

IDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN PADA AIR CYCLE MACHINE DI PESAWAT BOEING 737-800 PK-LBS

Alip Wijonarko , Wowo Rossbandrio, Dipl.-Ing, Domi Kamsyah, S.T., M.T.

Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknik Mesin
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
¹E-mail: alipwjonarko44@gmail.com

Abstrak

Pesawat Boeing 737-800 memiliki system *Air Cycle Machine* yang berfungsi sebagai ekspansi udara dan kompresi, mengubah udara panas menjadi udara dingin, Komponen ini sangatlah penting karena jika komponen ini mengalami kerusakan akan mengganggu kenyamanan penumpang, karena dapat menyebabkan pengurangan dalam kecepatan dan akan berpengaruh pada hilangnya efisiensi. Suhu akan meningkat dan aliran udara dalam pesawat terbang akan berkurang. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penyebab terjadinya kegagalan pada *Air Cycle Machine* dan mencari Solusi untuk penyelesaian masalah, sumber data-data yang di ambil berdasarkan refrensi *Fault Isolation Manual (FIM)* setelah penulis menemukan masalah dari *Fault Isolation Manual (FIM)* penulis melakukan Visual cek yang mengacu pada *Aircraft Maintenance Manual (AMM)* dan masalah pada air cycle machine yang di mana blade pada air cycle machine mengalami stuck tidak bisa twist karena menyentuh compressor casing dan untuk mencari barang dan juga lokasi dari part yang rusak bisa di lihat dari *Illustrated Parts Catalog (IPC)*, setelah mendapatkan part yang rusak penulis melakukan pergantian part yang rusak dengan melihat *Aircraft Maintenance Manual (AMM)* untuk melihat cara pelepasan, perbaikan dan pemasangan dan juga pengetesan setelah melaksanakan pergantian untuk memastikan permasalahan tersebut telah berhasil diselesaikan.

Kata kunci: *Air Cylce Machine, Troubleshooting, Boeing 737-800.*

Abstract

The Boeing 737-800 aircraft has an Air Cycle Machine system which functions as air expansion and compression, changing hot air into cold air. This component is very important because if this component is damaged it will disturb passenger comfort, because it can cause a reduction in speed and will affect the loss of efficiency. The temperature will increase and the air flow in the aircraft will decrease. The purpose of this research is to find out the causes of failure in the Air Cycle Machine and find solutions to solve the problem. The data source is taken based on the Fault Isolation Manual (FIM) reference. After the author found the problem from the Fault Isolation Manual (FIM), the author carried out a visual check refers to the Aircraft Maintenance Manual (AMM) and the problem with the air cycle machine where the blade on the air cycle machine is stuck and cannot twist because it touches the compressor casing and to find items and also the location of the damaged part, you can see the Illustrated Parts Catalog (IPC), after getting the damaged part, the author replaced the damaged part by looking at the Aircraft Maintenance Manual (AMM) to see how to remove, repair and install and also tested after carrying out the replacement to ensure the problem had been successfully resolved.

Keywords: *Air Cylce Machine, Troubleshooting, Boeing 737-800.*

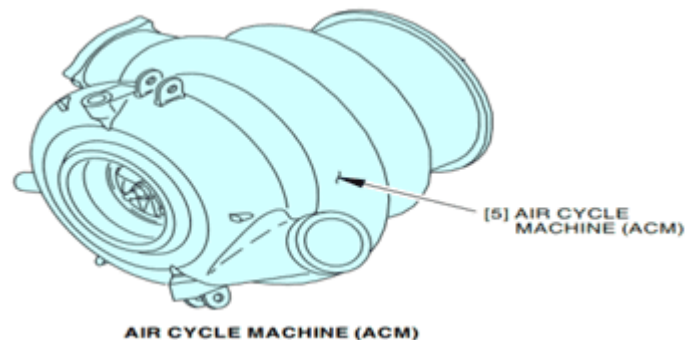
1. Pendahuluan

Pesawat terbang salah satu alat transportasi yang banyak digunakan baik untuk skala domestik maupun skala internasional. Pesawat terbang akan dapat beroperasi dengan baik apabila dilakukan perawatan yang memadai. Oleh sebab itu perawatan dan pemeriksaan pesawat terbang, baik pesawat itu sebelum terbang ataupun sesudah melakukan penerbangan harus dilakukan secara rutin, teliti, dan berdasarkan prosedur yang tercantum pada *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*. [1]

Untuk saat ini maskapai di Indonesia terutama di lion air kebanyakan menggunakan Boeing 737 dengan bermesin turbofan. Boeing 737-800 sendiri merupakan pesawat middle range diklaim irit. Selama proses penerbangan, tentunya untuk mendukung penumpang tetap dalam temperatur yang nyaman, pesawat tersebut dilengkapi dengan sistem *Air Conditioning (AC)*.

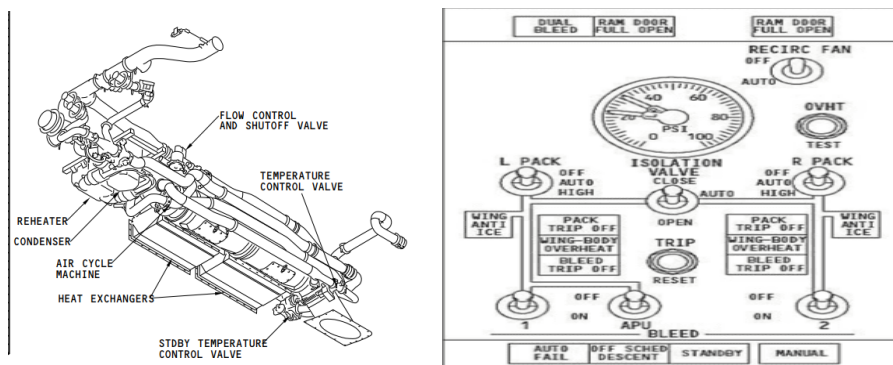
Air Conditioning (AC) adalah salah satu sistem pengendali tekanan dan suhu ruangan di dalam pesawat. Udara dingin yang dihasilkan dari *air conditioning system* telah dikondisikan oleh suatu komponen yaitu *Air Cycle Machine (ACM)*. Pesawat terbang Boeing 737-800 dilengkapi dengan *Air Cycle Machine (ACM)* yang kelengkapannya disesuaikan dengan fungsi serta kemampuan pesawat terbang tersebut pada saat beroperasi. *Air Cycle Machine (ACM)* pada boeing 737-800 menggunakan tipe *three wheel*. *Air Cycle Machine (ACM)* yang dimana *cooled bleed air* dari *primary heat exchanger* memasuki *air cycle machine* di mana udara dikompresi. Udara terkompresi kemudian pergi ke *secondary heat exchanger*, water separator system dan kemudian kembali ke *air cycle machine* di mana *bleed air* dengan cepat diperluas dan dikirim ke *condenser*. [5]

Jadi komponen ini berfungsi sebagai ekspansi udara dan kompresi, *Air Cycle Machine (ACM)* ini untuk merubah udara panas menjadi udara dingin. Komponen ini sangatlah penting karena jika komponen ini mengalami kerusakan akan mengganggu kenyamanan penumpang, karena dapat menyebabkan pengurangan dalam kecepatan dan akan berpengaruh pada hilangnya efisiensi. Suhu akan meningkat dan aliran udara dalam pesawat terbang akan berkurang. [3]



Gambar 1. Air Cycle Machine.[1]

Pada *air conditioning* memiliki beberapa urutan komponen yaitu:



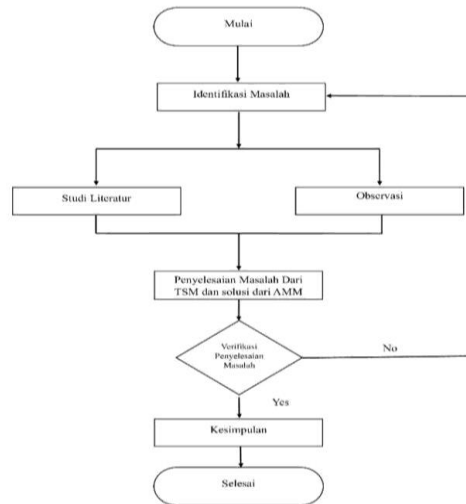
Gambar 2. bagian Air Conditioning.[5]

- *Air Conditioning /Bleed Air Controls Panel*
Air Conditioning/Bleed Air Controls Panel memberikan kontrol dan indikasi sistem pendingin. Ini adalah kontrol dan indikasi pendinginan sistem:
 1. RAM DOOR FULL OPEN lights
 - L/R PACK switches
 - PACK lights
 - TRIP RESET button
 - Flow Control and Shutoff Valve
 Bleed air dari sistem pneumatik menyuplai bleed air ke flow control dan shutoff valve. Valve mengontrol aliran bleed air ke dalam pack. Setelah bleed air melewati flow control dan shutoff valve, ia memasuki heat exchanger.
- *Heat Exchanger*
Heat exchanger adalah sebuah komponen yang dapat menukar panas dua buah fluida yang dapat berupa air maupun udara tanpa mencampur kedua fluida tersebut.
- *Air Cycle Machine*
Air Cycle Machine adalah mesin yang digunakan untuk proses ekspansi dan kompresi udara.
- Reheater
 Reheater meningkatkan suhu udara dalam pack air conditioning sebelum memasuki turbin air cycle machine.
- Condenser
 Condenser menurunkan suhu udara dalam pack air conditioning hingga di bawah titik embun, mengubah uap air menjadi cair.
- Ram Air System
 Ram Air System mengontrol jumlah udara ambient luar yang mengalir melalui heat exchanger.
- Water Extraction
 Water Extraction mengumpulkan dan menghilangkan kelembaban dari udara sebelum masuk ke sistem distribusi.[5]

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk Mengetahui dan Menentukan penyebab kegagalan pada *Air Cycle Machine* di pesawat boeing 737-800, Menentukan Langkah-Langkah, atau *TroubleShooting* untuk mengatasi permasalahan.

Penulisan tugas akhir ini hanya sedikit menjelaskan tentang penyebab kegagalan *Air Cycle Machine* di pesawat Boeing 737-800, kegagalan pada *Air Cyle Machine* ini dikarenakan blade pada *air cycle machine* mengalami stuck tidak bisa twist atau berputar karena menyentuh *compressor casing* dan menentukan cara penyelesaian masalah.

2. Metodologi Penelitian



Gambar 3. Diagram Alur Pengerjaan

1) Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah menurut *Fault Isolation Manual (FIM)* Boeing 737-800 ditemukan beberapa penyebab terkait *Air Conditioning* dan untuk menentukan lokasi kerusakan yang terjadi harus melakukan *operational check* dan mengamati komponen mana yang tidak dapat berfungsi dengan normal, kemudian penulis menemukan permasalahan pada *air cycle machine* yang dimana *air cycle machine* tersebut tidak bisa twist atau berputar karena blade pada *air cycle machine* menyentuh compressor casing faktor balde tidak bisa twist atau berputar karena limitasi atau usia pakai.[4]



Gambar 4. Bagian Blade Air Cycle Machine

2) Studi Literatur

Data dikumpulkan dari berbagai sumber seperti *Aircraft Maintenance Manual Ata 21 Air Conditioning, Maintenance Program (MP), Fault Isolation (FIM)* dari Boeing 737-800. Informasi yang diperoleh kemudian dipelajari untuk memahami terkait permasalahan yang diangkat.

3) Obersevasi

Observasi dilakukan untuk memvalidasi masalah yang teridentifikasi dan untuk mendapatkan informasi tambahan dari para Engineer /teknisi melalui metode wawancara.

- 4) **Penyelesaian Masalah Dari TSM/FIM dan solusi dari AMM**
Setelah mengidentifikasi masalah, dilakukan *Operational Check* pada *Air Conditioning System* untuk mengetahui adanya *Kegagalan* pada *Air Cycle Machine*. Setelah dilakukan pengecekan terdapat indikator *overheat pack* yang tidak sesuai, mengetahui indikator yang tidak sesuai tindakan yang harus dilakukan berdasarkan referensi dari *Aircraft Maintenance Manual (AMM) Air Conditioning* pada komponen *Air Cycle Machine* yang dimana terdapat blade yang stuck tidak bisa twist karena menyentuh compressor casing dan harus di ganti satu assy *Air Cycle Machine* dan untuk melihat part yang akan di ganti dapat di lihat melalui *Illustrated Parts Catalog (IPC) Machine Assy-Air Cycle 21-51-04-01A Boeing 737-600/700/800/900* .[8,9]
- 5) **Verifikasi Penyelesaian Masalah**
Setelah penggantian *Air Cycle Machine*, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa masalah telah teratasi. Jika masalah telah terselesaikan, maka penelitian melanjutkan langkah ke tahap kesimpulan. Namun, jika masalah masih terjadi setelah penggantian *Air Cycle Machine*, langkah-langkah identifikasi masalah kembali diperlukan.
- 6) **Kesimpulan**
Setelah permasalahan sudah diselesaikan, kemudian diperoleh kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan analisis data bahwa pentingnya *air cycle machine* ini berfungsi normal. Penulis dapat belajar bagaimana cara menemukan solusi masalah *air cycle machine* ini tidak bekerja, penulis dapat mengetahui cara mencari sumber referensi dalam pengerjaan dan dapat mengikuti step-step pengerjaan sesuai *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*, dan selalu memperhatikan safety requirements.

3. Analisa Data dan Pembahasan

- **Data Maintenance**

Penelitian ini didasari dengan beberapa kasus yang sama dan pernah terjadi pada beberapa pesawat pada saat proses perawatan pesawat udara dan data untuk unscedule removel pada *air cycle machine*. Data tersebut diambil pada waktu kisaran 24 Jan 2024 sampai dengan 24 Maret 2024 tentang *Air Cycle Machine* data yang sudah dikumpulkan dan ditampilkan pada tabel 1 dan untuk data unscedule removel *air cycle machine* ditampilkan pada table 2.

Pada tabel 1 dibawah ini adalah kerusakan yang sering terjadi pada komponen *Air Cycle Machine* yang ditandai pada indikasi overheat pack dengan kisaran waktu Jan 2024 sampai dengan Mar 2024 dan penulis melakukan penelitian pada pesawat PK-LBS.

Pada tabel 2 dibawah ini dapat dilihat pada jamnya berbeda-beda maka dapat disimpulkan secara garis besar di antaranya yaitu sifat ketahanan komponen *Air Cycle Machine* bergantung sama flight hour, dan iklim setempat dimana pesawat itu terbang yang semakin tinggi flight hour pesawat, maka semakin cepat rusak komponen pesawat karena mempunyai limitasi, yang dimana unscedule removel adalah perhitungan komponen *Air Cycle machine* sebelum pesawat maintenance.

Tabel 1

Masalah	Registrasi	Tanggal	Penyebab	Solusi
Kegagalan pada Air Cycle Machine	PK-LBS	24-Jan-2024	Blade stuck karena menyentuh compressor casing	<i>Replace Air Cycle Mchine</i>
	PK-LUZ	24-Mar-2024	Blade stuck karena menyentuh compressor casing	<i>Replace Air Cycle Machine</i>

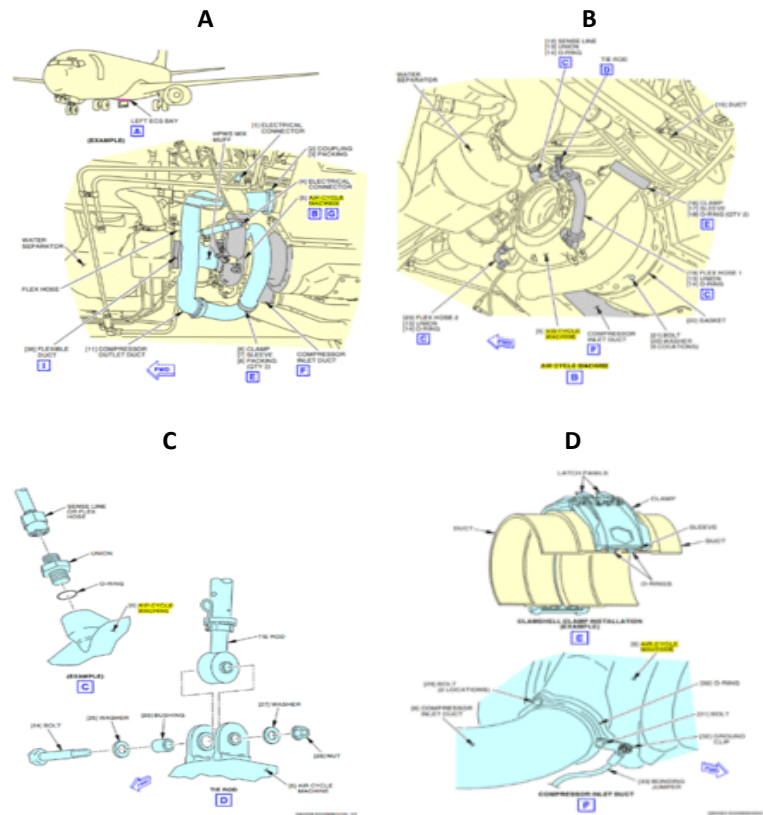
Tabel 2

No	Komponen	Time Failure (hours)
1	Air Cycle Machine	2093
2	Air Cycle Machine	8297
3	Air Cycle Machine	9185
4	Air Cycle Machine	16037
5	Air Cycle Machine	20836
6	Air Cycle Machine	22029
7	Air Cycle Machine	22504
8	Air Cycle Machine	22699
9	Air Cycle Machine	23029
10	Air Cycle Machine	23119
11	Air Cycle Machine	23733
12	Air Cycle Machine	24000
13	Air Cycle Machine	25031
14	Air Cycle Machine	26983
15	Air Cycle Machine	27823
16	Air Cycle Machine	28034
17	Air Cycle Machine	30943
18	Air Cycle Machine	31388
19	Air Cycle Machine	32753
20	Air Cycle Machine	33195
21	Air Cycle Machine	33338
22	Air Cycle Machine	34137

- **Urutan Pekerjaan Pada Air Cycle Machine**

Dalam pengerjaan *air cycle machine* terdapat komponen tersebut tidak bekerja dikarenakan sudah usia pakai. Berdasarkan pengerjaan yang mengacu *AMM (Aircraft Maintenanc Manual)* dan *FIM (Fault Isolation Manual)* yang dimana pengerjaan harus di ganti satu *assy air cycle machine*. Dengan ini keluaranya hasil yang akan dikerjakan pada *MDRR (Maintenanc Defect Recitfication Report)*. Setelah keluar *MDRR (Maintenanc Defect Recitfication Report)* yang di mana fungsi tersebut memberitahukan langkah selanjutnya yang akan di kerjakan dengan berdasarkan *Aircraft Maintenance Manual (AMM) Air Cycle Machine Removal TASK 21-51-04-000-802-002 Boeing 737-600/700/800/900, Aircraft*

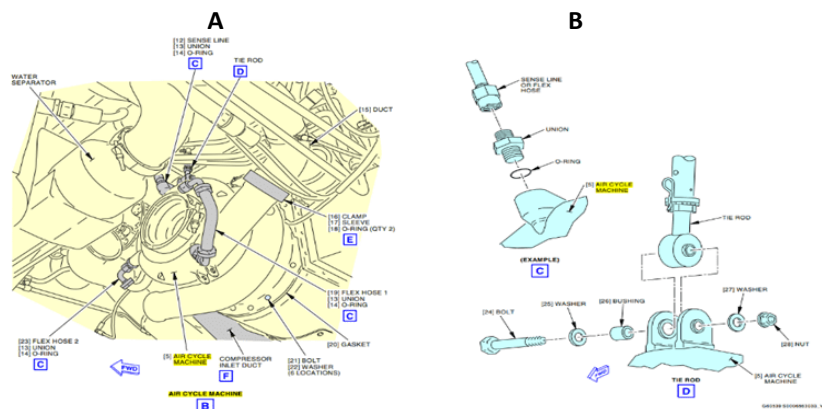
- **Removal Air Cycle Machine**

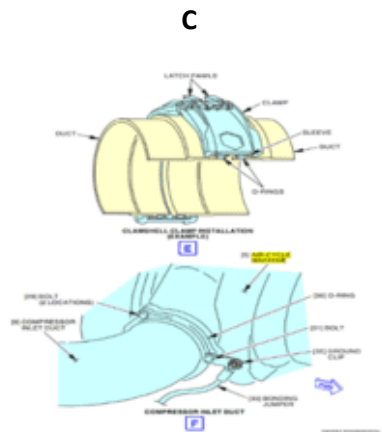


Gambar 5. Bagian Removal Air Cycle Machine

Sebelum melepaskan komponen tersebut harus dengan 2 orang atau lebih karena jika *air cycle machine* jatuh akan merusak komponennya jadi harus berhati-hati dan sebelum melepaskan harus perhatikan bagian-bagian yang menyatu pada *air cycle machine* bisa di lihat melalui refrensi *Aircraft Maintenance Manual (AMM) Air Cycle Machine Removal TASK 21-51-04-000-802-002* dan untuk melepaskan harus juga berhati-hati menurunkan *air cycle machine* , dalam bagian-bagian seperti *clamp, bolt, nut, washer* harus di simpan dengan baik jangan sampai hilang, dan untuk *gasket* harus melakukan pemeriksaan apakah *gasket* tersebut keadaan rusak atau tidak.[6]

- **Installation air cycle machine**





Gambar 6. Instal Air Cycle Machine

Dengan pemasangan ini pertama harus melakukan pasang *gasket*

NOTE: *pastikan lubang pada gasket lurus dengan lubang bolt air cycle machine dan secondary heat exchanger*

Dengan pemasang *air cycle machine* ini harus dengan 2 orang atau lebih karena agar *air cycle machine* tidak jatuh. Jika perlu *lubricant* untuk pemasangan ini dapat menggunakan *distilled water*, *G01061* untuk permukaan *O-ring* atau bisa menggunakan *light coat of grease D00504*, atau *Molykote 44 grease medium D50104*. Kemudian pasang *bushing* pada *tie rod* dan tempatkan *air cycle machine* pada posisinya dan tempatkan pada *washer* pada *shank of the bolt*.

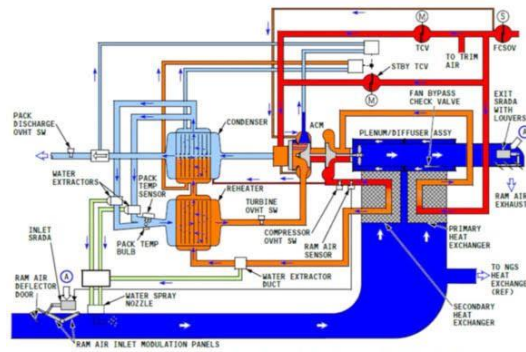
NOTE: *memastikan sisi countersunk dari washer harus berdekatan dengan head of the bolt.*

Dorong *bolt* dan *washer* melalui *tie rod* dan *bushing* lalu pasang *washer* dan *nut* pada *bolt* jangan mengencangkan *nut* sepenuhnya, kemudian oleskan sedikit *compound C00852* pada *threads bolt*, kemudian pasang *bolt* dan *washer* yang menahan *air cycle machine* ke *secondary heat exchanger* dan jangan mengencangkan *bolt* sepenuhnya, kemudian hubungkan *compressor inlet duct* ke *air cycle machine*, oleskan sedikit *compound C00852* pada *thread bolt* dan *bolt*, kemudian pasang *ground clip* ke *bolt* jangan melepaskan *ground clip* dari *bonding jumper* lalu pasang *ground clip* dan *bolt* pada *inlet flange air cycle machine* dan *compressor* dan jangan mengencangkan *bolt* sepenuhnya, lalu oleskan sedikit *grease D00504* pada *O-ring* lalu pasang *O-ring* untuk *inlet duct*, kemudian pindahkan *sleeve* pada *air cycle machine* dan *duct connections* lalu pasang *clamp* pada *duct connections* sesudah memasang semuanya lalu lakukan torsi pada *bolt* dan *nut* sesuai pada referensi *Aircraft Maintenance Manual (AMM) Air Cycle Machine Installation TASK 21-51-04-400-802-002 Boeing 737-600/700/800/900*. [7]

- **Operational Test**

Setelah dilakkan pergantian komponen yang bermasalah maka harus dilakukan adalah operational check yang mengacu pada *AMM (Aircraft Maintenance Manual)*. Operational test dilakukan untuk mengetahui sistem tersebut bekerja dengan sebagaimana mestinya atau di perlukan Kembali perbaikan ulang.

- **System Kerja Air Conditioning**



Gambar 7. Schematic system kerja air conditioning

Udara pada air cycle machine disuplai oleh pneumatic system dari kedua *engine bleed air* dan *Auxiliary PowerUnit (APU)*, udara yang dari bleed air dihasilkan dari engine 1 dan engine 2 dari stage 5 dan 9, untuk udara dari *Auxiliary PowerUnit (APU)* dihasilkan dari electrical.

Udara pneumatic yang digunakan dalam air conditioning system masuk melalui *Flow Control Shut Off Valve (FCISOV)*, ketika udara sudah melewati *Flow Control Shut Off Valve (FCISOV)* udara akan terbagi ke tiga bagian yaitu menuju primary heat exchanger, menuju *Temperature Control valve (TCV)* dan menuju ke standby *Temperature Control valve (TCV)*. Udara yang mengarah ke primary heat exchanger adalah udara yang akan diturunkan temperaturnya. Sedangkan udara yang mengarah ke *Temperature Control valve (TCV)* dan ke standby *Temperature Control valve (TCV)* adalah udara yang digunakan untuk mentrim out put dari turbin *Air Cycle Machine (ACM)* pada gambar tersebut yang berwarna merah adalah udara panas. Setelah udara melewati *primary heat exchanger* warna pada gambar yang tadi merah berubah menjadi orange yang menandakan penurunan tempratur, penurunan tempratur disebabkan ada udara yang mendinginkan yaitu melalui ram inlet apabila pesawat on ground atau pada saat in flight itu udara masuk sendiri untuk mendinginkan heat exchanger dan keluar melalui ram air exhaust karena udara luar lebih dingin otomatis udara pada system pneumatic akan ada penurunan tempratur, setelah udara masuk melewati primary heat exchanger udara akan masuk ke kompresor *Air Cycle Machine (ACM)* jadi udara yang masuk kompresor *Air Cycle Machine (ACM)* udara yang akan dikompresikan sehingga mengalami kenaikan temperature bisa dilihat pada Gambar berubah menjadi warna merah Kembali.

Setelah melewati kompresor *Air Cycle Machine (ACM)* udara akan didinginkan kembali oleh *secondary heat exchanger*. Udara yang telah melewati *secondary heat exchanger* akan mengalami penurunan temperature kembali bisa di liat pada gambar berubah menjadi orange kembali, lalu udara dipisahkan melalui *water extractor duct* karena partikel air yang terkandung didalam udara akan dikumpulkan untuk *water spray nozzle* agar colling dari ram inlet semakin maksimal. Setelah udara melewati *water extractor duct*, udara akan melalui reheater.

Reheater berfungsi untuk menghangatkan udara agar udara yang masuk ke turbin *Air Cycle Machine (ACM)* tidak terlalu dingin yang bisa menyebabkan pembekuan atau icing. Setelah melalui *reheater* udara akan masuk ke *condensor*, disini udara di kondensasikan menggunakan udara dingin output dari cooling turbin *Air Cycle Machine (ACM)* sehingga diharapkan partikel udara dengan air sudah benar-benar terpisah. Setelah melalui *condensor* udara akan masuk ke *water extractor*. Disini udara digerakan secara centrifungal untuk memisahkan antara air dengan udara. Air akan dialirkan untuk *water spray nozzle* untuk membantu cooling dari *heat exchanger*. Setelah air dan udara terpisah udara akan diarahkan kembali menuju *reheater* dan akan mengalir kembali ke cooling turbin *Air Cycle Machine (ACM)*. Pada turbin ini terjadi ekspansi volume atau area sehingga menyebabkan lebih dingin. Output dari turbin *Air Cycle*

Machine (ACM) ini digunakan untuk mengkondensasikan udara yang ada di *condensor*, dan di turbin Air Cycle Machine (ACM) ini merupakan tempat masuknya udara panas yang berasal dari *Temperature Control valve (TCV)* dan *standbay Temperature Control valve (TCV)* yang open dan akan trim udara panas output dari turbine Air Cycle Machine (ACM) agar output udara yang dikondisikan sesuai dengan yang diinginkan. Apabila terjadi perbedaan pressure akan dideteksi dari sensor differential pressure bahwa ada icing di *condensor*, jika ditemukan icing di *condensor* standbay *Temperature Control valve (TCV)* akan mengalirkan udara panas ke output turbin ACM sehingga diharapkan dapat memecahkan es maka tidak ada es yang memblok di *condensor*. Setelah udara melewati *condensor* udara akan mengalir ke *mix manifold*. Udara yang sudah keluar dari *pack air conditioning system* adalah udara yang telah terkondisikan sudah sesuai dengan yang diinginkan dan sudah sesuai dengan temperatur yang setting di cockpit pesawat dan dari beberapa sensor.[2]

4. Kesimpulan

Berdasarkan pemeriksaan yang telah dilakukan yang mengacu pada referensi AMM (*Aircraft Maintenance Manual*) *Ata Chapter 21*, dan FIM (*Fault Insolation Manual*) maka dapat diambil kesimpulan bahwa faktor yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada *Air Cycle Machine* pada Pesawat Boeing 737-800 adalah akibat dari blade yang stuck tidak bisa twist, sehingga tindakan yang dilakukan adalah melakukan *Replace Air Cycle Machine*, dan penyebab lainnya *Air Cycle Machine* tidak bekerja bisa dengan baik karena blade yang broken/crack. efek dari *air cycle machine* yang tidak diganti akan dapat menyebabkan pengurangan dalam kecepatan dan akan berpengaruh pada hilangnya efisiensi. Suhu akan meningkat dan aliran udara dalam pesawat terbang akan berkurang dan dapat membuat penumpang tidak nyaman pada saat di pesawat. Dalam hal ini langkah-langkah penggantian *air cycle machine* dilakukan sesuai dengan *Aircraft Maintenance Manual (AMM) Chapter 21 Air Conditioning – Air Cycle Machine Removal TASK 21-51-04-000-802-002 Boeing 737-600/700/800/900* dan *Aircraft Maintenance Manual (AMM) Chapter 21 Air Conditioning – Air Cycle Machine Installation TASK 21-51-04-400-802-002 Boeing 737-600/700/800/900*.

5. Daftar Pustaka

- [1]. *Jurnal Teknik STTKD Vol.2, No. 1, Juli 2015*
- [2]. Subiyono, G. (2015). *Sistem Operasional Air Cycle Machine Pada Air Conditioning Pesawat Boeing 737-Series. Jurnal Teknik STTKD Vol.2, No. 1,, 13-24.*
<https://ejournals.itda.ac.id/index.php/vortex/article/download/1532/pdf>
- [3]. Ebeling, C. E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering.* Singapore: McGraw-Hill Book.
https://ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/viewFile/14362/2563
- [4]. *Aircraft Maintenance Manual (AMM) Chapter 21 Air Conditioning 21-50-00 Boeing 737-600/700/800/900*
- [5]. *Aircraft Maintenance Manual (AMM) SDS Chapter 21 Air Conditioning 21-50-00 Boeing 737-600/700/800/900*
- [6] *Aircraft Maintenance Manual (AMM) Chapter 21 Air Conditioning – Air Cycle Machine Removal TASK 21-51-04-000-802-002 Boeing 737-600/700/800/900*

*[7]. Aircraft Maintenance Manual (AMM) Chapter 21 Air Conditioning – Air Cycle Machine Installation
TASK 21-51-04-400-802-002 Boeing 737-600/700/800/900*

*[8]. Fault Isolation Manual (FIM) Chapter 21 Air Conditioning 21-62 TASK 849 Boeing 737-
600/700/800/900*

[9]. Illustrated Parts Catalog (IPC) Machine Assy-Air Cycle 21-51-04-01A Boeing 737-600/700/800/900