. **Tabel 3.5** Analisis *Estimation Maintenance* AC-01

DAY	361	721	1081	Maintenance	Interval
AC-01					
BATTERY					
1	1	1	1	3	360
2	1	1	1	3	360
3	1	1	1	3	360
Grand Total				9	360

**Tabel 3.5** = *Estimation scheduled maintenance*

Analisa pada **tabel 3.5** menunjukkan hasil optimasi setelah menggunakan estimasi dari terjadinya *maintenance* pada **tabel 3.3**. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah *maintenance* yang dilaksanakan berkurang menjadi lebih efisien.

Rata-rata interval setelah dioptimasi adalah 360 hari.

**Tabel 3.6** Analisis *Actual Maintenance* AC-02

DAY	6	11	339	371	410	699	700	780	Maintenance	Interval
AC-02										
BATTERY										
1	1					1			2	693
2	1	1				1		1	4	258
3		1		1	1		1		4	230
Grand Total									10	394

Actual Maintenance	=	Actual Maintenance
--------------------	---	--------------------

Hasil analisa pada **tabel 3.6** menunjukkan bahwa *battery* nomor 1 mengalami *maintenance* (penggantian) paling sedikit. Untuk *battery* nomor 2 dan 3

menunjukkan jumlah *maintenance* yang sama. Jumlah *maintenance battery* nomor 1,2 dan 3 adalah 10 kali *maintenance* (penggantian). Rata-rata interval *maintenance* pada AC-02 adalah 393 hari.

**Tabel 3.7** Analisis *Estimation Maintenance* AC-02

DAY	366	371	726	731	1086	1091	Maintenance	Interval
AC-02								
BATTERY								
1	1		1		1		3	360
2	1		1		1		3	360
3		1		1		1	3	360
Grand Total							9	360

Estimation scheduled maintenance	=	Estimation scheduled maintenance
----------------------------------	---	----------------------------------

Analisa pada **tabel 3.7** menunjukkan hasil optimasi setelah menggunakan estimasi dari terjadinya *maintenance* pada **tabel 3.6**. Hasil tersebut

menunjukkan bahwa jumlah *maintenance* yang dilaksanakan berkurang menjadi lebih efisien. Rata-rata interval setelah dioptimasi adalah 360 hari.

**Tabel 3.8** Analisis *Actual Maintenance* AC-03

DAY	62	230	394	663	731	732	1005	1055	1085	Maintenance	Interval
AC-03											
BATTERY											
1	1		1		1		1		1	5	250
2	1		1			1	1			4	314
3		1		1				1		3	413
Grand Total										12	326

Actual Maintenance	=	Actual Maintenance
--------------------	---	--------------------

Hasil analisa pada **tabel 3.8** menunjukkan bahwa *battery* nomor 1 sering mengalami *maintenance* (penggantian) dan terdapat 1 kali *unscheduled maintenance*. Pada *battery* nomor 2 juga terdapat 1 kali *unscheduled maintenance*. Untuk *battery* nomor 3 menunjukkan jumlah *maintenance* yang paling sedikit. Jumlah *maintenance battery* nomor 1,2 dan 3 adalah 12 kali *maintenance* (penggantian). Rata-rata interval *maintenance* pada AC-03 adalah 326 hari.

**Tabel 3.9** Analisis *Estimation Maintenance* AC-03

DAY	422	590	782	950	Maintenance	Interval
AC-03						
BATTERY						
1	1		1		2	360
2	1		1		2	360
3		1		1	2	360
Grand Total					6	360

Estimation scheduled maintenance	=	Estimation scheduled maintenance
----------------------------------	---	----------------------------------

Analisa pada **tabel 3.9** menunjukkan hasil optimasi setelah menggunakan estimasi dari terjadinya *maintenance* pada **tabel 3.8**. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah *maintenance* yang dilaksanakan berkurang

menjadi lebih efisien. Rata-rata interval setelah dioptimasi adalah 360 hari.

**Tabel 3.10** Analisis *Actual Maintenance* AC-03

DAY	62	350	484	485	801	984	Maintenance	Interval
AC-04								
BATTERY								
1	1		1		1	1	4	307
2	1	1				1	3	461
3				1		1	2	499
Grand Total							9	422

	=	<i>Actual Maintenance</i>
	=	<i>unscheduled maintenance</i>

Hasil analisa pada **tabel 3.10** menunjukkan bahwa *battery* nomor 1 sering mengalami *actual maintenance* (penggantian) dan terdapat 1 kali *unscheduled maintenance*. Pada *battery* nomor 2 juga terdapat 1 kali *unscheduled*

*maintenance*. Untuk *battery* nomor 3 menunjukkan jumlah *maintenance* yang paling sedikit. Jumlah *maintenance battery* nomor 1,2 dan 3 adalah 9 kali *maintenance* (penggantian). Rata-rata interval *maintenance* pada AC-03 adalah 322 hari.

**Tabel 3.11** Analisis *Estimation Maintenance* AC-03

DAY	422	782	845	Maintenance	Interval
AC-04					
BATTERY					
1	1	1		2	360
2	1	1		2	360
3			1	1	360
Grand Total				5	360

	=	<i>Estimation scheduled maintenance</i>
--	---	---

Analisa pada **tabel 3.11** menunjukkan hasil optimasi setelah menggunakan estimasi dari terjadinya *maintenance* pada **tabel 3.10**. Karena terdapat *unscheduled maintenance* pada penggantian ke 1, maka interval

penggantian dihitung tetap dari hari pertama yang terdapat *unscheduled maintenance*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah *maintenance* yang dilaksanakan berkurang menjadi lebih efisien. Rata-rata interval setelah dioptimasi adalah 360 hari.

**Tabel 3.12** Analisis *Actual Maintenance* AC-05

DAY	660	662	663	686	734	802	979	1029	1055	Maintenance	Interval
AC-05											
BATTERY											
1		1		1	1	1	1		1	6	79
2	1			1	1			1		4	123
3			1						1	2	392
Grand Total										12	198

	=	<i>Actual Maintenance</i>
	=	<i>unscheduled maintenance</i>

Hasil analisa pada **tabel 3.12** menunjukkan bahwa *battery* nomor 1 sering

mengalami *maintenance* (penggantian) dan terdapat 1 kali *unscheduled maintenance*.

Pada *battery* nomor 2 juga terdapat 1 kali *unscheduled maintenance*. Untuk *battery* nomor 3 menunjukkan jumlah *maintenance* yang paling sedikit. Jumlah *maintenance battery* nomor 1,2 dan 3 adalah 12 kali *maintenance* (penggantian). Rata-rata interval *maintenance* pada AC-05 adalah 198 hari.

**Tabel 3.13 Analisis Estimation Maintenance AC-05**

DAY	1020	1022	1023	1046	Maintenance	Interval
AC-05						
BATTERY						
1		1		1	2	24
2	1			1	2	26
3			1		1	0
Grand Total					5	17

= Estimation scheduled maintenance

Analisa pada **tabel 3.13** menunjukkan hasil optimasi setelah menggunakan estimasi dari terjadinya *maintenance* pada **tabel 3.12**. Karena terdapat *unscheduled maintenance* pada penggantian ke 2, maka interval penggantian dihitung dari hari yang terdapat *unscheduled maintenance*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah *maintenance* yang dilaksanakan berkurang menjadi lebih efisien.

**Tabel 3.13 Analisis Actual Maintenance AC-06**

DAY	641	673	1011	Maintenance	Interval
AC-06					
BATTERY					
1	1			1	0
2	1			1	0
3		1	1	2	338
Grand Total				4	113

= Actual Maintenance

Hasil analisa pada **tabel 3.13** menunjukkan bahwa *battery* nomor 3 sering mengalami *maintenance* (penggantian). Untuk *battery* nomor 1 dan 2 menunjukkan jumlah *maintenance* yang sama. Jumlah *maintenance battery* nomor 1,2 dan 3 adalah 3 kali *maintenance* (penggantian). Rata-rata interval *maintenance* pada AC-06 adalah 113 hari.

**Tabel 3.15 Analisis Estimation Maintenance AC-06**

DAY	1001	1033	Maintenance	Interval
AC-06				
BATTERY				
1	1		1	0
2	1		1	0
3		1	1	0
Grand Total			3	0

= Estimation scheduled maintenance

Analisa pada **tabel 3.15** menunjukkan hasil optimasi setelah menggunakan estimasi dari terjadinya *maintenance* pada **tabel 3.13**.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah *maintenance* yang dilaksanakan berkurang menjadi lebih efisien.

**Tabel 3.16 Analisis Actual Maintenance AC-07**

DAY	916	1047	1092	1104	Maintenance	Interval
AC-07						
BATTERY						
1	1	1			2	131
2	1			1	2	188
3			1		1	0
Grand Total					5	106

= Actual Maintenance

Hasil analisa pada **tabel 3.16** menunjukkan bahwa *battery* nomor 3 mengalami *maintenance* (penggantian) paling sedikit. Untuk *battery* nomor 1 dan 2 menunjukkan jumlah *maintenance* yang sama. Jumlah *maintenance battery* nomor 1,2 dan 3 adalah 5 kali *maintenance* (penggantian). Rata-rata interval *maintenance* pada AC-07 adalah 106 hari.

**Tabel 3.17 Analisis Estimation Maintenance AC-07**

DAY	1276	1452	Maintenance	Interval
AC-07				
BATTERY				
1	1		1	0
2	1		1	0
3		1	1	0
Grand Total			3	0

= Estimation scheduled maintenance

Analisa pada **tabel 3.17** menunjukkan hasil optimasi setelah

menggunakan estimasi dari terjadinya *maintenance* pada **tabel 3.16**. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah *maintenance* yang dilaksanakan berkurang menjadi lebih efisien.

**Tabel 3.18** Analisis *Actual Maintenance* AC-08

DAY	943	1039	1096	Maintenance	Interval
AC-08					
BATTERY					
1	1			1	0
2	1			1	0
3	1	1	1	3	77
Grand Total				5	26

	=	Actual Maintenance
--	---	--------------------

Hasil analisa pada **tabel 3.18** menunjukkan bahwa *battery* nomor 3 sering mengalami *maintenance* (penggantian). Untuk *battery* nomor 1 dan 2 menunjukkan jumlah *maintenance* yang sama. Jumlah *maintenance battery* nomor 1,2 dan 3 adalah 5 kali *maintenance* (penggantian). Rata-rata interval *maintenance* pada AC-08 adalah 26 hari.

**Tabel 3.19** Analisis *Estimation Maintenance* AC-08

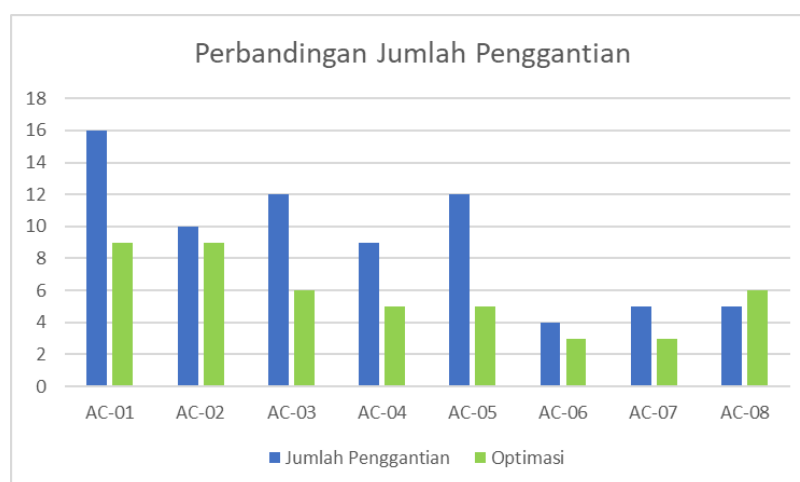
DAY	1303	1663	Maintenance	Interval
AC-08				
BATTERY				
1	1	1	2	360
2	1	1	2	360
3	1	1	2	360
Grand Total			6	360

	=	Estimation scheduled maintenance
--	---	----------------------------------

Analisa pada **tabel 3.19** menunjukkan hasil optimasi setelah menggunakan estimasi dari terjadinya *maintenance* pada **tabel 3.18**. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah *maintenance* yang dilaksanakan berkurang menjadi lebih efisien. Rata-rata interval setelah dioptimasi adalah 360 hari.

**Tabel 3.20** Perbandingan Jumlah Penggantian

AC	Jumlah Penggantian	Optimasi
AC-01	16	9
AC-02	10	9
AC-03	12	6
AC-04	9	5
AC-05	12	5
AC-06	4	3
AC-07	5	3
AC-08	5	6



**Gambar 3.2** Grafik Perbandingan Jumlah Pergantian

Hasil analisa menunjukkan bahwa *reliability mapping* berdasarkan *actual maintenance* (penggantian) dan *estimation scheduled maintenance* memiliki pola yang berbeda.

Hasil analisa keseluruhan dari 8 pesawat ditemukan bahwa *battery* nomor 1 memiliki *maintenance* (penggantian) dengan intensitas paling tinggi. Rata-rata interval *maintenance* dari 8 pesawat sebelum dioptimasi adalah 228 hari

#### IV. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dari penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan menggunakan *realibility mapping* dapat terlihat dengan jelas dimana dan kapan pemeliharaan tidak terjadwal terjadi. Dapat dilihat dari 53 kali penggantian hanya terjadi 3 kali *unscheduled maintenance* dengan persentase sebesar 5,5% dari keseluruhan pemeliharaan dan hal tersebut menandakan bahwa pemeliharaan *battery* pada A330-900 memiliki kualifikasi handal.
2. Menurut hasil penelitian pelaksanaan penggantian tidak sesuai dengan perencanaan penggantian dengan nilai 77% *early*, 19% *late* dan 3% *accurate* berdasarkan estimasi menurut *calender time*.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Republik Indonesia. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan. Dewan Perwakilan Rakyat Indonesia dan Presiden Indonesia. Jakarta: 2009

[2] Arifin, M. (2020). Analisis Kinerja Pemeliharaan Berdasarkan Safety Performance Indicator Menggunakan Realibility Mapping. Jurnal Teknologi Kedirgantaraan. <https://doi.org/10.35893/jtk.v5i1.31>

[3] Flight Global. Analysis: 737 Max Cutaway And Technical Description [Internet]. 2017 [Diakses 2023 Feb 3]. Tersedia pada: <https://www.flightglobal.com/analysis/-737-max-cutaway-and-technical-description/123069>

[4] Leung, T., Carroll, T., Hung, M. C. M.,