

# **ANALISIS RELIABILITY SISTEM STARTER VALVE UNTUK MERENCANAKAN AKTIVITAS MAINTENANCE PADA PESAWAT BOEING 737 NEXT GENERATION DI PT GMF AEROASIA**

<sup>1</sup>Ferry Setiawan, <sup>2</sup>Edi Sofyan, <sup>3</sup>Dwi Muridha C. Putra

*S-I Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta*

## **Abstrak**

Aktivitas maintenance pesawat terbang pada penelitian ini bertujuan untuk menjamin kehandalan sistem operasional tanpa adanya kerusakan komponen atau kegagalan sistem, juga mempertahankan komponen-komponen pesawat dan perlengkapan lainnya dalam keadaan laik udara (airworthy). Salah satu sistem yang sering mengalami masalah pada saat operasional adalah sistem Starter Valve Part Number 3289630-2 pada boeing 737 next generation, permasalahan tersebut antara lain stuck late, respond, leak, light ill, electrical problem, eroded, low pressure solenoid orifice. Analisis dilakukan dengan 2 cara yaitu analisis kualitatif dan analisis kuantitatif, analisis kualitatif menggunakan metode FMECA (failure mode effect and critical analysis) dan FTA (fault tree analysis) untuk mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan dan menganalisis efek dan kondisi kritis penyebab kegagalan, sedangkan analisis kuantitatif menggunakan metode reliability dengan perhitungan menggunakan distribusi Weibull sehingga dapat diketahui batas kritis waktu operasional pesawat, pada akhirnya dapat direncanakan schedule maintenance dan cara perawatan (desain maintenance) yang effective berdasarkan kerusakan dan kegagalan sistem starter valve. Hasil analisis menunjukkan bahwa top even reason of removal disebabkan karena starter valve stuck yang memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 180. Sementara itu effective schedule maintenance untuk sistem kerja mechanical part dapat dilaksanakan setelah mencapai 901 jam operasional dengan nilai reliability 74,50%, electrical system setelah mencapai 1001 jam operasional dengan nilai reliability 72,72%, dan Pneumatic actuator system setelah mencapai 4801 jam operasional dengan nilai reliability 78,66%.

**Kata Kunci:** Distribusi Weibull, Kegagalan, FMECA, Perawatan, Kehandalan.

## **Abstract**

Aircraft maintenance activities in this study aim to ensure the reliability of the operational system without any component damage or system failure, as well as maintain aircraft components and other equipment in an airworthy condition. One of the systems that often experience problems during operation is the Starter Valve Part Number 3289630-2 system on the Boeing 737 next generation, these problems include stuck late, respond, leak, light ill, electrical problem, eroded, low pressure solenoid orifice. The analysis was carried out in 2 ways, namely qualitative analysis and quantitative analysis, qualitative analysis used the FMECA (failure mode effect and critical analysis) and FTA (fault tree analysis) methods to identify the factors causing the failure and analyze the effects and critical conditions causing the failure, while the quantitative analysis used reliability method with calculations using the Weibull distribution so that the critical limit of aircraft operational time can be known, in the end a maintenance schedule can be planned and an effective maintenance design (maintenance design) based on damage and failure of the starter valve system. The results of the analysis show that the top even reason of removal is caused by the starter valve stuck which has a Risk Priority Number (RPN) of 180. Meanwhile, the effective schedule maintenance for the mechanical part work system can be carried out after reaching 901 hours of operation with a reliability value of 74.50%. , the electrical system after reaching 1001 operational hours with a reliability value of 72.72%, and the Pneumatic actuator system after reaching 4801 operational hours with a reliability value of 78.66%.

**Keyword:** Weibull Distribution, Failure, FMECA, Maintenanc, Reliability

## **Pendahuluan**

Agar menjaga keselamatan, keamanan dan kenyamanan selama penerbangan, perlu diadakan kegiatan perawatan yang menjamin keselamatan (*safety*) dalam pelaksanaan operasional pesawat terbang. Kegiatan perawatan pada pesawat udara dilakukan untuk menjaga kehandalan setiap komponen pesawat udara serta menjaga kondisi pesawat udara agar tetap laik terbang (*airworthy*).

<sup>1</sup>Email Address : [ferry.setiawan@sttkd.ac.id](mailto:ferry.setiawan@sttkd.ac.id)

Received 3 Agustus 2020, Available Online 31 Desember 2020

Kegiatan perawatan komponen atau sistem pesawat udara salah satunya menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), yang mana “merupakan suatu metode analisis untuk merencanakan, mengembangkan, membuat dan memilih alternatif strategi perawatan yang efektif didasarkan pada kriteria kehandalan, operasional, ekonomi, dan keamanan” (Anthony Smith, 1992).

Kehandalan sistem kerja komponen dan *part* pesawat terbang sangat diperlukan untuk memastikan setiap komponen maupun *part* pesawat terbang *serviceable* dan berjalan sesuai dengan fungsi didalam sistem operasional pesawat terbang, maka untuk meningkatkan *reliability* dari suatu sistem kerja komponen pesawat terbang, metode *reliability centered maintenance* sangat penting untuk dilakukan agar tidak terjadi kerusakan atau kegagalan, jika sistem kerja *starter valve* ini mengalami kegagalan maka hal tersebut dapat mengakibatkan terjadinya *delay* pada penerbangan, bahkan jika tidak segera di tangani dapat menyebabkan pesawat tersebut mengalami kondisi *Aircraft On Ground* (AOG), yang berpotensi mengganggu *airworthy* dan mengancam keselamatan (*safety*).

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi mode kegagalan (*failure mode*) yang terjadi pada komponen *starter valve* pesawat boeing 737 NG, dan memperhitungkan batas *life time critical* fungsi asset atau sistem maupun *equipment* sehingga dapat di rencanakan *scheduled maintenance* yang efektif pada sistem *starter valve* pesawat boeing 737 NG. *Effective scheduled maintenance* ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan secara tiba – tiba (*Unscheduled maintenance*) pada saat pesawat akan atau sedang di operasionalkan.

## Tinjauan Pustaka

### Perawatan Terjadwal

Adalah suatu perawatan (*maintenance*) yang sudah di rencanakan dan tercantum dalam dokumen perawatan yang terdapat pada daftar data dokumen perawatan (*maintenance board document*). Adapapun beberapa perawatan terjadwal (*schedule maintenance*) antara lain: *Transit check*, *Daily check*, *weekly check*, *A check*, *B check*, *C check*, *D check* dengan standar perhitungan waktu berupa: *flight hours* (FH), *flight cycle* (FC) dan *Calendar*.

### Perawatan Tidak Terjadwal

Adalah suatu perawatan yang berisi tentang pengecekan, inspeksi, dan perawatan yang tidak terjadwal pada pesawat terbang (diluar jadwal *maintenance board document*) hal tersebut biasanya terjadi karena kerusakan mendadak pada saat operasional. Sistem atau unit yang terdeteksi oleh keadaan atau kejadian yang tidak seharusnya, antara lain : *hard landing*, *overweight landing*, *bird strike*, *lightning strike* maupun *foreign object damage* (FOD).

### Maintenance Steering Group (MSG)

*Maintenance steering group* merupakan salah satu konsep *maintenance program* yang pertama kali digunakan pada pesawat Boeing 747 kala itu, dimana telah merumuskan 3 kategori *maintenance program* yang dikenal dengan istilah MSG-1, MSG-2, dan MSG-3. MSG 1, metode ini terbentuk terbentuk ketika pada zaman dahulu konsep kegiatan *maintenance* hanya berprinsip *fix it when broke*, artinya adalah dilakukannya perawatan ketika terjadi kerusakan, dari kegiatan tersebut muncul istilah *Hard Time* (HT), sedangkan MSG 2 dikenal dengan istilah *procced oriented* karena suatu komponen di analisis dan ditentukan kerusakannya berdasarkan tipe *maintenance* dari basic prosesnya seperti *Hard Time*, *On Condition*, dan *Conditioning Monitoring*, setelah itu perkembangan dalam dunia *maintenance* terus berkembang sehingga terbentuk MSG 3 yang dikenal dengan istilah *task oriented*, dimana bentuk *maintenance* nya langsung berdasarkan tipe perkerjaannya seperti *lubricating*, *servicing*, *replace*, *discard*, *cleaning* dll.

## Konsep Keandalan

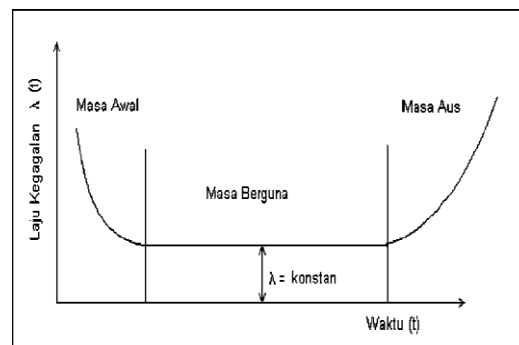
*Reliability* atau keandalan didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu komponen atau sistem untuk dapat melaksanakan fungsinya selama periode waktu ( $t$ ) yang telah ditentukan dan tidak mengalami suatu kegagalan dalam operasionalnya, keandalan merupakan salah satu aspek yang dapat mempengaruhi kelancaran operasional suatu sistem.

### Reliability Centered Maintenance (RCM)

*Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah konsep sistematis yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan setiap fasilitas dapat menjalankan fungsinya dalam operasionalnya tanpa mengalami kegagalan. *Reliability Centered Maintenance (RCM)* berfokus pada *preventive maintenance (PM)* terhadap kegagalan sistem pada suatu part maupun komponen yang sering terjadi.

### Mengukur Keandalan

Untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem atau komponen, variabel yang dipakai umumnya adalah waktu, dimana waktu kritis menandakan suatu sistem sudah dalam keadaan yang tidak handal sehingga berpotensi mengalami kegagalan. Keandalan dari suatu komponen atau sistem dapat di plot dalam suatu kurva dengan variabel random waktu dimana kurva yang sering dipakai untuk menjelaskan perilaku dari komponen atau sistem adalah kurva bak mandi (*bathub curve*). Gambar 1 dibawah ini merupakan kurva bak mandi (*bathub curve*).



**Gambar 1.** kurva bak mandi (*bathub curve*)

Dari gambar di atas masa awal dikenal dengan masa *early life* menunjukkan laju kegagalan akan terus menurun seiring bertambahnya waktu, masa berguna merupakan masa dimana komponen atau sistem memiliki laju kegagalan yang konstan, sedangkan masa aus atau masa *wearout zone* merupakan kondisi laju kegagalan akan terus bertambah seiring bertambahnya waktu operasional.

### Analisis Kuantitatif

Analisis yang dilakukan dengan perhitungan matematis untuk mengetahui nilai keandalan pada suatu sistem yang di hitung dengan komponen waktu operasional (*flight hours*). Secara matematis keandalan di modelkan sebagai model distribusi kegagalan. Model distribusi tersebut antara lain:

- Bernad's Median Rank*: Merupakan analisis data yang digunakan dalam distribusi *weibull* dimana data tersebut perlu terlebih dahulu di ranking dari yang terkecil hingga besar dan digunakan untuk menentukan simpangan kuadrat X dan Y, secara matematis dapat ditulis dalam rumus di bawah ini:

$$\text{BMR} = \frac{\text{Ari} - 0,3}{n + 0,4} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

AR<sub>i</sub> = rank yang telah di sesuaikan ke i

n = jumlah data

- b. Simpangan Kuadrat Y dan X: Simpangan yang digunakan untuk menentukan shape parameter ( $\beta$ ) dalam distribusi *Weibull*, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$X = \ln \text{BMR} \dots\dots\dots (2)$$

$$Y = \ln ( \ln 1/1-\text{BMR} ) \dots\dots\dots (3)$$

- c. Laju kegagalan (failure rate): Merupakan banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dihitung dengan persamaan 2.4 dibawah ini:

$$\lambda (t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

f(t) = Banyaknya kegagalan waktu operasi t

t = Total waktu operasi

$\lambda (t)$  = Laju kegagalan

R (t) = Kehandalan terhadap waktu

- d. Peluang Waktu Kegagalan (*Unreliability*): Merupakan proporsi kondisi operasi (*survivor function*) dari suatu komponen, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F(t) = \text{Weibull.Dist } f(t). \beta. \alpha \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

F(t) = peluang waktu kegagalan

f (t) = Banyaknya kegagalan waktu operasi t

$\beta$  = Shape parameter

$\alpha$  = Scale parameter

- e. Distribusi *Weibull*: merupakan analisis sistem atau komponen yang menghasilkan data kehandalan (*reliability*) seperti *Probability Density Function* (PDF), nilai *reliability*, *failure rate* dan MTFF. Distribusi *Weibull* terbagi atas 2 parameter dan 3 parameter, Pada penelitian kali ini di gunakan distribusi *Weibull* 2 parameter dengan rumus PDF distribusi *Weibull* adalah:

$$f (t) = \frac{\beta}{\alpha} \left[ \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} \right] \exp \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right] \dots\dots\dots (6)$$

- 1). Fungsi kehandalan distribusi *Weibull*:

$$R (t) = \exp \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right] \dots\dots\dots (7)$$

- 2). Laju kegagalan distribusi *Weibull*:

$$\lambda (t) = \frac{\beta}{\alpha} \left[ \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} \right] \dots\dots\dots (8)$$

- 3). Waktu rata-rata kegagalan distribusi *Weibull*:

$$\lambda (t) = \frac{f(t)}{R(t)} \dots\dots\dots (9)$$

## Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif digunakan untuk menganalisis fungsi komponen, jenis kerusakan yang terjadi, efek yang ditimbulkan akibat kerusakan, serta tindakan yang harus diberikan untuk mengantisipasi jenis kerusakan pada komponen yang terdapat dalam suatu sistem. Analisis kualitatif terbagi atas 2 metode, yaitu:

### *Failure Mode Effect and Critically Analysis (FMECA)*

merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan mode kegagalan dari sistem yang berdasarkan indikator kekritisan atau Risk Priority Number (RPN), dimana nilai RPN di dapat dari hasil perkalian nilai SEV, OCC, dan DET Berikut merupakan tampilan *logsheet* FMECA yang dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini:

**Tabel 1. *Logsheets* FMECA**

Component and function	Potential Failure Mode	Potential effect of Failure	S E V	Potential Cause of Failure	O C C	Current Controls	D E T	R P N
------------------------	------------------------	-----------------------------	-------------	----------------------------	-------------	------------------	-------------	-------------

Dalam FMECA terdapat nilai *Severity* (SEV) yang merupakan tingkat keparahan kerusakan, tabel 2 berikut merupakan skala tingkat *severity* pada FMECA.

**Tabel 2. Skala Tingkat *Severity* FMECA**

Efek	Kriteria <i>Severity</i>	Peringkat
Bahaya tanpa tanda-tanda	Kegagalan sangat tinggi, dapat menggagalkan sistem dan membahayakan, tetapi tidak ada tanda-tanda kerusakan sebelumnya.	10
Bahaya dengan tanda-tanda	Kegagalan sangat tinggi, dapat menggagalkan sistem dan membahayakan, dengan adanya tanda-tanda kerusakan sebelumnya.	9
Sangat Tinggi	Kompresor tidak dapat beroperasi (trip) karena ada gangguan besar, hilangnya fungsi utama.	8
Tinggi	Komponen tidak dapat beroperasi.	7
Sedang	Komponen dapat dioperasikan, ada alat yang tidak berfungsi (rusak).	6
Rendah	Komponen dapat beroperasi, namun ada gangguan alat, terjadi penurunan performansi.	5
Sangat Rendah	Kompresor dapat beroperasi dengan normal, namun setingan mengalami perubahan.	4
Kecil ( <i>Minor</i> )	Komponen dapat beroperasi dengan normal, namun ada gangguan kecil, operator menyadari adanya gangguan.	3
Sangat Kecil	Komponen dapat beroperasi dengan normal, efek dari gangguan tidak mengganggu operasi.	2
None	Tidak ada efek sama sekali	1

Selain itu terdapat nilai *Occurance* (OCC) yang merupakan nilai seberapa sering penyebab atau modus kegagalan dapat terjadi pada suatu komponen. Tabel 2 berikut merupakan skala tingkat *occurrence* pada FMECA.

**Tabel 3. Skala Tingkat *Occurrence* FMECA**

Deskripsi	Kriteria <i>Occurance</i>	Peringkat
Sangat Tinggi	Sering Gagal	9-10
Tinggi	Kegagalan Yang Berulang	8-7
Sedang	Jarang Terjadi Kegagalan	4-6
Rendah	Sangat Kecil Terjadi Kegagalan	2-3
Tidak Ada Efek	Hampir Tidak Ada Kegagalan	1

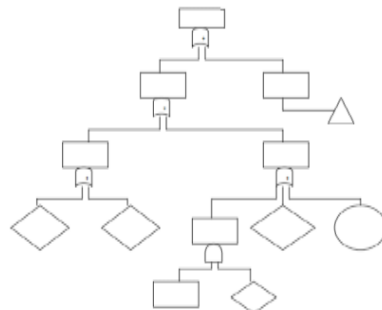
Selain nilai *Severity* dan *Occurance* terdapat juga nilai *Detection* yang merupakan nilai pengukuran terhadap kemampuan mendeteksi atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Tabel 3 berikut merupakan skala tingkat *Detection* pada FMECA.

**Tabel 4. Skala Tingkat *Detection* FMECA**

Efek	Kriteria <i>Detection</i>	Peringkat
Tidak Terdeteksi	Tidak bisa terdeteksi dan menimbulkan kerusakan parah.	10
Sedikit	Deteksi sedikit karena alat sulit mendeteksi gangguan.	9
Sangat Kecil	Deteksi sangat kecil komponen berfungsi secara parsial.	8
Kecil	Deteksi kecil, Komponen mengalami detorasi.	7
Rendah	Deteksi sangat kecil, ada komponen yang tidak berfungsi/rusak, dilakukan penggantian <i>part</i> .	6
Sedang	Deteksi sedang karena ada komponen mengalami gangguan, dilakukan tindakan pengecekan, dan perbaikan.	5
Cukup Tinggi	Deteksi cukup tinggi, komponen mengalami perubahan setingan, dilakukan tindakan pengecekan dan penyetingan komponen.	4
Tinggi	Deteksi tinggi, karena adanya peringatan pada sensor komponen.	3
Sangat Tinggi	Deteksi sangat tinggi, terdeteksi alat kontrol dan pemeliharaan rutin.	2
Pasti	Pasti Terdeteksi	1

### ***Fault Tree Analysis (FTA)***

merupakan metode yang bertujuan untuk mengidentifikasi kegagalan yang berasal dari lingkungan sistem atau komponen (*enviromental course*), dimana *TOP* event kegagalan dapat diketahui. Gambar 3 berikut ini merupakan contoh metode FTA.

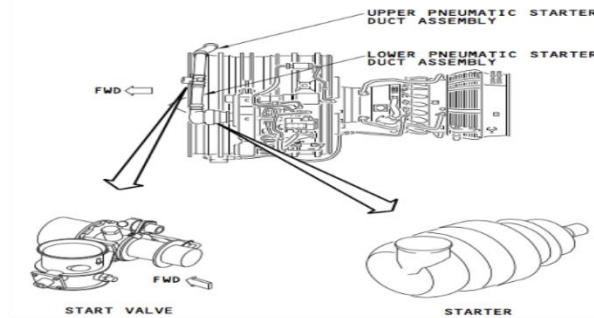


**Gambar 2. Contoh Metode FTA**

### ***Starter Valve PN 3289630-2 Boeing 737 Next Generation***

*Starter valve* (katup *starter*) merupakan komponen yang terdapat pada *starting engine system* yang berfungsi sebagai pemasok atau penyuplai daya *pneumatic* (*bleed air*) ke *engine* ke *air starter* untuk *starting engine*. Prinsip kerja dari komponen *starter valve* menggunakan daya dari *pneumatic* sistem yang telah tersedia, dimana *solenoid* akan memberikan energi atau dorongan ketika *engine starter switch* yang berada di *cockpit* ketika disetting ke arah posisi *ground* (GRD), hal ini memungkinkan tekanan udara meningkat dan mengalir ke *actuator pneumatic*, dikarenakan tekanan yang udara yang tinggi sehingga menyebabkan gaya *actuator pneumatic* lebih tinggi dari pegas torsi (*torsion spring*) dan membuat torsi *spring* bergerak memutar sehingga membuat katup *start* (*starter valve*) terbuka. Sementara itu *display electronic unit* (DEU) menggunakan posisi katup untuk mengirimkan indikasi atau *command ke flight compartment*. Selain itu terdapat cara manual untuk membuka *starter valve*, yaitu dengan membuka *manual override* yang berada di bagian sisi kiri engine menggunakan 3/8 inch

*square drive tool* untuk melihat dan menentukan posisi katup yang dilihat secara langsung. *Starter valve* memiliki tipe atau berbentuk katup kupu-kupu (*butterfly cutoff valve*), sistem ini dioperasikan secara elektrik dan *pneumatic* dengan tipe katup pegas secara tertutup. Komponen utama dari *starter valve* ini terdiri dari rakitan *body* (*body assembly*) dan rakitan aktuator (*actuator assembly*), gambar peralatan *Starter Valve PN 3289630-2 Boeing 737 Next Generation* dapat di lihat pada gambar di bawah ini ;



**Gambar 3. Komponen Starter Valve**

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif menggunakan dua metode yaitu metode *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).

#### *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA)

Metode *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) FMECA di gunakan untuk menganalisis penyebab, potensi dan efek terjadi kegagalan, hasil analisis dengan metode FMECA dapat di lihat pada table di bawah ini :

**Tabel 5. Hasil Analisis FMECA**

<i>Item</i>	<i>Component Function</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect of failure</i>	<i>Potential Causes of Failure</i>
<i>Packing</i>	Pengontrol kebocoran aliran <i>bleed air</i>	Kebocoran <i>Packing</i>	Respon katup untuk terbuka lambat	<i>Air pressure</i> tidak mencapai 10 - 45 PSIG (69 to 310.5 kPa)
<i>Diaphragm</i>	Pengontrol aliran tekanan ( <i>throtting</i> ) dalam <i>chamber</i> serta transmisi ke <i>butterfly plate</i>	Terjadinya retakan hingga sobekan ( <i>tearoff</i> ) pada <i>diaphragm</i>	Katup <i>valve stuck open &amp; close</i>	<i>Diaphragm</i> bocor mengakibatkan <i>low pressure bleed air</i>
<i>Shaft Seal</i>	Penyegel <i>shaft</i> yang berputar ( <i>radial</i> ) supaya pelumas dalam <i>shaft</i> tidak bocor atau kering	Diameter penyambung <i>butterfly assembly</i> aus	Kerusakan <i>shaft &amp; stuck</i>	<i>Sealing ring</i> aus potensi kerusakan material <i>shaft</i>

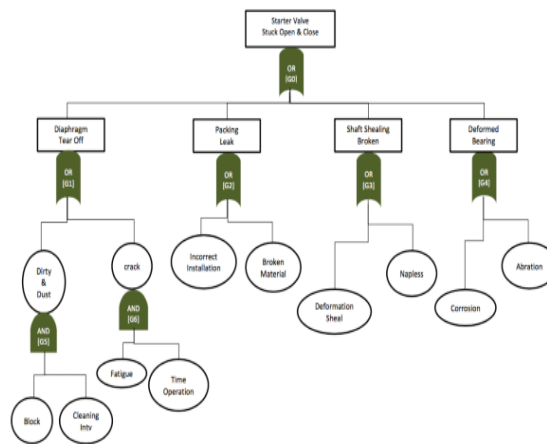
Dari analisis *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) didapatkan hasil bahwa terdapat 3 *failure mode* dominan sebagai penyebab kerusakan komponen *starter starter valve* dengan nilai RPN > 50, selain itu berdasarkan analisis *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) didapatkan hasil berupa komponen kritis hasil dari *brainstorming*, diskusi, dan *justifikasi engineer*, komponen kritis tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 6. Critically Komponen Starter Valve**

<i>Critically Component</i>	<i>Component Function</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect of failure</i>	<i>Potential Causes of Failure</i>
<i>Solenoid</i>	Mengubah energi listrik menjadi energi mekanikal dan mendistribusikan tekanan ke <i>chamber</i> A dan B	Kabel <i>Connector</i> dan <i>pin</i> rusak	Katup lama terbuka ( <i>stuck</i> )	Operasi <i>voltage solenoid</i> tidak mencapai 14 - 30 VDC
<i>Valve Body Assy</i>	Mengalirkan tekanan <i>bleed air</i> ke <i>butterfly assy</i> untuk membuka dan menutup <i>butterfly assy</i>	<i>Plate Sealing Surface</i> menjadi aus & <i>dirty Block</i>	Kotoran <i>duct</i> menumpuk ( <i>block</i> ) & <i>stuck open</i>	Perubahan ukuran <i>duct</i> karena material tersumbat
<i>Switch Assy</i>	Saklar pemutus dan penyambung aliran listrik yang tersambung dengan kabel	Kabel putus, <i>Eroded</i>	Ketidaksesuaian indikator <i>open/close</i> katup ( <i>Pack ill valve</i> ) & respon lambat	Kabel <i>switch</i> rusak/terputus

**Metode Fault Tree Analysis (FTA)**

Metode FTA di gunakan untuk menentukan bahwa *TOP event* penyebab kerusakan yang menyebabkan kegagalan suatu system, berdasarkan diskusi, justifikasi dan *brainstoming engineer*, didapatkan hasil yang ditunjukkan pada gambar berikut ini:



**Gambar 4. Hasil Analisis FTA**

Berdasarkan hasil analisis FTA didapatkan bahwa *TOP event* penyebab kerusakan [G0] disebabkan karena *starter valve stuck open and close*, dimana untuk [G1] dikarenakan *diaphragm tearoff*, [G2] *packing leak*, [G3] *shaft sealing broken*, dan [G4] *deformed bearing*.



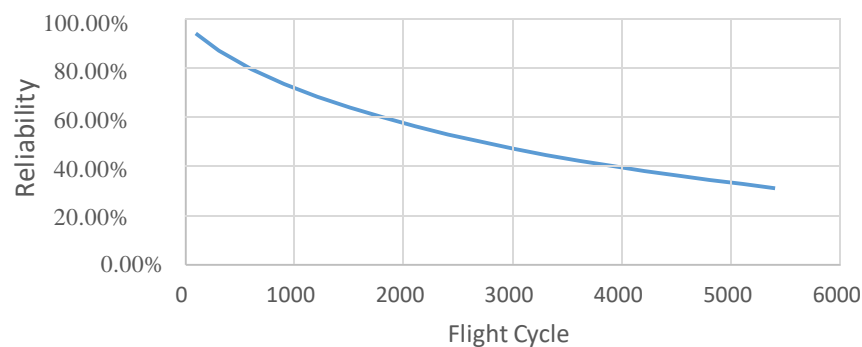
### Hasil Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif dilakukan dengan menggunakan analisis distribusi *weibull 2-Parameter* dengan bantuan pengolahan menggunakan *software Ms. Excel* dimana memerlukan data *historical Cycle Since Install (CSI)*, dan *historical removal Breakdown Part Number (BDP)* sehingga nilai kehandalan, waktu kritis komponen, dan *Mean Time To Failure (MTTF)* dapat diketahui.

### **Perhitungan Kehandalan (*Reliability*)**

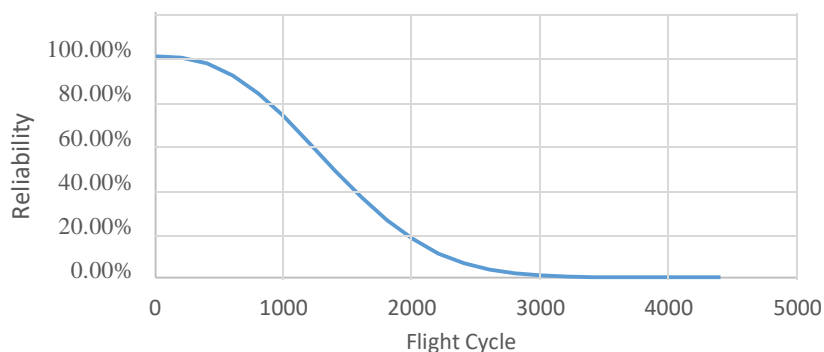
Berdasarkan hasil perhitungan nilai kehandalan dengan metode distribusi *weibull* yang dilakukan pada sistem kerja komponen *Starter Valve PN 3289630-2 Boeing 737 Next Generation* dimana komponen ini terbagi dalam 3 sistem kerja yaitu *mechanical part system*, *electrical system* dan *pneumatic actuator system*. Setelah dikelompokkan sesuai sistem kerja komponen *starter vlave*, kemudian data CSI akan diambil berdasarkan *reason of removal* menyesuaikan dengan kelompok sistem kerja komponen *starter valve*, seperti *reason of removal kategori Stuck, Late Respons*, dan *Leak* termasuk dalam *Mechanical Part*, kategori *Light Ill, Corroded, Electrical Problem* termasuk dalam *Electrical System*, dan kategori *Solenoid Orifice & Dirty dan Low pressure* termasuk dalam *Pneumatic Actuators System*. Hasil data nilai kehandalan (*reliability*) dan batas waktu kritis operasional komponen akan menjadi acuan dalam menentukan pelaksanaan *schedule maintenance* yang efektif untuk mencegah terjadinya kegagalan sistem (*system failure*).

Hasil perhitungan *Reliability* pada *Mechanical Part System* ini dapat di lihat pada Grafik di bawah ini :



**Gambar 5. Hasil Grafik *Reliability Mechanical Part System***

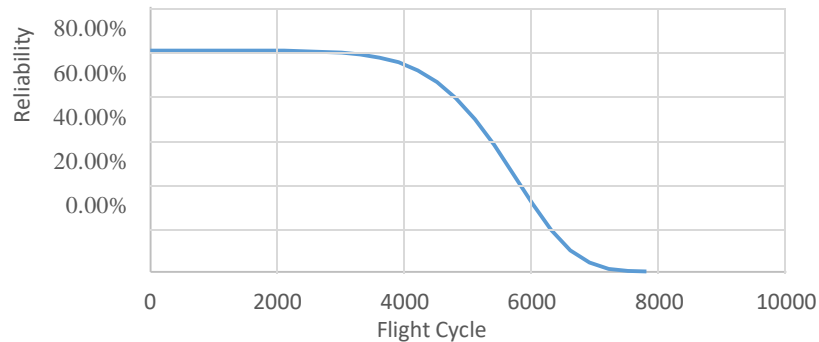
Hasil perhitungan kehandalan (*Reliability*) pada *Electrical System* ini dapat di lihat pada Grafik di bawah ini :



**Gambar 6. Hasil Grafik *Reliability Electrical System***

Hasil perhitungan kehandalan (*Reliability*) pada *Pneumatic Actuator System* ini dapat di lihat pada Grafik di bawah ini :

100.00%



**Gambar 7. Hasil Grafik Reliability Pneumatic Actuator Syste**

Dari perhitungan nilai *reliability* di atas dapat di tentukan batas waktu kritis operasional sistem *starter valve*, dimana sesuai ketentuan bahwa suatu sitem dapat di sebut handal pada angka *reliability* di atas 70% atau 0,7.

**Tabel 8. Penentuan Critical Life Time Operasional sistem starter valve**

Component	SV System	Reason of Removal	Reliability	
			t (hours)	R (t)
Starter Valve	Mechanical Part	Stuck	901	0,7450
		Late Respond		
		Leak		
	Electrical System	Light Ill	1001	0,7272
		Electrical Problem		
		Erroded		
Pneumatic Actuator System	Low Pressure	4801	0,7866	
	Solenoid Orifice			

Dari hasil Perhitungan *reliability* dapat di tentukan *Critical Life Time* Komponen *Starter Valve PN 3289630-2 Boeing 737 Next Generation*, dimana nilai kehandalan (*reliability*) masing - masing sistem kerja memiliki nilai diatas 0,70. Hal itu dikarenakan standar kehandalan (*reliability*) PT GMF AeroAsia mengikuti standar *reliability* umum perusahaan industri. Batas waktu kritis operasional (*critical life time*) komponen masing - masing system kerja adalah sebagai berikut :

*Mechanical Part* = 901 Jam

*Electrical System* = 1001 Jam

*Pneumatic Actuator System* = 4801 Jam

Dari hasil batas batas *critical life time* komponen yang didapat, maka hal tersebut akan menjadi acuan untuk melaksanakan perawatan yang terjadwal (*secheduled maintenance*) sehingga di dapat tidak ada lagi kerusakan mendadak yang mengakibatkan kegagalan sistem *Starter Valve PN 3289630-2 Boeing 737 Next Generation*.

### Perencanaan Preventive maintenance

Perhitungan *reliability* di atas dapat diartikan setelah suatu sistem beroperasi dalam waktu tertentu pada saat nilai *realibility* mencapai minimal 70% atau 0,7, sitem kerja dari suatu peralatan akan mencapai batas waktu kritis yang jika dipaksakan untuk operasional berpeluang mengalami kegagalan (*failure*), oleh karena itu system dan komponen di dalamnya harus direncanakan dan dilakukan perawatan yang efektif (*effective schedule maintenance*), hal tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan secara tiba – tiba pada saat operasional yang akan menimbulkan aktivitas *Unscheduled maintenance*. Setelah diketahui kapan harus di lakukan *scheduled maintenance* maka dibuatlah rencana cara perawatan (desain *maintenance*) yang tepat sesuai

kerusakan, perencanaan perawatan tersebut akan ditampilkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 9. Perencanaan *Maintenance sistem kerja Starter Valve***

SV Systems	Reason of Breakdown			Potential Failure Mode	Maintenance		
	Removal	Part			Inspection/ check	Testing	Repair
Mechanical Part	Stuck	Packing	Kebocoran Packing	Check air venting orifice, distroction, & frozen bearings	Pressure gauge test	Penggantian part packing	Clean aquos
	Late Respond	Diaphragm	Retakan hingga sobekan (tearoff) diaphragm	Check neck, burrs or distortion	Minimum inlet pressure, downstream pressure rate, pening & closing time	Penggantian part diaphragm	Clean aquos
	Leak	Shaft Seal	Butterfly assembly aus	Check wear, defective seal	Air leakage orifice	Penggantian part shaft seal	Clean aqueous, aluminium alloy parts
Electrical System	Light Ill & Electrical Problem	Solenoid	Kabel connector dan pin rusak	Check worn or bent pins, damaged shell	Electric energize solenoid valve assembly	Repair defective solenoid asy	Clean with TT-I-735 isopropyl alcohol
	Erroded	Switch Assy	Kabel putus, eroded	Check switch resistance	Electric control box ON /OFF	Replace switch Assembly	Clean with TT-I-735 isopropyl alcohol
Pneumatic Actuators System	Low Pressure Solenoid Orifice	Valve Body Assy	Plate sealing surface aus & kotor	Check wear or damage butterfly plate sealing surface, upper & lower bearing bore	Switch resistance	Bearing bore with thermospray proces & hard chrome plating	Clean aqueous and steel parts

Dari hasil perencanaan maintenace di atas maka diharapkan tidak terjadi kerusakan secara tiba-tiba (Unscheduled maintenance) yang mengganggu operasional pesawat, dimana perawatan yang dilaksanakan adalah *Predictive Maintenance* salah satu dari model perawatan *Preventative Maintenance*. *Predictive Maintenance* mengantisipasi terjadinya kerusakan total yang menyebabkan system mengalami kegagalan (*failrure*). *Predictive Maintenance* akan memprediksi atau memperkirakan waktu terjadinya kerusakan yang menyebabkan kegagalan system untuk beroperasi atau pada komponen tertentu pada *system* kerja suatu perlatan atau mesin, hal ini dilakukan dengan cara melakukan analisa *trend* perilaku mesin atau peralatan kerja, pada penelitian kali ini dilakukan dengan perhitungan *critical life time* komponen menggunakan analisa statistika teknik distribusi *weibul*.

## Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian, pengolahan data, dan penyusunan skripsi berdasarkan rumusan masalah, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Mode Kegagalan (*failure mode*) komponen *starter valve* PN 3289630-2 pesawat Boeing 737 *Next Generation* terdapat 4 mode kegagalan, mode kegagalan tersebut antara lain *Stuck Open & Close*, *Light Illuminate*, *Late Respons* dan *Leak*. Kegagalan tersebut dikarenakan *Diaphragm tearoff*, *Packing leak*, *Shaft shealing broken*, dan *Deformed bearing* dimana *top event part consume* ialah *part packing* dengan nilai RPN sebesar 180, diikuti *part diaphragm* dengan nilai RPN sebesar 126 dan *part shaft seal* dengan nilai RPN sebesar 84.
2. *Life time critical* kelompok kategori sistem kerja *mechanical part system* setelah waktu operasional mencapai 901 Jam dengan nilai *reliability* 74.50%, nilai MTTF sebesar 5430.2 FC, sedangkan untuk *electrical system* waktu operasional mencapai 1001 Jam dengan *reliability* 72,72%, dan nilai MTTF sebesar 1412.8 FC, untuk *pneumatic actuators system* setelah waktu operasional mencapai 4801 Jam dengan *reliability* 78,66%, dan nilai MTTF sebesar 5490.8 FC. Dari hasil batas waktu operasional yang telah ditentukan maka akan direncanakan dan dilaksanakan *scheduled maintenance* yang efektif untuk mencegah terjadinya kegagalan.

## Daftar Pustaka

- Aircraft Maintenance Manual (AMM)*. Rev 15 Oktober 2019. ATA 80 *Engine Starting*. Chicago Amerika. Boeing 737-600/700/800/900.
- Ebeling, Charles E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The Mc. Graw Hill Companies.
- Angelina S. 2016. *Lifetime Prediction Dari Honeywell Brake Akibat Pembebanan Pada Pesawat Boeing 737 Next Generation* di PT GMF AeroAsia. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November. Ebeling C. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. US Amerika. The McGraw-Hill Companies.
- Jhon M. 1997. *Reliability Centered Maintenance*. New York. Industrial Press Inc. Kinnison H dan Sidiq T. 2013. *Aviation Maintenance Management Second Edition*. US Amerika. The McGraw-Hill Companies.
- Nowlan dan Heap. 1978. *Reliability Centered Maintenance*. San Francisco California. US Department of Commerce.
- Radiana D, Sukmono Y dan Dianati L. 2018. Analisis *Reliability* Pada Mesin *Fan Mill* Unit 1 Di PT Cahaya Fajar KALTIM. Samarinda. *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*.
- Saviro E. 2019. Analisis Efektifitas Penerapan *Reliability Control Manual* Pada Helikopter EC155B1 Eurocopter. Yogyakarta. Sekolah Tinggi Adi Sucipto.
- Smith A. 1992. *Reliability Centered Maintenance*. US Amerika. The McGraw-Hill Companies.
- Waroy M, Budiarto U dan Kiryanto. 2016. Analisa Perawatan Berbasis Keandalan Pada *Fuel Oil System* KM. Bukit Siguntang Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Wirardi A. 2019. Studi Kasus Penentuan Interval Waktu Optimum Perbaikan Komponen *Precooler* Pesawat Bombardier CRJ 1000 Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* Di PT GMF AeroAsia. Bandung. Universitas Nurtanio (UNNUR)