

# SCHEDULE MAINTENANCE PENGGANTIAN KOMPONEN BLEED AIR REGULATOR PADA PESAWAT BOEING 737-400/500 SKADRON UDARA 17 BERDASARKAN PERHITUNGAN RELIABILITY

Sunar Adi Wibowo<sup>3</sup>, WT. Bhirawa<sup>3</sup>, Basuki Arianto<sup>3</sup>, T. Dikatama<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Industri,  
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta  
<sup>1,2,3,4</sup>ikeo.santai@gmail.com

**Abstrak** — Frekuensi penggantian komponen *Bleed Air Regulator* pada pesawat Boeing 737-400/500 Skadron Udara 17 masih tinggi. Kerusakan komponen tersebut menimbulkan terhentinya kegiatan operasional pesawat (*Aircraft On Ground*). Komponen *Bleed Air Regulator* bersifat hard time dan harus dilakukan penggantian jika telah mencapai 5.000 jam. Oleh karena itu perlu diketahui tingkat *reliability* komponen *Bleed Air Regulator* yang telah terpasang sebelumnya sehingga dapat dilakukan penjadwalan penggantian (*schedule maintenance*) komponen *Bleed Air Regulator* berdasarkan analisis pemeliharaan. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan kemudian dilakukan perhitungan *reliability* dengan menggunakan *failure rate*, *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time Between Maintenance* (MTBM) dan perhitungan nilai kehandalan. Setelah diketahui nilai kehandalan komponen *Bleed Air Regulator* selanjutnya dilakukan analisis sebagai bahan pertimbangan penjadwalan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* tersebut.

Hasil perhitungan *reliability* menunjukkan bahwa (MTBUR) 5.000 jam sesuai dengan rekomendasi manufaktur sudah sangat rendah yaitu sebesar 21,96 %. Hal tersebut tidaklah efektif jika dilakukan penggantian disetiap 5.000 jam. Nilai kehandalan dengan target *reliability* di atas 60 % yaitu pada *Mean Time Between Unscheduled Removal* (MTBUR) 1000 dan 1500 jam. Analisis pemeliharaan sebagai bahan pertimbangan penentuan penjadwalan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* berdasarkan hasil perhitungan nilai kehandalan dan analisis pemeliharaan, *shedule maintenance* penggantian komponen *Bleed Air Regulator* yang dapat diterapkan yaitu pada *Mean Time Between Unscheduled Removal* (MTBUR) 1500 jam dengan *survival/reliability function* yang dapat diterapkan yaitu 63,46 % dengan kemungkinan kerusakan (*possibility to failure*) sebesar 36,54 %.

**Kata kunci:** *Hard Time, Mean Time Between Unscheduled Removal (MTBUR), Schedule Maintenance.*

## 1. PENDAHULUAN

Dunia industri berkaitan erat dengan kegiatan operasional yang berjalan di dalamnya, baik itu perusahaan dalam bidang manufaktur ataupun jasa selalu mempertahankan suatu sistem atau mesin tetap berada dalam keadaan beroperasi sesuai yang diinginkan. Jika sistem atau mesin tersebut berhenti maka akan menghambat kegiatan operasional perusahaan tersebut. Oleh

sebab itu di perlukan pemeliharaan terhadap mesin atau komponen penunjang produksi lainnya guna mencegah terhentinya kegiatan produksi karena adanya kegagalan atau kerusakan pada mesin tersebut. Kerusakan dan gejala kerusakan yang terdapat pada mesin akan dapat segera dideteksi dan diperbaiki menggunakan kegiatan pemeliharaan yang telah ditentukan. Suatu sistem pemeliharaan diperlukan karena

merupakan aplikasi yang efektif dari pengetahuan dan usaha keteknikan guna mendukung kebutuhan operasional dengan mempertimbangkan berbagai aspek pemeliharaan sebagai sub sistem. Sehingga diharapkan mesin atau komponen-komponen pendukung didalamnya dapat diketahui *reliability* nya. Skadron Udara 17 Lanud Halim Perdana kusuma sebuah Skadron Udara VIP/VVIP yang berada di bawah pelaksana operasional Wing Udara 1 Lanud Halim Perdanakusuma. Skadron Udara 17 dibentuk berdasarkan keputusanKSAU (dulu Menteri Panglima Angkatan Udara/Menpangau) No. 31 tanggal 1 Agustus 1963 yang berkedudukan di Lanud Halim Perdana kusuma. *Aircraft On Ground* (AOG) atau terhentinya kegiatan operasional pesawat yang disebabkan oleh kerusakan komponen *Bleed Air Regulator* dapat diminimalisir dengan melakukan perhitungan *reliability* pada komponen *Bleed Air Regulator* yang terpasang pada Pesawat B-737-400/500 Skadron Udara 17 sehingga dapat diketahui *schedule maintenance* penggantian komponen *Bleed Air Regulator* dari hasil perhitungan nilai kehandalan dengan mempertimbangkan analisis biaya pemeliharaan. Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka masalah yang menjadi fokus kajian penelitian ini adalah:

- Berapa tingkat *reliability* pada komponen *Bleed Air Regulator* yang terpasang pada Pesawat B-737-400/500 Skadron Udara 17?
- Bagaimana metode yang efektif dan efisien untuk menentukan *schedule maintenance* penggantian komponen *Bleed Air Regulator* Pesawat B-737-400/500 Skadron Udara 17?

#### Tujuan Penelitian:

- Mengetahui tingkat *reliability* komponen *Bleed Air Regulator* yang terpasang pada Pesawat B-737-400/500 Skadron Udara 17.

- Penjadwalan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* Pesawat B-737-400/500 Skadron Udara 17 berdasarkan nilai kehandalan.

## 2. METODE PENELITIAN

### Definisi Pemeliharaan

*Safety start from the ground* merupakan semboyan yang sudah tidak asing lagi bagi para personel yang bekerja di dunia penerbangan. Terlebih bagi para personel yang bekerja di bagian perawatan pesawat terbang. Hal tersebut dikarenakan keselamatan penerbangan dimulai dari segala aktivitas yang dilakukan di darat yaitu kegiatan pemeliharaan. Pemeliharaan atau yang lebih dikenal dengan perawatan mempunyai beragam definisi, antarlain:

- Suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisaditerima.
- Suatu penentuan pekerjaan, cara, bahan, alat, mesin dan karyawan pada saat dan waktu yang diperlukan (Kurniawan, Fajar, 2013:2).

Kegiatan pemeliharaan mencakup berbagai aktivitas yang di dalamnya memuat perbaikan, penggantian, pemeliharaan, penyetelan yang bertujuan untuk menjaga agar mesin, komponen maupun peralatan dapat berfungsi dengan baik dan bertahan dalam jangka waktu yang lama. Sedangkan pengertian pemeliharaan menurut *Civil Aviation Safety Regulation* Part 1, Rev.1, Mei 2006 adalah suatu pekerjaan yang dilakukan untuk menjaga kelaikan udara pesawat terbang yang meliputi overhaul, inspeksi, penggantian, perbaikan kerusakan, modifikasi serta perbaikan. Kegiatan pemeliharaan dalam operasional pesawat terbang bertujuan untuk menjaga kondisi pesawat tetap dalam kondisi *airworthy* yaitu *conform to type design and condition for safe operation* (*Civil Aviation Safety*

*Regulation Part 1, Rev.1, Mei 2006*). Kelaikan udara atau airworthy menjadi tujuan utama yang dicapai dalam pemeliharaan pesawat terbang dimana di dunia penerbangan menuntut standar keselamatan yang tinggi.

### Desain Penelitian

Sangat direkomendasikan, gambar, tabel atau diagram yang ingin ditampilkan dalam paper bukan merupakan hasil *cropped*.

### Objek Penelitian

Data hasil penelitian yang telah dilakukan di seksi pemeliharaan Skadron Udara 17 selanjutnya dilakukan perhitungan reliability berupa perhitungan *failure rate*, *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time Between Maintenance* (MTBM) dan perhitungan nilai kehandalan. Selanjutnya data mengenai analisis pemeliharaan berdasarkan interval waktu pemeliharaan yang digunakan sebagai bahan pertimbangan *schedule maintenance* penggantian komponen *Bleed Air Regulator*.

- Studi Lapangan
- Studi lapangan yang dilakukan penulis dengan observasi langsung di satuan yang akan dijadikan obyek penelitian yaitu Skadron Udara 17 Lanud Halim Perdanakusuma khususnya pada Seksi Pemeliharaan Skadron Udara 17, jenis penelitian, metode penelitian data, waktu pengambilan data, metode analisis, dan jenis data baik itu data primer maupun data sekunder, kuantitatif, dan kualitatif.
- Studi Pustaka
- Studi Pustaka diperoleh dengan mengumpulkan berbagai referensi sumber kepustakaan yang dapat digunakan untuk mempermudah dalam melakukan pengolahan data dan analisis data.

### Instrumen Penelitian

Bleed Air Regulator merupakan sebuah komponen pada *bleed air system* yang berfungsi sebagai pengoperasi atau

penggerak (membuka atau menutup) *valve* yang berada di PRSOV (*Pressure Regulator Shut Off Valve*). *Bleed air regulator* juga berfungsi sebagai kontrol terhadap temperature dari engine kompresor apabila temperature dari engine kompresor melebihi dari 450°F (232°C). *Bleed air regulator* dibuat untuk mencegah terjadinya *over pressure* dan *over temperature* pada *bleed air system* dengan memanfaatkan tekanan hasil kompresi udara dari *high stage engine compressor* bagian ke 5 dan 9 (*engine CFM56*) untuk pembukaan *valve*. Lokasi *bleed air regulator* berada di belakang posisi dari engine (dibelakang dari fan frame). Kerusakan pada *bleed air regulator* yang sering terjadi adalah low pressure dan penyebab kerusakanyang sering terjadi dikarenakan oleh kerusakan diafragma yang ada didalam bagian komponen tersebut.



Gambar 1 Komponen *Bleed Air Regulator*

Data yang diperlukan untuk penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer kerusakan komponen *Bleed Air Regulator* pada Pesawat Boeing 737-400/500 Skadron Udara 17 diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung di Seksi Pemeliharaan Skadron Udara 17 melalui *Integrated Aviation Software* (IAS), *Aircraft Maintenance Log* (AML) dan *Flight Maintenance Log* (FML) yang berupa:

- *Part Number* (P/N)
- *Serial Number* (S/N)
- *Mean Time Between Unschedule*

- *Removal* (MTBUR)
- *Time Since New* (TSN)
- Tanggal penggantian komponen *Bleed Air Regulator*

Sedangkan data sekunder untuk penelitian ini diperoleh dari beberapa *maintenance* manual dan dokumen internal satuan. Data sekunder tersebut merupakan data umum sebagai bahan penunjang penelitian.

### Teknik Analisa Faktor Reliability

*Reliability* didefinisikan sebagai kemungkinan sistem atau komponen dapat melakukan fungsinya dengan baik pada periode tertentu dan pada kondisi tertentu. Frekuensi kegiatan pemeliharaan terhadap sistem atau komponen akan berdampak pada kehandalan suatu sistem atau komponen tersebut. Secara umum kehandalan sistem atau komponen berbanding terbalik dengan frekuensi kegiatan pemeliharaan perbaikan. Fungsi *reliability* dapat dituliskan dengan rumus berikut:

$$R(t) = e^{-t/MTBF} = e^{-\lambda t}$$

Sehingga  $R(t) = e^{-\lambda t}$  Dimana :

R = Nilai Kehandalan  
 $\lambda$  = Failure Rate  
 t = Waktu Operasi (Jam)  
 e = Nilai exponential (2,718)

### Failure Rate

Failure rate ( $\lambda$ ) adalah frekuensi kerusakan atau laju kerusakan yang terjadi pada interval waktu tertentu. *Reliability* komponen mempunyai keterkaitan dengan *failure rate* dimana *failure rate* atau laju kerusakan akan mempengaruhi performa dan efisiensi sebuah komponen. *Failure rate* bersifat dinamis dan akan terus berubah berdasarkan waktu (detik, menit, jam, hari, minggu, bulan, dan tahun). Rumus failure rate adalah

$$\lambda =$$

Jumlah Kerusakan Total Operasi

### Mean Time Between Failure (MTBF)

Faktor perhitungan *reliability* dapat dihitung menggunakan *Mean Time Between Failure* (MTBF). MTBF yaitu waktu rata-rata terjadinya kerusakan pada suatu komponen. Istilah MTBF mempunyai arti waktu peralatan atau komponen yang dimulai dari komponen tersebut beroperasi hingga terjadi kerusakan. Semakin tinggi nilai MTBF suatu komponen maka semakin tinggi nilai *reliability*-nya. Perhitungan MTBF dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

Dimana :  $\lambda$  = Failure Rate

### Mean Time Between Maintenance (MTBM)

MTBM sebagai dasar perhitungan dari frekuensi pemeliharaan. *Reliability* dan *maintainability* sebagai parameter dalam penentuan MTBM. MTBM adalah rata-rata waktu operasi antara suatu kegiatan pemeliharaan dengan kegiatan pemeliharaan lainnya untuk memperbaiki suatu sistem atau komponen. Pengukuran *reliability* dengan mempertimbangkan kebijakan pemeliharaan yang merupakan total jumlah operasi komponen selama periode tertentu dibagi dengan jumlah kejadian kegiatan pemeliharaan baik pemeliharaan berjadwal ataupun tidak berjadwal yang dilakukan pada komponen tersebut. MTBM diperoleh dari perhitungan rumus sebagai berikut:

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_u} + \frac{1}{MTBM_s}}$$

Dimana:

$MTBM_u$  = *Mean Time Between Unscheduled (Corrective)*

*Maintenance*

$MTBM_s$  = *Mean Time*

*Between Scheduled  
(Preventive) Maintenance*

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Identifikasi Masalah

Pesawat terbang membutuhkan sistem *air conditioning*, *cabin pressurization* dan *oxygen* untuk kenyamanan dan keselamatan awak maupun penumpang. Sistem *cabin pressurization*, *air conditioning*, dan *oxygen* bisa didapatkan dari beberapa sumber yaitu *engine 1 bleed air systems*, *engine 2 bleed air systems*, *Auxiliary Power Unit (APU) bleed air system*, *pneumatic ground air connection*. Pada jenis pesawat Boeing 737 sistem *bleed air* kompresi udaranya diambil dari kompresor *engine* bagian ke 5 dan ke 9 *engine turbofan (CFM56)*. Hasil kompresi udara di kompresor berupa panas dan tekanan yang akan dimanfaatkan oleh pesawat untuk beberapa sistem yang menggunakan panas dan tekanannya tersebut, adapun sistem tersebut yaitu *starting engine*, *Air conditioning and pressurization systems*, *Nitrogen generation systems*, *Engine inlet cowl anti ice systems*, *Wing thermal anti ice Water tank pressurization systems*, *Total air temperature probe aspiration*, *Auxiliary fuel tank pressurization systems*, *Hydraulic reservoir pressurization systems*. Untuk sistem *cabin pressurization* di butuhkan tekanan dan suhu yang konstan untuk kenyamanan awak pesawat dan penumpang. Untuk itu dibutuhkan komponen-komponen untuk mencegah perubahan tekanan dan suhu, karena hasil kompresi udara dari kompresor engine bervariasi atau tidak konstan, salah satu komponen *bleed air system* tersebut yaitu *bleed air regulator* yang fungsinya sebagai pengatur dan pencegah terjadinya *over pressure* dan *over temperature*. Jika komponen ini rusak maka sistem *cabin pressurization* terganggu.

Terganggunya sistem *pressurization* akan menyebabkan ketidaknyamanan serta membahayakan bagi awak pesawat maupun penumpang selama penerbangan. Komponen *bleed air regulator* adalah sebuah komponen pada *bleed air system* yang berfungsi sebagai pengoperasi atau penggerak (membuka atau menutup) *valve* yang berada di PRSOV (*Pressure Regulator Shut Off Valve*). *Bleed air regulator* juga berfungsi sebagai kontrol terhadap *temperature* dari engine kompresor apabila *temperature* dari engine kompresor melebihi dari 450 °F (232°C). *Bleed air regulator* dibuat untuk mencegah terjadinya *over pressure* dan *over temperature* pada *bleed air system* dengan memanfaatkan tekanan hasil kompresi udara dari *high stage engine compressor* bagian ke 5 dan 9 (*engine CFM56*) untuk pembukaan *valve*. Lokasi *Bleed Air Regulator* berada di belakang posisi dari *engine* (dibelakang dari fan *frame*). Kerusakan pada *Bleed Air Regulator* yang sering terjadi adalah *low pressure* dan penyebab kerusakan yang sering terjadi dikarenakan oleh kerusakan diafragma yang ada didalam bagian komponen tersebut.

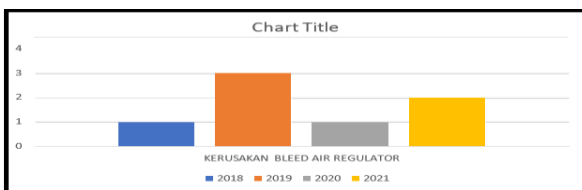
#### Pengumpulan Data

Data kerusakan komponen *Bleed Air Regulator* merupakan data primer yang penulis dapatkan melalui pengamatan langsung di Skadron Udara 17. Data tersebut diambil melalui defect yang tertulis di *Aircraft Log Book* dan Surat Perintah Kerja (SPK) serta tersimpan di dalam Laporan Penggantian Komponen. Sedangkan data-data penunjang penulisan skripsi diperoleh dari beberapa *maintenance manual* dan dokumen internal Skadron Udara 17. Berdasarkan data kerusakan komponen *Bleed Air Regulator* yang terpasang pada Pesawat Boeing 737-400/500 tercatat telah terjadi penggantian komponen *bleed air regulator* sebanyak 7 kali terhitung mulai tahun 2018 hingga tahun 2021.

Optimalnya komponen tersebut diganti setiap pelaksanaan pemeliharaan check D yaitu setiap 8 tahun atau estimasi selama 5.000 Jam Terbang, dengan asumsi Pesawat B-737-400/500 Skadron Udara 17 rata-rata mencapai 500 Jam Terbang setiap tahunnya. Sedangkan untuk pemeliharaan tidak terjadwal, penggantian komponen *bleed air regulator* tersebut dilakukan karena adanya kerusakan pada *solenoid* diaphragma yang merupakan bagian dari komponen *bleed air regulator* sehingga harus dilakukan penggantian meskipun usia komponen *bleed air regulator* tersebut belum mencapai 5.000 jam. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini berupa *Part Number (P/N)*, *Serial Number (S/N)*, *Mean Time Between Unschedule Removal (MTBUR)*, *Time Since New (TSN)* dan tanggal penggantian komponen *Bleed Air Regulator* yang terpasang pada Pesawat Boeing 737-400/500 Skadron Udara 17 yaitu A-7305, A-7306, A-7307, dan A-7308 yang selanjutnya dilakukan perhitungan dengan melakukan perhitungan:

- *Failure Rate*
- *Mean Time Between Failure (MTBF)*
- *Mean Time Between Maintenance (MTBM)*
- Nilai Keandalan

Hasil dari perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan analisis pemeliharaan berdasarkan interval waktu pemeliharaan yang selanjutnya menjadi *schedule maintenance* penggantian komponen *Bleed Air Regulator*.



Gambar 2 Grafik Kerusakan Bleed Air Regulator Sumber : Pengolahan Data

Gambar 2 menunjukkan grafik kerusakan komponen *Bleed Air Regulator* yang

terjadi pada tahun 2018 hingga tahun 2021. Total kerusakan yang terjadi selama kurun waktu tersebut berjumlah 7 kerusakan *Bleed Air Regulator*. Jumlah kerusakan tertinggi terjadi di tahun 2019 dengan 3 total kerusakan *Bleed Air Regulator*. Data-data kerusakan komponen *Bleed Air Regulator* yang terdapat pada gambar 2. mengenai grafik kerusakan *Bleed Air Regulator* di atas dapat dilihat pada tabel 1, 2, 3, 4, 5 sebagai berikut:

No.	Registrasi	Part Number (P/N)	Serial Number (S/N)	MTBUR (Jam)	Time Since New (Jam)	Tanggal Penggantian
1	A-7307	107492-3	589	4.000	850	22 April 2018

Tabel 1 Penggantian Komponen Bleed Air Regulator Tahun 2018 Sumber : Skadron Udara 17

Pada tahun 2011 terjadi penggantian komponen *Bleed Air Regulator* sebanyak satu kali penggantian pada Pesawat dengan registrasi A-7307 dengan umur komponen 850 jam.

Tabel 2 Penggantian Komponen Bleed Air Regulator Tahun 2019

No.	Registrasi	Part Number (P/N)	Serial Number (S/N)	MTBUR (Jam)	Time Since New (Jam)	Tanggal Penggantian
1	A-7306	107492-3	1559	4.000	1020	13 April 2019
2	A-7308	107492-3	3813	4.000	490	22 Juli 2019
3	A-7305	107492-3	3967	4.000	495	08 Agustus 2019

Pada tahun 2019 terjadi penggantian komponen *Bleed Air Regulator* sebanyak tiga kali penggantian pada dua Pesawat yang berbeda yaitu pada Pesawat dengan registrasi A-7305, A-7306 dan A-7308 dengan umur komponen yang beragam.

Tabel 3 Penggantian Komponen Bleed Air Regulator Tahun 2020

No.	Registrasi	Part Number (P/N)	Serial Number (S/N)	MTBUR (Jam)	Time Since New (Jam)	Tanggal Penggantian
1	A-7306	107492-3	583	4.000	1420	26 Agustus 2020

Pada tahun 2020 terjadi penggantian komponen *Bleed Air Regulator* sebanyak satu kali penggantian pada Pesawat dengan registrasi A-7306 dengan umur komponen 1420 jam.

No.	Registrasi	Part Number	Serial Number	Time Since New(Jam)	Tanggal Penggantian
1	A-7307	107492-3	589	850	22 April 2018
2	A-7306	107492-3	1559	1020	13 April 2019
3	A-7308	107492-3	3813	490	22 Juli 2019
4	A-7305	107492-3	3967	495	08 Agustus 2019
5	A-7306	107492-3	583	1420	26 Agustus 2020
6	A-7305	107492-3	2072	260	24 Maret 2021
7	A-7308	107492-3	1651C	460	27 Mei 2021

Tabel 4.4 Penggantian Komponen Bleed Air Regulator Tahun 2021

Pada tahun 2017 terjadi penggantian komponen Bleed Air Regulator sebanyak dua kali penggantian pada Pesawat dengan registrasi A-7305 dan A-7308 dengan umur komponen dan tanggal penggantian yang berbeda.

### Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya diolah menggunakan perhitungan *reliability* untuk menentukan *failure rate*, *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time Between Maintenance* (MTBM) serta nilai kehandalan. Hasil dari perhitungan tersebut dilakukan pengolahan data berupa pemeliharaan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* yang selanjutnya dilakukan penjadwalan penggantian komponen

**Bleed Air Regulator.** Data jumlah penggantian komponen *Bleed Air Regulator* yang diambil dari tahun 2018 hingga tahun 2021 akan dilakukan perhitungan *reliability* dan hasil dari perhitungan tersebut akan diaplikasikan ke semua *registrasi* Pesawat Boeing 737-400/500.

Tabel 5 Penggantian Komponen Bleed Air Regulator tahun 2018 – 2021

No.	Registrasi	Part Number (P/N)	Serial Number (S/N)	MTBUR (Jam)	Me Since New (Jam)	Tanggal Penggantian
1	A-7305	107492-3	2072	4.000	260	24 Maret 2021
2	A-7308	107492-3	1651C	4.000	460	27 Mei 2021

### Perhitungan Failure Rate

Suatu sistem maupun komponen akan mengalami berbagai macam kerusakan pada kurun waktu tertentu selama sistem maupun komponen tersebut dioperasikan, sehingga kerusakan-kerusakan tersebut akan mempengaruhi performa dan efisiensi dari sistem maupun komponen tersebut. Perhitungan *failure rate* didapat melalui cara membandingkan jumlah kerusakan dengan total waktu operasi, oleh karena itu besarnya *failure rate* atau laju kerusakan adalah:

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah kerusakan}}{\text{Total waktu operasi}}$$

Perhitungan *failure rate* tersebut akan menghasilkan laju kerusakan komponen perjam.

Tabel 6 Jumlah Kerusakan Komponen Bleed Air Regulator

No.	Tahun	Part Number (P/N)	Total Penggantian	Time Since New (Jam)
1	2018	107492-3	1	850
2	2019	107492-3	3	2005
3	2020	107492-3	1	1420
4	2021	107492-3	2	720

Sumber : Skadron Udara 17 Perhitungan Failure Rate tahun 2018 Jumlah Kegagalan

Total Waktu Operasi 850

Maka diperoleh:

$$= \frac{1}{850} = 0,0012 \text{ kerusakan/jam}$$

Sehingga komponen Bleed Air Regulator mengalami kerusakan setiapjamnya sebesar 0,0012.

Perhitungan Failure Rate tahun 2019  
Jumlah Kegagalan 3  
Total Waktu Operasi: 2005  
Maka diperoleh:

$$\lambda = \frac{3}{2005} = 0,0015$$

Sehingga komponen Bleed Air Regulator mengalami kerusakan setiap jamnya sebesar 0,0015.

Perhitungan Failure Rate tahun 2020  
Jumlah Kegagalan Total waktu operasi 1420 Maka diperoleh:

$$\lambda = \frac{1}{1420} = 0,0007$$

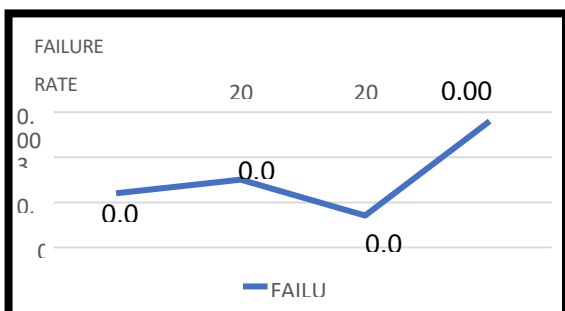
Sehingga komponen Bleed Air Regulator mengalami kerusakan setiap jamnya sebesar 0,0007.

Perhitungan Failure Rate tahun 2021  
Jumlah Kegagalan Total 720 maka diperoleh

$$\lambda = \frac{2}{720} = 0,0028$$

Sehingga komponen Bleed Air Regulator mengalami kerusakan setiap jamnya sebesar 0,0028.

Gambar 4 Grafik Failure Rate Sumber: Pengolahan Data



Gambar 4 menunjukkan grafik

failure rate pada tahun 2018 hingga tahun 2021. Failure rate tertinggi terjadi pada tahun 2021 sebesar 0,0027.

### Perhitungan Mean Time Between Failure (MTBF)

Mean Time Between Failure (MTBF) merupakan waktu rata-rata terjadinya kerusakan pada suatu komponen yang apabila dijabarkan MTBF memiliki arti waktu peralatan atau komponen yang dimulai dari komponen tersebut beroperasi hingga terjadi kerusakan. Semakin tinggi nilai MTBF maka komponen atau peralatan tersebut akan cenderung reliable. Nilai MTBF berbanding terbalik dengan failure rate ( $\lambda$ ) yang mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

Tabel 4.7 Data Perhitungan Failure Rate

No.	Tahun	Total Penggantian	Time Since New (Jam)	Failure Rate(λ)
1	2018	1	850	0,0012
2	2019	3	2005	0,0015
3	2020	1	1420	0,0007
4	2021	2	720	0,0028

Sumber : Pengolahan Data

### Perhitungan Mean Time Between Maintenance (MTBM)

Pengukuran reliability dengan memper timbangkan kebijakan pemeliharaan yang merupakan total jumlah operasi komponen selama periode tertentu dibagi dengan jumlah kejadian kegiatan pemeliharaan baik pemeliharaan ber jadwal (MTBM<sub>u</sub>) ataupun tidak berjadwal (MTBM<sub>s</sub>) yang dilakukan pada komponen tersebut dengan persamaan sebagai berikut:

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_u} + \frac{1}{MTBM_s}}$$



**Tabel 4.8 Data Penggantian Bleed Air Regulator Tahun 2018**

Sumber : Pengolahan Data

Hasil dari perhitungan MTBM di atas menghasilkan prediksi waktu dilakukannya kegiatan pemeliharaan. Selama kurun waktu tahun 2018 komponen

MTBUR	SURVIVAL RELIABILITY	POSSIBILITY TO FAILURE
1000	73,85	26,15
1500	63,46	36,54
2000	54,54	45,46
2500	46,87	53,13
3000	40,27	59,73
3500	34,61	65,39
4000	29,74	70,26
4500	25,56	74,44
5000	21,96	78,04

*Bleed Air Regulator* mem butuhkan kegiatan pemeliharaan setiap 726,5 jam

4.4.4 Perhitungan Nilai Keandalan  
Perhitungan nilai keandalan dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan suatu komponen. Perhitungan ini didapat dari hasil perhitungan sebelumnya yaitu *failure rate*, *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time Between Maintenance* (MTBM) yang selanjutnya dapat dihitung nilai keandalan suatu komponen. Komponen *Bleed Air Regulator B737-400/500* dengan *Part Number 107492-2* mempunyai *Mean Time Between Unschedule Removal* (MTBUR) yang telah ditetapkan yaitu 5.000 jam. Berdasarkan data yang ada mengindikasikan bahwa komponen tersebut mempunyai nilai keandalan yang rendah karena terjadi kerusakan komponen *Bleed Air Regulator* sebelum mencapai 5.000 jam. Nilai keandalan *Bleed Air Regulator* dengan nilai MTBUR 5.000 jam dapat dihitung sebagai berikut.

**4. DISKUSI PENELITIAN**

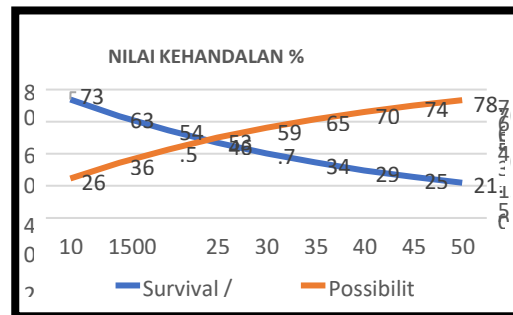
Hasil perhitungan nilai keandalan komponen *Bleed Air Regulator* didapatkan nilai probabilitas yang berbeda pada setiap perhitungan *Mean Time Between Unschedule Removal* (MTBUR). Target dari perhitungan nilai keandalan adalah untuk mendapatkan nilai keandalan komponen *Bleed Air Regulator* di atas 60%. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat di table 4.13.

No.	Registrasi	Part Number (PN)	Serial Number (SN)	MTBUR (jam)	Time Since New (jam)	Tanggal Penggantian
1	A-7307	412-010-190-105	589	5.000	850	24 Juli 2011
JUMLAH TOTAL JAM					850	
JUMLAH RATA – RATA JAM					850	

**Tabel 4.13 Perhitungan Nilai Keandalan**

Sumber : Pengolahan Data

Hasil perhitungan nilai keandalan pada tabel 4.13 menunjukkan bahwa semakin tinggi MTBUR maka nilai keandalan komponen semakin berkurang, sehingga kemungkinan terjadinya kerusakan semakin besar.



**Gambar 6 Grafik Nilai Keandalan**

Sumber : Pengolahan Data

Gambar 4.6 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Jika dilakukan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* setiap 1000 jam nilai keandalan sebesar 73,85% dan kemungkinan terjadinya kerusakan sebesar 26,15%.
- Jika dilakukan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* setiap 1500 jam nilai keandalan sebesar 63,46% dan

kemungkinan terjadinya kerusakan sebesar 36,54%.

- Jika dilakukan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* setiap 2000 jam nilai kehandalan sebesar 54,54% dan kemungkinan terjadinya kerusakan sebesar 45,46%.
- Jika dilakukan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* setiap 2500 jam nilai kehandalan sebesar 46,87% dan kemungkinan terjadinya kerusakan sebesar 53,13%.
- Jika dilakukan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* setiap 3000 jam nilai kehandalan sebesar 40,27% dan kemungkinan terjadinya kerusakan sebesar 59,73%.
- Jika dilakukan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* setiap 3500 jam nilai kehandalan sebesar 34,61% dan kemungkinan terjadinya kerusakan sebesar 65,39%.
- Jika dilakukan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* setiap 4000 jam nilai kehandalan sebesar 29,74% dan kemungkinan terjadinya kerusakan sebesar 70,26%.
- Jika dilakukan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* setiap 4500 jam nilai kehandalan sebesar 25,56% dan kemungkinan terjadinya kerusakan sebesar 74,44%.
- Jika dilakukan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* setiap 5000 jam nilai kehandalan sebesar 21,96% dan kemungkinan terjadinya kerusakan sebesar 78,04%.

Berdasarkan tabel untuk sisa umur ekonomis diatas 60% yaitu pada kategori baik, serta dari hasil perhitungan sebelumnya nilai kehandalan komponen *Bleed Air Regulator* dapat mencapai nilai di atas 60% pada perhitungan MTBUR 1000 jam hingga 1500 jam. Nilai kehandalan di atas disesuaikan dengan *schedule maintenance* Pesawat B-737-400/500 yang terdapat pada *Staggering* Pemeliharaan Skadron Udara 17 agar dilakukan penjadwalan penggantian komponen *Bleed Air Regulator* ber samaan dengan *schedule maintenance* Pesawat Boeing 737-400/500. Oleh karena itu hasil dari perhitungan *reliability* dapat dipertimbangkan dengan menyesuaikan jadwal pemeliharaan yang telah ada. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa komponen *Bleed Air Regulator* yang terpasang pada Pesawat Boeing 737-400/500 memiliki nilai kehandalan yang sangat rendah. Nilai kehandalan komponen *Bleed Air Regulator* dengan *Mean Time Between Unschedule Maintenance* (MTBUR) 5.000 jam sesuai dengan rekomendasi *manufaktur* masih rendah yaitu sebesar 21,96%. Hal tersebut sangatlah tidak efektif jika dilakukan penggantian disetiap 5.000jam. *Schedule maintenance* penggantian komponen *Bleed Air Regulator* dilakukan pada saat umur komponen *Bleed Air Regulator* telah mencapai 5.000 jam. *Daily Inspection* dan *600 Hour Inspection/12 Month Inspection* merupakan kegiatan *preventive maintenance* sebelum dilakukannya penggantian komponen *Bleed Air Regulator* yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan komponen *Bleed Air Regulator*.

Tabel 4.7 Tabel Referensi Penyusutan

Tabel Referensi Penyusutan		
Penyusutan	Kondisi	Sisa Umur Ekonomis
<b>BARU</b>		
0 – 5 %	Belum pernah digunakan, kondisi prima	95 – 100 %
<b>SANGAT BAIK</b>		
6 – 15 %	Seperi baru, baru dipakai sebentar, belum memerlukan penggantian suku cadang atau perbaikan	85 – 94 %
<b>BAIK</b>		
16 – 35 %	Telah dipergunakan dan pernah dilakukan perbaikan, kondisi prima	65 – 84 %
<b>WAJAR</b>		
36 – 60 %	Telah dipergunakan dan pernah dilakukan perbaikan, masih memerlukan beberapa perbaikan serta penggantian suku cadang minor seperti: seal, bearing dsb.	40 – 64 %
<b>CUKUP</b>		
61 – 80 %	Telah dipergunakan dan pernah dilakukan perbaikan, masih memerlukan beberapa perbaikan serta penggantian komponen penting seperti: motor penggerak, poros, dan komponen penting lainnya	20 – 39 %
<b>BURUK</b>		
81 – 95 %	Telah dipergunakan dan pernah dilakukan perbaikan, masih memerlukan cukup banyak serta penggantian komponen penting seperti: poros utama, komponen dari struktur utama	5 – 19 %
<b>SANGAT BURUK (Scrap)</b>		
96 – 100 %	Dalam keadaan rusak, tidak dapat dipergunakan dan diperbaiki lagi	0 – 4 %

## 5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### 5.1. KESIMPULAN

- Hasil pengolahan data dan perhitungan *reliability* diperoleh kesimpulan bahwa nilai kehandalan komponen *Bleed Air Regulator* dengan *Mean Time Between*

*Unschedule Maintenance* (MTBUR) 5.000 jam memiliki nilai kehandalan yang sangat rendah.

- Sehingga frekuensi terjadinya kerusakan komponen *Bleed Air Regulator* Pesawat Boeing 737-400/500 di Skadron Udara 17 sangatlah tinggi. Dengan sisa umur ekonomis diatas 60% yaitu pada kategori baik, serta dari hasil perhitungan nilai kehandalan komponen Bleed Air Regulator dapat mencapai nilai di atas 60% pada perhitungan MTBUR 1000 jam hingga 1500 jam. Nilai kehandalan komponen *Bleed Air Regulator* dengan tingkat kehandalan di atas 60% terdapat pada penggantian 1000 dan 1500 jam.

## 5.2.SARAN

- Skadron Udara 17 dapat melakukan penjadwalan penggantian komponen Bleed Air Regulator berdasarkan hasil dari perhitungan nilai kehandalan yang selanjutnya dapat dijadikan sebagai *schedule maintenance* penggantian komponen *Bleed Air Regulator* Pesawat Boeing 737-400/500 pada *staggering* pemeliharaan skadron udara 17.
- *Schedule maintenance* penggantian komponen *Bleed Air Regulator* tersebut diharapkan dapat meminimalkan terhentinya kegiatan operasional (Aircraft On Ground) yang diakibatkan oleh kerusakan komponen *Bleed Air Regulator* pada Pesawat Boeing 737-400/500.

## 6. REFERRENSI

[1] *Analisis Maintenance Reliability* terhadap MTBF (*Mean Time Between Failures*) *Facilities* Pada Industri Pulp dan Paper. Jurnal Ekonomi. XXI(4).

[2] Blanchard, Benjamin, S, Dinesh

Verma, dan Elmer L Peterson. 1995. *Maintainability*. USA: John Wiley & Sons, Inc Iwan Nauli Daulay, Sri Sitiani Nurutami dan Dian Denisha Daniel. 2013.

[3] *Part Catalogue* (Manual) Boeing 737-300/400/500. Chapter 31-11-16-01. Aji Munaji, M. Adha Ilhami, dan Bobby Kurniawan. 2016. Usulan penjadwalan perawatan mesin dengan mempertimbangkan reliability block diagram pada unit stand CPL Di PT Krakatau Steel. Jurnal Teknik Industri. IV(2).

[4] Kurniawan, Fajar. 2013. Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri. Edisi I. Jogjakarta: Graha Ilmu Putri Oktalisa P, Nazaruddin Matondang, dan Aulia Ishak. 2013. Perancangan Sistem Perawatan Mesin Dengan Pendekatan *Reliability Engineering* dan *Maintenance Value Stream Mapping* (MVSM) Pada PT XXX. E-Jurnal Teknik Industri FT USU. III(1).

[5] Levvit, Joel. 2011. *Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance*. Industrial Press Inc. 989 Avenue of the Americas New York, NY 10018.

[6] Shewhart, Walter, A dan Samuel S Wilks. 2004. Weibull Models. Canada: John Wiley & Sons, Inc B 737-400/500 *Component Repair and Overhaul*. Rev. 4, 10 January 2011 B 737-400/500 *Maintenance Manual*. Rev. 25, 7 November 2016 B 737-400/500 *Training Manual* Vol. 1 dan 2 *Civil Aviation Safety Regulation*. Part I. Rev I. Mei 2006