



## Perencanaan Preventive Maintenance Ram Air Actuator pada Pesawat Boeing 737 Next Generation Menggunakan Metode Reliability Di PT. GMF Aeroasia

Ferry Setiawan<sup>1</sup>, Edi Sofyan<sup>2</sup>, Mirhan Hadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>S1 Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta  
<sup>1</sup>ferry.setiawan@sttkd.ac.id, <sup>2</sup>edisofyan1967@gmail.com, <sup>3</sup>mirhanwk@gmail.com

### Abstract

The purpose of this study is to plan effective preventive maintenance activities so as to ensure the reliability of the system, so that it can operate without experiencing component damage components that cause system failure. The working system of the part number 541674-4 Ram Air Actuator of The Boeing 737 NG aircraft is often damaged, resulting in failure of the operational system, the cause of operational system failure is damage to the Wear and Bearing Damage component, Housing assembly, Bearing Damage problem, Wear Damage, Electrical Problem Stuck. These problems encourage research to overcome the damage and failure on the Ram Air Actuator system of the Boeing 737 NG.

The study was carried out using qualitative analysis and quantitative analysis, qualitative analysis was carried out using the FMEA (failure mode effect analysis) method to identify and identify the cause of failure in the Ram Air Actuator system, quantitative analysis was carried out by calculating reliability using the Weibull distribution so that the life time limit was known. Critical part or Ram Air Actuator component. Based on the results of the reliability analysis, the operational time limit value is obtained, where the system will experience a critical period when it reaches operational time, namely Mechanical system = 1680 hours with a reliability value of 72%, Electrical system = 3401 hours with a reliability value of 72%, Pneumatic system = 3201 hours with a value of reliability 70%. After knowing the critical life time limit, preventive maintenance plans will be carried out on the parts and components that cause failure so that the Ram Air Actuator system failure of the Boeing 737 NG aircraft will not occur.

**Keywords:** Reliability, FMEA, Preventive Maintenance, Failure, Weibull Distribution

### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk merencanakan aktifitas *preventive maintenance* yang efektif sehingga dapat menjamin kehandalan sistem, agar dapat beroperasi tanpa mengalami kerusakan komponen yang menyebabkan kegagalan sistem. Sistem kerja *Ram Air Actuator Part Number 541674-4* pesawat Boeing 737 NG sering mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan kegagalan pada operasional sistem, penyebab kegagalan sistem operasional adalah Kerusakan pada komponen *wear and bearing damage, housing assembly, problem bearing damage, wear damage, electrical problem stuck*. Permasalahan tersebut mendorong dilakukannya penelitian untuk menanggulangi kerusakan dan kegagalan pada sistem *Ram Air Actuator* pesawat boeing 737 NG.

Penelitian dilaksanakan dengan analisis kualitatif dan analisis kuantitatif, analisis kualitatif yang dilaksanakan dengan menggunakan metode FMEA (*failure mode effect analysis*) untuk mengetahui dan mengidentifikasi penyebab kegagalan pada sistem *Ram Air Actuator*, analisis kuantitatif dilaksanakan dengan perhitungan *reliability* menggunakan distribusi *weibull* sehingga di ketahui batas *critical life time* part atau komponen *Ram Air Actuator*. Berdasarkan hasil analisis *reliability* didapatkan nilai batas waktu operasional, dimana sistem akan mengalami masa kritis ketika mencapai waktu operasional yaitu *Mechanical system* = 1680 jam dengan nilai *reliability* 72%, *Electrical system* = 3401 jam dengan nilai *reliability* 72%, *Pneumatik system* = 3201 jam dengan nilai *reliability* 70%. Setelah mengetahui batas masa kritis komponen (*critical life time*), maka akan dilakukan perencanaan *preventive maintenance* terhadap part dan komponen penyebab kegagalan sehingga tidak terjadi lagi kegagalan sistem *Ram Air Actuator* pesawat boeing 737 NG.

**Kata kunci:** kehandalan, FMEA, *Preventive maintenance*, Kegagalan, Ditribusi *Weibull*

### 1. Pendahuluan

Pesawat selama ini dinyatakan sebagai transportasi yang paling aman dikarenakan dalam melakukan

perawatan sangat intensif sehingga dapat menjamin keselamatan penumpang pesawat. *Preventive maintenance* adalah sebuah filosofi pemeliharaan mesin, peralatan atau asset secara rutin dan terencana, untuk

mencegah kegagalan sistem dari adanya kerusakan secara mendadak dan tidak direncanakan, kegiatan ini bertujuan menjamin pesawat selalu dalam keadaan agar tetap laik terbang (*airworthy*). Nilai kehandalan (*reliability*) dari sebuah sistem atau komponen akan semakin menurun berkorelasi terhadap waktu operasional, hal ini akan menyebabkan laju kerusakannya akan semakin meningkat. Sistem kerja *Ram Air Actuator* pesawat Boeing 737 NG sering mengalami kerusakan dan kegagalan sistem dengan penyebab kegagalan sistem operasional adalah Kerusakan *Wear and Bearing Damage, Housing assembly, problem Bearing Damge, Wear Damage, Electrical Problem Stuck*, kerusakan pada beberapa part komponen yang sering terjadi sedikit banyak memberi bukti bahwa aktifitas perawatan yang sudah di laksanakan belum efektif. Permasalahan-permasalahan yang sering terjadi pada *Ram Air Actuator* pesawat Boeing 737 NG menjadi pendorong dilakukannya penelitian untuk menanggulangi kerusakan dan kegagalan pada sistem tersebut. Analisis kualitatif dilakukan dengan menggunakan metode FMEA (*failure mode effect analysis*) untuk mengetahui dan mengidentifikasi penyebab kegagalan pada sistem *Ram Air Actuator* pesawat boeing 737 NG. Sedangkan analisis kuantitatif dilaksanakan dengan perhitungan *reliability* menggunakan distribusi Weibull, yang bertujuan untuk mengetahui batas *life time critical part* atau komponen *Ram Air Actuator* pesawat boeing 737 NG, selanjutnya dapat ditentukan jadwal dan pelaksanaan *preventive maintenance* yang tepat disertai *design aktifitas maintenance* yang efektif untuk menghilangkan penyebab-penyebab kegagalan system.

### 1.1 Scheduled maintenance

Merupakan suatu jenis *preventive maintenance* dengan aktifitas perawatan (*maintenance*) yang sudah direncanakan dan tercantum dalam dokumen perawatan dan terdaftar pada 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*.

### 1.2 Unscheduled maintenance

Merupakan suatu jenis perawatan yang berisi tentang reparasi, pengecekan, inspeksi, dan *maintenance* yang tidak terjadwal (diluar jadwal *maintenance board document*), biasanya hal tersebut terjadi karena kerusakan secara tiba-tiba atau mendadak pada saat atau sedang 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)*.

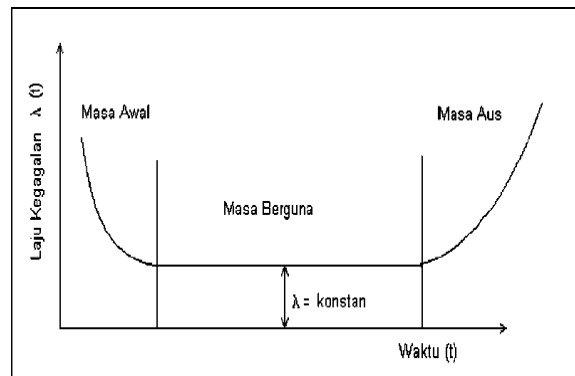
### 1.3 Konsep Reliability

*Reliability* atau keandalan adalah kemungkinan suatu komponen atau sistem untuk dapat beroperasi

sesuai dengan fungsinya. Fungsi yang dimaksud adalah pengoperasian tertentu dan dalam sistem dan lingkungan tertentu dan untuk periode waktu yang telah ditentukan [1]–[3]. Dalam hal ini, yang dimaksud keandalan adalah kemungkinan suatu komponen melaksanakan fungsinya selama periode waktu (*t*) atau lebih, dengan tanpa mengalami kegagalan fungsi. Oleh karena itu, evaluasi keandalan dapat memperkirakan peluang sebuah sistem atau komponen untuk dapat melaksanakan fungsinya sesuai dengan jangka waktu yang telah ditetapkan. Meskipun setelah melewati jangka waktu yang ditetapkan, sistem atau komponen masih dapat beroperasi tetapi tidak dapat memenuhi fungsinya secara maksimal karena berponsi mengalami kegagalan.

### 1.4 Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

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 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.

### 1.5 Uji Keandalan

Uji Keandalan dapat didefinisikan sebagai *probabilitas* bahwa sebuah sistem akan menampilkan atau melaksanakan tugas yang telah ditetapkan dengan memuaskan untuk periode waktu yang ditentukan, dan digunakan berdasarkan kondisi tertentu [1], [3]. Tingkat keandalan sebuah sistem mempunyai arti bahwa *probabilitas* sebuah sistem untuk dapat menjalankan fungsinya, artinya karena nilai keandalan ini dalam

bentuk probabilitas maka nilainya berkisar antara 0 hingga 1 [1].

1.6 Fungsi Reliability

Fungsi *reliability* merupakan fungsi matematik yang mengukur hubungan *reliability* dengan waktu. Nilai fungsi *reliability* adalah nilai probabilitas, sehingga nilai fungsi *reliability* (R) bernilai  $0 \leq R \leq 1$ , [4]. Fungsi *reliability* dinotasikan sebagai R (t) dari sistem jika dipakai selama t satuan waktu. Probabilitas sistem dapat berfungsi dengan baik selama pemakaian [0,t]. Parameter yang akan diukur di dalam pengolahan data yaitu laju kegagalan komponen. Parameter tersebut merupakan variabel random yang dapat didefinisikan secara kontinyu. Konsep waktu dalam *reliability* adalah TTF (*time to failure*). TTF sebagai waktu yang dilalui komponen saat mulai beroperasi sampai mengalami kegagalan.

1.7 Analisis Kuantitatif

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

a. *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 ;

$$BMR = \frac{Ari - 0,3}{n + 0,4} \tag{1}$$

Keterangan:

Ari = rank yang telah di sesuaikan ke i  
n = jumlah data

b. Simpangan Kuadrat Y dan X

Merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan shape parameter ( $\beta$ ) dalam distribusi *weibull*, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$X = \ln BMR \tag{2}$$

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

c. Laju kegagalan (failure rate)

Merupakan banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

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

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:

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

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:

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

1). Fungsi kehandalan distribusi *weibull*:

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

2). Laju kegagalan distribusi *weibull*:

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

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

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

1.8 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:

1. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan teknik analisis kegagalan yang dilakukan untuk mengidentifikasi kegagalan suatu komponen atau sistem dalam menjalankan fungsinya. Failure mode digunakan untuk menentukan penyebab permasalahannya, dan failure effect menjelaskan dampak dari penyebab kegagalan tersebut. Proses FMEA sangat penting dilakukan karena digunakan pula sebagai dasar dalam perbaikan performa suatu komponen atau system. Dalam FMECA terdapat nilai Severity (SEV) yang merupakan tingkat keparahan kerusakan. Dimana log sheet dapat di lihat pada tabel 1. Di bawah ini;

Tabel 1. Logsheet FMCEA

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

## 2. Risk Priority Number (RPN)

Kolom Risk Priority Number (RPN) adalah indikator kekeritisan untuk menentukan tindakan korektif atau tindakan pengurangan kegagalan sistem yang terjadi sesuai dengan mode kegagalan. Risk Priority Number (RPN) merupakan bagian dari metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) yang di dapat dari hasil perkalian antara beberapa komponen dalam penentuan faktor resiko. Nilai Risk Priority Number (RPN) didapatkan dari hasil perkalian perkalian antara severity, occurrence, dan detection, sehingga dapat dituliskan rumusnya sebagai berikut:

$$RPN = SEV \times OCC \times DET \quad (10)$$

Hasil perkalian untuk nilai Risk Priority Number (RPN) menunjukkan tingkat keseriusan dari potential failure, semakin tinggi nilai resiko RPN maka menunjukkan semakin bermasalah atau tinggi tingkat kekeritisan suatu sistem atau tersebut, begitu sebaliknya semakin rendah nilai resiko RPN maka akan semakin rendah pula tingkat kekeritisan sistem.

### 1.9 Reliability Centered Maintenance

Konsep dasar dari metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini adalah mempertahankan fungsi dari salah satu sistem, sehingga segala upaya perawatan yang dilakukan adalah untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi sesuai dengan yang diharapkan dan mempunyai kehandalan yang tinggi ketika di operasionalkan. Metode RCM digunakan untuk menganalisa fungsi komponen, jenis kerusakan yang terjadi, efek yang timbul akibat kerusakan, menentukan batas waktu operasional (*critical life time*) komponen serta tindakan *maintenance* yang harus diberikan untuk mengantisipasi jenis kerusakan pada komponen kritis pada suatu sistem.

### 1.10 Ram Air Actuator Part Number 541674-4

*Ram Air Actuator* PN 541674-4 pesawat Boeing 737 NG merupakan komponen pada pesawat terbang yang merupakan bagian dari *air conditioning system*, dimana *air conditioning system* berfungsi untuk mengontrol jumlah udara yang masuk dari *pneumatic system*, menyalurkan udara ke *pack*, dan mengontrol temperatur yang keluar dan kelembapan *pack*. *Ram Air Actuator* sendiri adalah komponen pada pesawat yang digunakan sebagai sumber listrik kecil ketika pesawat sedang On Ground. Fungsi dari Ram Air Actuator adalah untuk mengontrol pergerakan *ram air inlet deflector door* dan *ram air modulation panel*, dimana *ram air deflector door* berfungsi untuk mencegah terjadinya pembekuan (ice) dan benda-benda kotor lainnya yang tidak

diinginkan dalam system, sedangkan untuk *ram air modulation panel* berfungsi untuk mengontrol jumlah udara agar dapat menggerakkan flap. peralatan *Ram Air Actuator* PN 541674-4 pesawat Boeing 737 NG dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini ;



Gambar 2. Komponen Ram Air Actuator

### 1.11 Penelitian yang Relevan

Munawir, H. [5], Ulfa, R.M., & Djunaidi, M, 2020, "Analisa Risiko Kegagalan Terhadap Downtime pada Line Crank Case Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis" Penelitian ini menganalisis *line crank case* yang sering bermasalah dalam mesin diesel kemudian menganalisis menggunakan metode *Metode Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) sehingga dapat disimpulkan faktor penyebab dari *link crank case* yang sering bermasalah dan menentukan solusi dengan menentukan rekomendasi untuk mengatasi masalah tersebut.

Nasution [6], Razali JH, 2019 "Analisa Kegagalan Cylinder Head Mesin Diesel Komatsu Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di megapower PLTD Bengkalis" Pada penelitian ini menganalisis kegagalan *cylinder head* mesin diesel Komatsu dengan menggunakan metode *Metode Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dan diperoleh hasil berupa penyebab dari kegagalan serta solusi untuk perbaikan komponen-komponennya.

Djunaidi [7], Ryantaffy, 2018 "Analisis Nonconforming Part pada Wing Structure Pesawat Cn-235 dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis)" Dengan menggunakan pendekatan *failure mode effect analysis* (FMEA), akan di analisis penyebab kasus terjadinya rib yang tidak sesuai menjadi bentuk modus kegagalan, hal ini yang akan menjadi prioritas perbaikan. Alternatif solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan inspeksi yang lebih ketat terhadap komponen khusus, serta melakukan analisis untuk faktor-faktor yang lain.

Nugraha [4] 2016 "Evaluasi Reliability Engine Fuel and Control Pada Pesawat Boeing 737-800 Garuda Indonesia di PT.GMF Aeroasia Cengkareng" Permasalahan yang terjadi pada komponen pada *brake* yaitu *piston* dan *bushing* serta rotor memiliki *risk priority number* (RPN) paling tinggi sehingga diperlukan pengecekan dan perencanaan *preventive*

*maintenance, brake component* PN 2612312-1 mempunyai batas waktu kritis (*critical life time*) setelah beroperasi selama 5919,86 jam.

## 2. Metode Penelitian

Untuk menyelesaikan masalah yang sudah dituliskan pada rumusan masalah maka pada penelitian ini menggunakan riset *exploratory* yang bertujuan untuk menyederhanakan masalah agar lebih mudah dipecahkan, aktivitas penelitian dilakukan sebagai berikut;

### 1. Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif dan analisis kualitatif, dimana analisis kualitatif menggunakan *metode failure mode effect and analysis* (FMEA), tujuan menggunakan metode ini yaitu untuk mencari efek dari kegagalan dari komponen *Ram Air Actuator* PN 541674-4 pesawat Boeing 737 NG, selanjutnya dengan diagram pareto di tentukan permasalahan utama penyebab kegagalan. Analisis kuantitatif menggunakan perhitungan *reliability* dengan distribusi *Weibull*. Adapun data yang dicari adalah batas operasional kritis (*critical life time*) komponen *Ram Air Actuator*, sehingga diharapkan dapat menentukan jadwal perawatan yang efektif (*effective scedhule maintenance*) dan merencanakan aktivitas preventive maintenance untuk menghilangkan penyebab – penyebab kerusakan yang menyebabkan kegagalan sistem (*system failure*).

### 2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat yang dijadikan objek penelitian adalah PT GMF AeroAsia Tbk. yang terletak di area perkantoran Bandar udara Soekarno-Hatta, Kelurahan Pajang, Kecamatan Benda, Kota Tangerang, Provinsi Banten. Waktu pengambilan data pada penelitian adalah periode 23 Maret 2020 sampai dengan tanggal 4 Mei 2020.

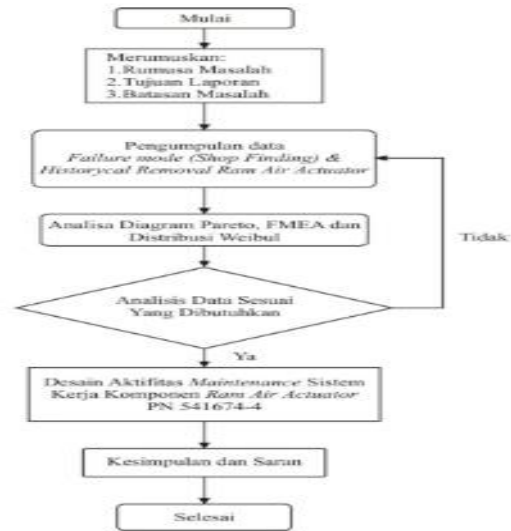
### 3. Analisis Data

Adapun analisis data pada penelitian ini penulis melakukan dengan metode kualitatif disajikan dalam sebuah tabel *Filure Mode and Effect Analisis* (FMEA) dan di lakukan analisis *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan permasalahan utama dari penyebab kegagalan. Sedangkan pengolahan data hasil metode kuantitatif yaitu dilakukan dengan evaluasi *reliability* menggunakan distribusi *Weibull* untuk menghitung batas waktu kritis operasional komponen (*critical life time component*).

### 4. Kerangka Alur Penelitian

Penelitian di mulai dengan identifikasi masalah untuk menentukan rumusan, tujuan dan batasan masalah. Selanjutnya di lakukan pengumpulan data baik data kualitatif maupun data kuantitatif untuk di

analisis. Hasil analisis berupa sebuah konsep tentang aktivitas perawatan yang efektif dan memberikan solusi terhadap masalah-masalah yang teridentifikasi. Diagram kerangka alur penelitian dapat di lihat pada gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Alur Penelitian

## 3. Hasil dan Pembahasan

Analisis penelitian Perencanaan *Preventive Maintenance Ram Air Actuator* Pada Pesawat Boeing 737 Next Generation Menggunakan Metode *Reliability* menggunakan metode analisis kualitatif dan metode analisis kuantitatif.

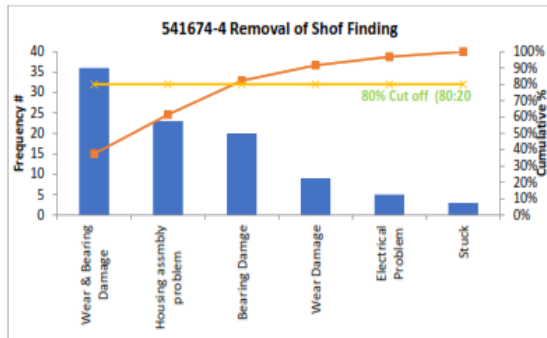
### 3.1 Pengumpulan Data

Hasil dari proses pengumpulan data penelitian tugas akhir ini dilakukan menggunakan dua proses pengolahan data yaitu analisis kualitatif dan kuantitatif. Dalam analisis kualitatif data yang diperlukan berupa data kerusakan dari Januari tahun 2017 sampai dengan Maret tahun 2020 (*removal data monthly*) komponen *Ram Air Actuator*, *Shop Finding ram air actuator*, dan *Breakdown Part Number* (BDP) *Ram Air Actuator* PN 541674-4, Sehingga RPN komponen *Ram Air Actuator* dapat diketahui menggunakan metode FMEA. Analisis kuantitatif memerlukan data *historical removal Time Since Install* (TSI) *Ram Air Actuator* dari tahun 2017 sampai 2020. Berikut merupakan data *maintenance record removal of shop finding* komponen *Ram Air Actuator* dari tahun 2017-2020 yang ditunjukkan pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. *Maintenance Record Removal of Shop Finding*

<i>Removal of Shop finding</i>	<i>Maintenance Record</i>
<i>Wear &amp; Bearing Damage</i>	36
<i>Housing assmby problem</i>	23
<i>Bearing Damage</i>	20
<i>Wear Damage</i>	9
<i>Electrical Problem</i>	5
<i>Stuck</i>	3

Dari data *removal of shop finding* pada tabel 2 terdapat top 3 (three) *failure* yang paling dominan yang terjadi pada komponen *Ram Air Actuator*. *failure* tersebut antara lain kategori *Wear & Bearing damage* diposisi top event dengan jumlah kejadian sebanyak 36 kasus, diposisi kedua terdapat kategori *Housing Assembly Problem* dengan jumlah kejadian sebanyak 23 kasus, sedangkan diposisi ketiga terdapat kategori *Bearing Damage* dengan jumlah kasus sebanyak 20 kasus. Berikut ini merupakan data *Removal of Shop Finding* yang dibuat dalam bentuk *pareto chart* bisa dilihat pada gambar 4. Di bawah ini:



Gambar 4. Data Pareto Chart Removal of Shop Finding

Berdasarkan *removal of shop finding pareto chart* didapatkan hasil bahwa kategori *Wear & Bearing Damage* yang paling berpengaruh atau dominan dengan presentase mencapai batas cut off 80%, sedangkan terdapat dua kategori yang berpengaruh untuk meningkatnya presentasi kumulatif antara 80-90% yakni kategori *Housing Assembly Problem & Bearing Damage*. Selain membutuhkan data *maintenance record removal of shop finding* pengumpulan data *breakdown part number* juga dibutuhkan untuk mengetahui *part* atau bagian apa saja yang mengalami kegagalan sesuai kategori *removal of shop finding* yang telah diketahui, tabel 3 dibawah ini merupakan *table breakdown part number* yang ada pada komponen *Ram Air Actuator*.

Tabel 3. Breakdown Part Number Ram Air Actuator

Part Komponen	Maintenance Record
Bearing	182
Arm switch	69
Housing	58
Gear	58
Stop	20
Jackscrew assy	16
Nut tube	13
Bushing	8
Motor	7
Capacitor	4
Connector	3
Key	2
Jacknut	1
Nut	1
Pin	1
Screw	1
Washer	1

Berdasarkan tabel 3. *breakdown part number* komponen *Ram Air Actuator* dapat diketahui bahwa terdapat *top 4 item part* yang paling sering terjadi kegagalan, *part* tersebut antara lain: *Bearing* dengan 182 kasus kejadian, selain itu terdapat *part Arm Switch* dengan 69 kasus, *part Housing & Gear* memiliki kasus yang sama yaitu 58 kejadian.

### 3.2 Pengolahan Data

Data yang di telah kumpulkan tersebut merupakan data Riwayat pemeliharaan yang berdasarkan *reason of removal* dan *major finding* yang kemudian diklasifikasikan berupa kerusakan yang disebabkan oleh sistem atau kerusakan yang terjadi karena perilaku ataupun penanganan saat pelepasan dan pengiriman komponen ke vendor. Dalam proses pengolahan data terdapat dua proses pengolahan, proses pengolahan tersebut antara lain: proses pengolahan data secara kualitatif dan kuantitatif.

### 3.3 Pengolahan Data Kualitatif

Dalam pengolahan data secara kualitatif menggunakan metode FMEA dilanjutkan dengan perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*. Pengolahan data FMEA ini digunakan untuk mengetahui *part* atau bagian komponen mana yang mengalami kegagalan, mengetahui sebab-sebab terjadinya kegagalan, mengetahui pengaruh apa yang ditimbulkan dari kegagalan, dan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *Risk Priority Number (RPN)* untuk item yang sering mengalami kegagalan.

*Failure mode, failure cause dan failure effect* didapatkan dari data *Removal of shop finding*, dan *Breakdown Part Number (BDP)*. Proses pengkajian FMEA dilakukan dengan cara merinci kegagalan-kegagalan yang pernah terjadi pada komponen *Ram Air Actuator*, kemudian berdasarkan kegagalan tersebut dilakukan ranking sesuai dengan yang telah dialami komponen. Daftar kegagalan komponen berasal dari *shop report Original Equipment Manufacture (OEM)*. Tabel 4 berikut ini merupakan tabel hasil analisis FMEA:

Tabel 4. Data FMEA berdasarkan BDP Ram Air Actuator

Item	Component Function	Potential Failure Mode	Potential Effect of failure	Potential Causes of Failure
Housing	sebagai rumah atau cover gear dan wear/groove	crack, korosi, abrasi	actuator drive tidak dapat bergerak kedepan untuk membuka flap	housing mengalami crack
Bearing	sebagai bantalan untuk mengurangi gesekan atau putaran	Abrasi, kasar, keausan, korosi dan pemasangan bearing yang salah	Katup tidak terbuka sempurna & respon lambat	ram air actuator tidak beroperasi secara normal & potensi mengalami gangguan kerusakan pada part lain
Arm switch	Saklar pemutus dan penyambung aliran listrik yang	kabel putus, eroded	ram air actuator tidak dapat berfungsi	kabel putus atau switch rusak

Item	Component Function	Potential Failure Mode	Potential Effect of failure	Potential Causes of Failure
	tersambung dengan kabel			
Jack Screw Assy	sebagai penggerak linier actuator	Fatigue, korosi, damage	actuator tidak bisa bergerak kedepan	jackscrow mengalami kerusakan
Motor	untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak (penggerak)	kerusakan mekanis, arus lebih, resistence rendah	ram air actuator tidak dapat beroperasi	motor rusak
Gear	sebagai penggerak gearshaft dn jackscrew	abrasi, korosi, keausan	ram air actuator tidak akan beroperasi dalam keadaan beban rated load	gear tidak dapat beroperasi secara normal
Stop	untuk mengurangi dimensi kedalaman fitting	crack, korosi, abrasi	actuator tidak bergerak sempurna	stop mengalami kerusakan

Berdasarkan analisis FMEA yang dilakukan didapatkan hasil bahwa terdapat top 3 *failure mode* yang terjadi pada komponen Ram Air Actuator. Kemudian untuk hasil nilai RPN diperoleh tiga *failure mode* dari komponen *Ram Air Actuator* yang memiliki tingkat resiko tinggi atau nilai RPN > 200 yaitu *part housing* yang mengalami *crack* dibagian *wall wear* menyebabkan *Ram Air Actuator* tidak bisa *movable rod end* dengan nilai RPN sebesar 224. Hasil RPN < 200 dengan kategori kerusakan *part bearing* yang mengalami *rough* (kasar) dengan nilai RPN sebesar 180, *part switch* yang mengalami kerusakan dengan nilai RPN sebesar 168. Hasil RPN < 160 dengan kategori kerusakan *part jackscrew, motor, gear, stop*.

### 3.4 Pengolahan Data Kuantitatif

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

Perhitungan kehandalan dikelompokkan berdasarkan system kerja pada komponen *Ram Air Actuator*, kelompok sistem operasional *Ram Air Actuator* dapat di lihat pada tabel 5 Berikut ini

Tabel 5. Kelompok Sistem Kerja Ram Air Actuator

Mechanical	Electrical	Actuator
Bearing	Capacitor	Gear
Nut tube	Conector	Motor
Bushing	Arm Switch	jackscrow
Key		Housing
Nut		
Screw		
Jacknut		
Pin		
Washer		

Setelah dikelompokkan sesuai system kerja komponen Ram Air Actuator, kemudian data TSI akan diambil berdasarkan *removal of shop finding* menyesuaikan dengan kelompok sistem, kerja komponen *Ram Air Actuator*.

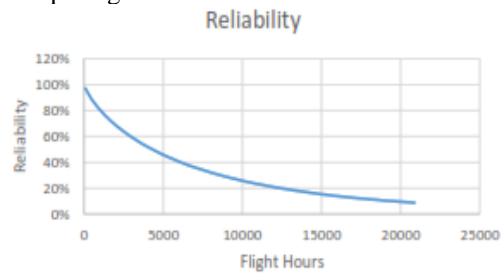
### 1. Pengolahan Data Mechanical System

Analisis *weibull* pada kategori *Mechanical System* menggunakan analisis *weibull* dengan 2 parameters yaitu parameter bentuk ( $\beta$ ) dan parameter skala ( $\alpha$ ). Hasil perhitungan parameter dapat di lihat pada tabel 6 dibawah ini;

Tabel 6. Hasil Perhitungan parameter Mechanical System

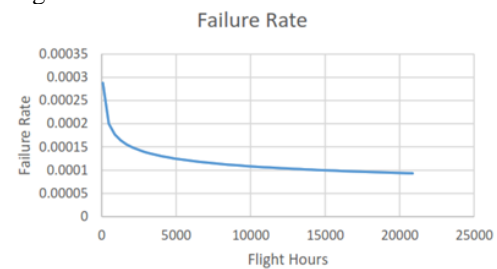
Parameter	Rank Regression on Y	Rank Regression on X
Beta ( $\beta$ )	0,1735	3,614
Intercept (C)	-1,991	7,550
Eta	95734,01	4644,59
MTTF (FH)	44202089,96	4186,21

Berdasarkan hasil tersebut nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) yang didapatkan dari perhitungan slope nilai X & Y plot, selanjutnya nilai intercept didapatkan dari regresi linier yang memotong sumbu Y yang kemudian nilai parameter bentuk dan intercept dihitung dengan cara pembagian exponent hingga didapatkan nilai eta. Nilai eta tersebut yang digunakan untuk menghitung nilai *Mean Time to Failure (MTTF)* sehingga di dapatkan nilai *Rank Regression on Y (RRY)* sebesar 44202089,96 FH dan nilai *Rank Regression on X (RRX)* sebesar 4186,21 FH. Dari nilai di atas dapat di hitung *reliability* komponen *Mechanical System* yang dapat dilihat pada gambar berikut.



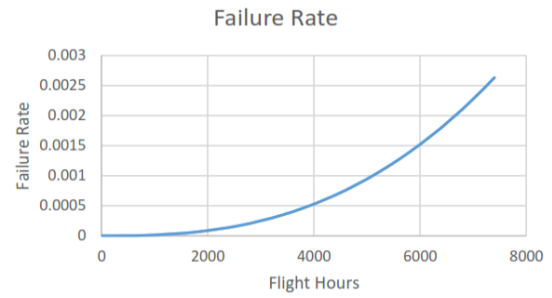
Gambar 5. Grafik hasil perhitungan *Realiability Mechanical System*

Hasil perhitungan laju kegagalan untuk *Mechanical System* di dapat hasil perhitungan yang bisa di lihat pada gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Grafik hasil perhitungan *Failure Rate Mechanical System*

Nilai *failure rate* ini menunjukkan jika *current state* berada pada posisi di ujung yang artinya preventive maintenance diperlukan untuk mengembalikan fungsi dari Mechanical System sehingga dapat disimpulkan bahwa kategori kelompok Mechanical System telah melewati titik *potential failure* dan mencapai titik *functional failure*nya dengan waktu sebesar 1680 jam operasional. Hal ini disebabkan karena part dari *Mechanical System* tersebut merupakan part yang sering mengalami kegagalan yang cukup tinggi.



Gambar 8. Grafik hasil perhitungan *Failure Rate Electrical System*

2. Pengolahan Data *Electrical System*

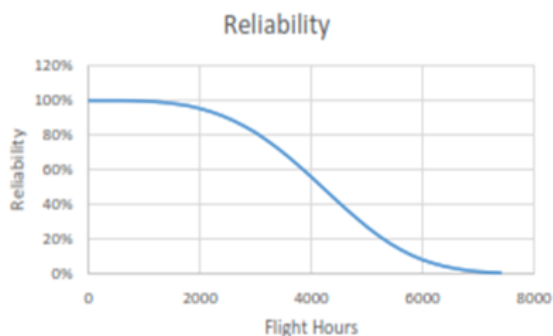
Analisis *weibull* pada kategori *electrical system* menggunakan analisis *weibull* dengan 2 parameters yaitu parameter bentuk ( $\beta$ ) dan parameter skala ( $\alpha$ ). Hasil dari perhitungan parameter dapat di lihat pada tabel 7 dibawah ini ;

Tabel 7. Hasil Perhitungan parameter *Electrical System*

Parameter	Rank Regression on Y	Rank Regression on X
Beta ( $\beta$ )	0,1735	3,614
Intercept (C)	-1,991	7,550
Eta	95734,01	4644,59
MTTF (FH)	44202089,96	4186,21

Berdasarkan hasil tersebut nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) yang didapatkan dari perhitungan slope nilai X & Y plot, selanjutnya nilai intercept didapatkan dari regresi linier yang memotong sumbu Y yang kemudian nilai parameter bentuk dan intercept dihitung dengan cara pembagian exponent hingga didapatkan nilai eta. Nilai eta tersebut yang digunakan untuk menghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) sehingga di dapatkan nilai *Rank Regression on Y* (RRY) sebesar 44202089,96 FH dan nilai *Rank Regression on X* (RRX) sebesar 4186,21 FH.

Dari nilai di atas dapat di hitung *reliability* komponen *Mechanical System* yang dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Grafik hasil perhitungan *Reliability Electrical System*

Hasil perhitungan laju kegagalan untuk *Electrical System*, di dapat hasil perhitungan yang bisa di lihat pada gambar 8 sebagai berikut.

Nilai *failure rate* sebesar 0.000676033 H. Hal ini menunjukkan bahwa *electrical system* masih berada pada fase *weafout life* dimana kegagalan masih akan terus meningkat seiring bertambahnya waktu hingga titik puncak (*peak*) sebesar 0,0029684 H sebagai batas antara *potential failure* dengan *functional failure*, preventive maintenance perlu diaplikasikan untuk part/system yang berada pada *wear-out zone*, dimana *maximum life time* kritisnya sebesar 4401 Jam operasional. Hal ini disebabkan karena bagin atau part dari *electrical system* merupakan part yang termasuk dalam komponen kritis sehingga jika mengalami kegagalan maka akan sangat berpengaruh terhadap system dan memerlukan biaya (*maintenance cost*) yang cukup tinggi.

3. Pengolahan data *Actuator System*

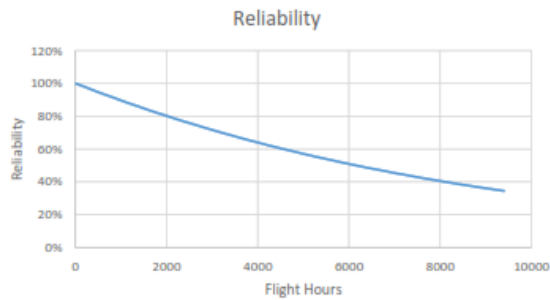
Analisis *weibull* pada kategori *actuator system* menggunakan analisis *weibull* dengan 2 parameters yaitu parameter bentuk ( $\beta$ ) dan parameter skala ( $\alpha$ ). Hasil perhitungan laju kegagalan untuk *Actuator System* di dapat hasil perhitungan yang bisa di lihat pada tabel 8 berikut ini

Tabel 8. Hasil Perhitungan parameter *Actuator System*

Parameter	Rank Regression on Y	Rank Regression on X
Beta ( $\beta$ )	0,911	1,017
Intercept (C)	-8,341	9,242
Eta	9406,88	8838,68
MTTF (FH)	9829,23	8776,61

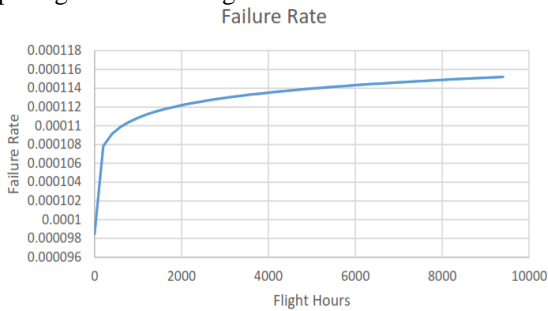
Berdasarkan hasil tersebut nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) yang didapatkan dari perhitungan slope nilai X & Y plot, selanjutnya nilai intercept didapatkan dari regresi linier yang memotong sumbu Y yang kemudian nilai parameter bentuk dan intercept dihitung dengan cara pembagian exponent hingga didapatkan nilai eta. Nilai eta tersebut yang digunakan untuk menghitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) sehingga di dapatkan nilai *Rank Regression on Y* (RRY) sebesar 9829,23 FH dan nilai *Rank Regression on X* (RRX) sebesar 8776,61 FH. Dari analisis tersebut di dapatkan grafik hasil perhitungan *reliability* (kehandalan) yang dapat di lihat pada gambar 9 berikut.





Gambar 9. Grafik hasil perhitungan Reliability Actuator System

Hasil perhitungan laju kegagalan untuk *Electrical System*, di dapat hasil perhitungan yang bisa di lihat pada gambar 10 sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik hasil perhitungan Failure Rate Actuator System

Nilai *failure rate* sebesar 0,000113, nilai *failure rate* ini menunjukkan jika *current state* berada pada posisi di ujung yang artinya *preventive maintenance* diperlukan untuk mengembalikan fungsi dari *Actuator System* sehingga dapat disimpulkan bahwa kategori *Actuator System* telah melewati titik *potential failure* dan mencapai titik *functional failure*nya dengan waktu sebesar 3201 Jam Opesasional. Hal ini disebabkan karena *Actuator System* tersebut merupakan *part* yang di desain untuk mengalami kegagalan yang cukup tinggi.

### 3.5 Penentuan Jalwal Preventive Maintenance

Jadwal dari *preventive maintenance* dapat di tetukan dengan melihat hasil perhitungan *Critical Life Time* Komponen *Ram Air Actuator Pn 541674-4 Boing 737 Ng*, dimana nilai kehandalan (*reliability*) masing - masing sistem kerja memiliki angka minimal atau sama dengan 0,70 atau 70%. Hal itu dikarenakan standar kehandalan (*reliability*) minimal mengikuti standar *reliability* umum perusahaan industri. Batas waktu kritis operasional (*critical life time*) komponen masing - masing system kerja dapat di lihat pada tabel 9.

Tabel 9. Critical Life Time komponen Ram Air Actuator

RAA Systems	Removal of Shof Finding	Reliability	
		t (Hours)	R (t)
Mechanical Part	Wear Damage	1680	72%
	Bearing Damage Stuck		
Electrical System	Electrical Problem	3401	72%
Actuator System	Housing assbly problem	3201	70%

Dari hasil perhitungan batas *critical life time* komponen yang didapat pada masing-masing komponen adalah:

- Mechanical Part = 1680 Jam
- Electrical System = 3401 Jam
- Actuator System = 3201 Jam

Hasil di atas akan menjadi acuan untuk melaksanakan perawatan yang terjadwal (*scheduled maintenance*) sehingga di harapkan tidak ada lagi kerusakan mendadak yang mengakibatkan kegagalan sistem *Ram Air Actuator Pn 541674-4 Boing 737 NG*.

### 3.6 Perencanaan Maintenance Ram Air Actuator

Perencanaan *maintenance* merupakan hasil yang di dapatkan dari analisis secara kualitatif dan kuantitatif, dengan analisis FMEA dan perhitungan RPN, kerusakan dominan part komponen dapat diketahui sehingga dapat direncanakan suatu aktivitas *preventive maintenance* yang tujuannya akhirnya adalah menghilangkan kerusakan yang mengakibatkan kegagalan sistem

Perencanaan *preventive maintenance* mencakup aktivitas inspeksi/*check*, Testing, repair, dan cleaning sesuai kerusakan part atau bagian yang telah diketahui, berdasarkan dokumen komponen *Ram Air Actuator* berupa *Component Maintenance Manual (CMM)*, *Aircraft Maintenance Manual* dan (AMM) *ATA 21 Air Conditioning*, hasil dari perencanaan aktivitas *preventive maintenance* di katagorikan pada setiap sistem kerja sebagai berikut ini ;

#### a) Mechanical System

*Schedule maintenance* di tentukan dari hasil perhitungan *reliability* dengan *critical life time* komponen, untuk *Mechanical System* yaitu = 1.680 jam operasional, dimana aktivitas *preventive maintenance* yang akan di lakukan dapat di lihat pada tabel 10 sebagai berikut;

Tabel 10. Schedule maintenance Mechanical System

Maintenance			
Setiap 1.680 jam operasional			
Inspection	Testing	Repair	Cleaning
Check rough or damage to bearing	Test operate ram air actuator at 114.5 hingga 115,5 VAC untuk satu siklus dengan beban 200 hingga 210 pound	Penggantian part bearing	Wash all nonelectrical parts, in MIL-PRF-680 solvent and dry them fully

#### b) Electrical System

*Schedule maintenance* di tentukan dari hasil perhitungan *reliability* dengan *critical life time* komponen *Electrical System* yaitu = 3.401 jam operasional, dimana aktivitas *preventive maintenance* yang akan di lakukan dapat di lihat pada tabel 11.

Tabel 11. Schedule maintenance Electrical System

Maintenance			
Setiap 1.680 jam operasional			
Inspection	Testing	Repair	Cleaning
check continuity multimeter, operating switch	setel switch dengan memutar lima setting putaran searah jarum jam	Penggantian swithc arm	Clean all electrical parts and wiring with a lint-free cloth moist with MIL- PRF-680 solvent

## c) Actuator System

Schedule maintenance di tentukan dari hasil perhitungan reliability dengan critical life time komponen Actuator System yaitu = 3.201 jam operasional, dimana aktivitas preventive maintenance yang akan di lakukan dapat di lihat pada tabel 12.

Tabel 12. Schedule maintenance Actuator System

Maintenance			
Setiap 1.680 jam operasional			
Inspection	Testing	Repair	Cleaningg
wear/groove in housing track	Test operate ram air actuator at 114,5 hingga 115,5 VAC untuk satu siklus dengan beban 200 hingga 210 pound	penggantian housing assmbly	Wash all nonelectrica l parts, in MIL-PRF-680 solvent and dry them fully
check rough or damage to gear	Test operate ram air actuator at 114,5 hingga 115,5 VAC untuk satu siklus dengan beban 200 hingga 210 pound	Repair of dry-film lubricant type AS5272 on gear	Wash all nonelectrica l parts, in MIL-PRF-680 solvent and dry them fully

## 4. Kesimpulan

1. Penyebab terjadinya kegagalan sistem operasional komponen Ram Air Actuator Pn 541674-4 Boing 737 NG, dari hasil analisa FMEA adalah terjadinya kerusakan pada Housing dengan nilai RPN sebesar 224, Bearing dengan nilai RPN 180, dan Arm Switch dengan nilai RPN sebesar 168.

2. Scheduled Preventive maintenance direncanakan ketika sistem komponen mencapai batas waktu kritis operasional, pada mechanical system didapat nilai critical life time sebesar 1680 jam (fligh Hours) dengan nilai reliability 72%, sedangkan electrical system memiliki critical life time sebesar 3401 jam (fligh Hours) dengan nilai reliability 72% dan actuator system memiliki critical life time sebesar 3201 jam (fligh Hours) dengan reliability sebesar 70%, Aktivitas Preventive maintenance meliputi kegiatan inspeksi, testing, dan cleaning yang merupakan aktivitas terencana bertujuan menghilangkan kerusakan yang menyebabkan kegagalan sistem.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada PT. GMF AEROASIA yang telah menyediakan waktu, tempat dan fasilitas sebagai obyek penelitian ini.

## Daftar Rujukan

- [1] C. E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, no. 4. Singapore: McGraw-Hill, 1997.
- [2] A. M. Smith, *Reliability-Centered Maintenance*. New York: McGraw-Hill, 1992.
- [3] B. S. P. Susanto, "Penjadwalan Waktu Optimum Maintenance dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus : Mesin Packer Semen Plant Tuban IV)," Malang, 2017.
- [4] F. G. Nugraha, "Evaluasi Reliability Engine Fuel and Control pada Pesawat Boeing 737-800 Garuda Indonesia di PT. GMF Aeroasia Cengkareng," Surabaya, 2017.
- [5] H. Munawir, R. Mifta Ulfa, and M. Djunaidi, "Analisa Risiko Kegagalan terhadap Downtime pada Line Crank Case menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis," in *IENACO (Industrial Engineering National Conference) 8*, 2020, pp. 149–156. Accessed: Jul. 07, 2021. [Online]. Available: <http://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/11946>
- [6] S. Nasution and Razali, "Analisa Kegagalan Cylinder Head Mesin Diesel Komatsu Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di Megapower PLTD Bengkalis," in *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, Dec. 2019, pp. 236–262. Accessed: Jul. 07, 2021. [Online]. Available: <http://eprosiding.snit-polbeng.org/index.php/snit/article/view/88>
- [7] Much. Djunaidi and A. K. Ryantaffy, "Analisis Nonconforming Part pada Wing Structure Pesawat CN-235 dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis)," *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, vol. 13, no. 2, 2018, doi: 10.14710/jati.13.2.67-74.