

Studi Kasus *Pitot Tube Blockage* pada Pesawat Boeing

737-900 PK-LFK

Chandra Adrian Gultom^{*}, James Siregar^{*} and Moeljanto^{*}

^{*} Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: chandraadriangultom@email.com

Abstrak

Pitot tube adalah tabung yang secara efektif mengukur *dynamic pressure* udara saat pesawat bergerak. Namun dalam penggunaa *pitot tube* sering kali mengalami penyumbatan yang dapat mengakibatkan kesalahan pengukuran yang dapat berpotensi pada kecelakaan. Penyumbatan ini biasanya disebabkan oleh debu, kotoran dan es yang dapat menutup lobang pada aliran udara yang masuk kedalam *pitot tube*. Penelitian ini mengkaji penyebab mengapa terjadi *pitot tube blockage* serta mencari solusi terhadap kasus *pitot tube blockage* pada Pesawat Boeing 737-900. Latar belakang penelitian ini mengidentifikasi permasalahan krusial yang terkait dalam kejadian *Pitot tube Blockage*. Tujuan dari penelitian ini untuk memastikan fungsi dari kinerja *Pitot tube* ini kembali normal demi menjaga keselamatan dalam pengoperasian penerbangan. Metode penelitian ini meliputi inspection manual terhadap *pitot tube* dan pengecekan pada sensor *heater* yang berada di *pitot tube*. Setelah itu melakukan kinerja berdasarkan *Manual (FIM)*, *Aircraft Maintenance Manual (AMM)* Langkah-langkah dalam *Fault Isolation Manual (FIM)* Boeing 737-600/700/800/900^[1] dan penggantian komponen jika ada pemasalahan kerusakan sesuai dengan panduan dari *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*^[2]. Hasil dari penelitian adalah terjadinya *blockage* pada *pitot tube* yang disebabkan oleh pembekuan es di dalam *pitot tube*. Pembekuan es terjadi karena tidak berfungsinya sensor *heater* yang terdapat pada *pitot tube*

Kata kunci: *Pitot Tube Blockage*, *Fault Isolation*

Abstract

A Pitot tube is a tube that effectively measures the dynamic pressure of the air when an aircraft is moving. However, in practice, Pitot tubes often experience blockages that can lead to measurement errors, potentially resulting in accidents. These blockages are usually caused by dust, dirt, and ice that can clog the inlet of the airflow into the Pitot tube. This study examines the causes of Pitot tube blockages and seeks solutions to address such cases in the Boeing 737-900 aircraft. The background of this research identifies crucial issues related to the occurrence of Pitot tube blockages. The objective of this research is to ensure the functionality of the Pitot tube is restored to normal to maintain safety in flight operations. The research methods include manual inspection of the Pitot tube and checking the heater sensor located in the Pitot tube. Subsequently, the performance is carried out based on the *Fault Isolation Manual (FIM)*, *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*, and the steps outlined in the *Fault Isolation Manual (FIM)* for the Boeing 737-600/700/800/900, as well as the replacement of components if there are any issues according to the guidelines in the *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*. The results of the study indicate that the blockage in the Pitot tube was caused by ice formation inside the tube. The ice formation occurred due to the malfunction of the heater sensor within the Pitot tube.

1 Pendahuluan

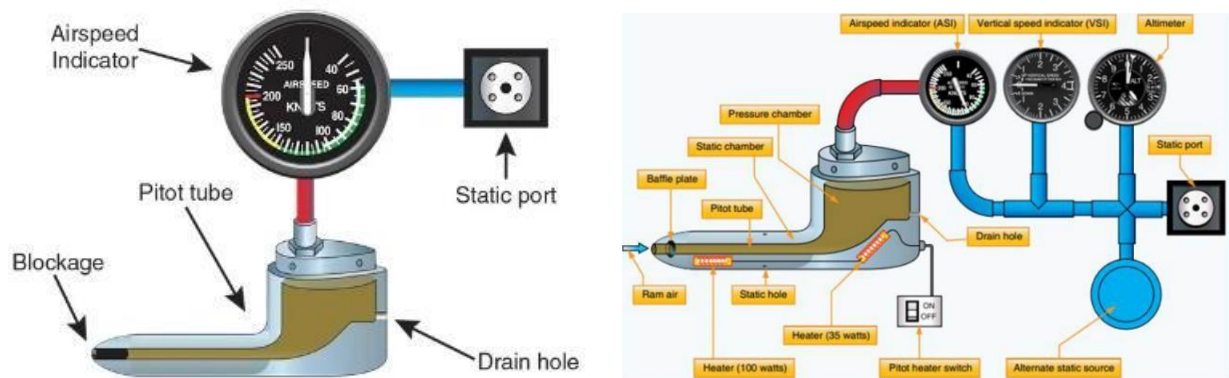
Dalam dunia penerbangan, keamanan merupakan prioritas utama. Setiap aspek dari pesawat terbang harus diperiksa secara ekstensif untuk memastikan operasinya yang aman dan andal. Salah satu elemen penting dalam pengoperasian pesawat adalah sistem pengukuran kecepatan udara, yang memungkinkan pilot untuk memantau kecepatan pesawat selama penerbangan. Pengukuran kecepatan ini menjadi kunci dalam mengatur kestabilan dan kinerja pesawat, serta memastikan navigasi yang tepat. Salah satu teknologi yang digunakan dalam pengukuran kecepatan udara adalah *pitot tube*, atau yang dikenal juga sebagai *pitot-static system*. Namun, seperti halnya komponen lainnya, *pitot tube* juga rentan terhadap gangguan atau kerusakan. Pada pesawat *Boeing 737-900 PK LFK* ini terjadi *pitot tube blockages* menyebabkan tekanan yang ditunjukkan pada *Airspeed Indicator* ini menjadi tidak beraturan, sehingga *dynamic pressure* yang di hasilkan oleh *Pitot tube* menjadi tidak terbaca pada *Airspeed Indicator (ASI)*. Dalam situasi seperti ini dapat mengganggu operasional dan keselamatan penerbangan. Dengan demikian, teknisi harus segera melakukan perbaikan atau *maintenance* pada pesawat tersebut sesegera mungkin.

Pitot tube merupakan suatu komponen yang terletak pada *nose* pesawat (**Gambar 1**) yang berfungsi untuk mengukur tekanan dinamis udara yang disebabkan oleh gerakan pesawat melalui udara serta informasi data kecepatan udara



Gambar 1: Contoh Pitot Tube Location pada pesawat Boeing 737-900

Pitot tube merupakan sebuah tabung/alat yang memiliki system yang dinamakan *pitot statis*^[4]. *Pitot tube* dan *static port* memiliki hubungan yang erat dengan *ASI (Airspeed Indicator)*. Cara kerjanya, pengukuran *total pressure* oleh *pitot tube* dikirimkan kepada *ASI*. Sementara itu, pengukuran *static pressure* oleh *static port* dikirimkan juga kepada *ASI* dan menjadi negasi dari *total pressure*. Hasilnya yang terindikasi di *ASI* hanyalah *dynamic pressure*^[4]. Sistem *pitot-statis* adalah sistem pesawat berbasis tekanan yang mengukur dan membandingkan tekanan udara ram dan *tekanan statis*. Data tersebut kemudian dikirimkan ke instrumen pesawat di *kokpit*, memberikan informasi kepada pilot mengenai ketinggian pesawat, kecepatan udara, dan kecepatan *vertical* yang terbaca oleh *ASI*. System normal alur masuknya *pressure* udara dari *pitot tube* hingga terbaca oleh *Airspeed Indicator (ASI)* ^[4] pada **gambar 2**



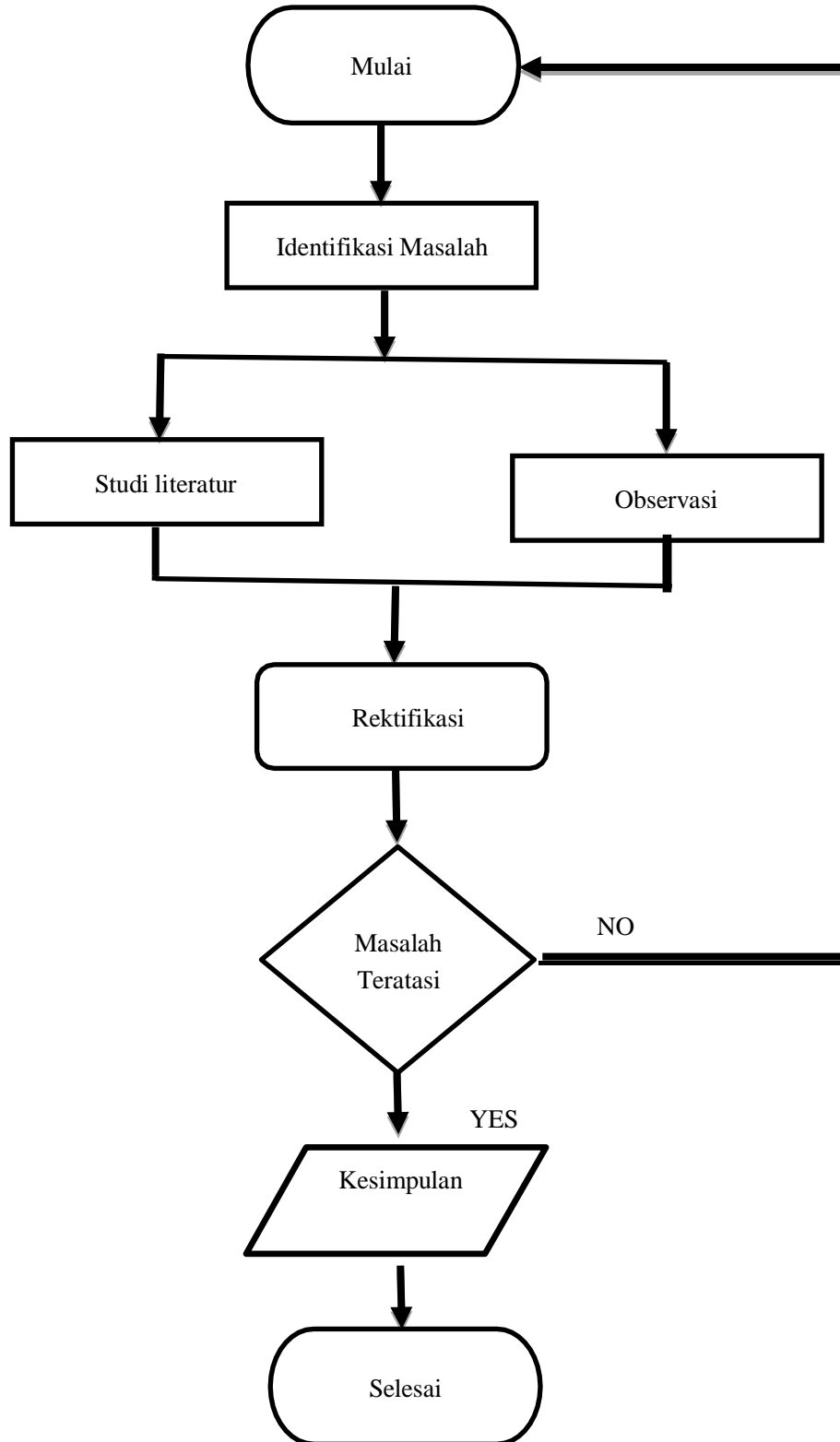
Gambar 2: Schematic pitot tube line

1.1 Pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, melakukan perawatan, perbaikan pada *Pitot tube blockages pesawat Boeing 737-900*

1.2 Batasan masalah penelitian ini hanya pada masalah *Pitot tube blockages* yang terjadi pada pesawat *Boeing 737-900 PK LFK*, serta melakukan step perbaikan atau penggantian pada *part* yang mengalami kerusakan sehingga menyebabkan *Pitot* mengalami *blockage*

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alur Penelitian



Gambar 3: Flowchart dari metodologi Penelitian

2.1 Identifikasi Masalah

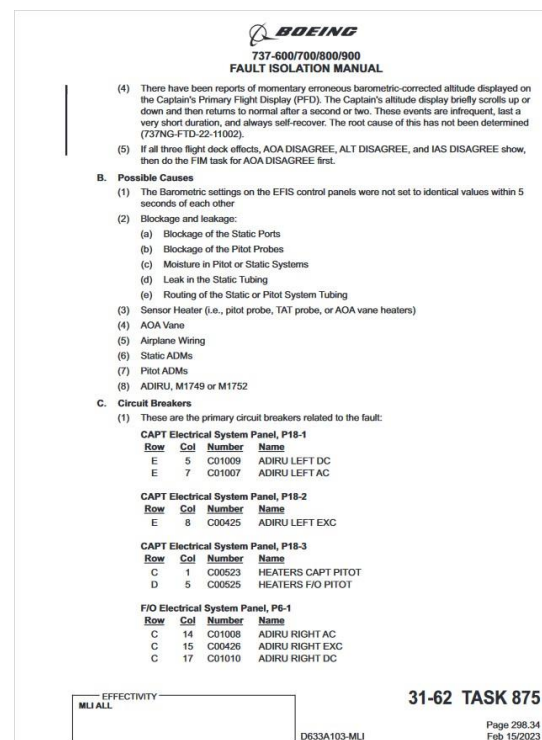
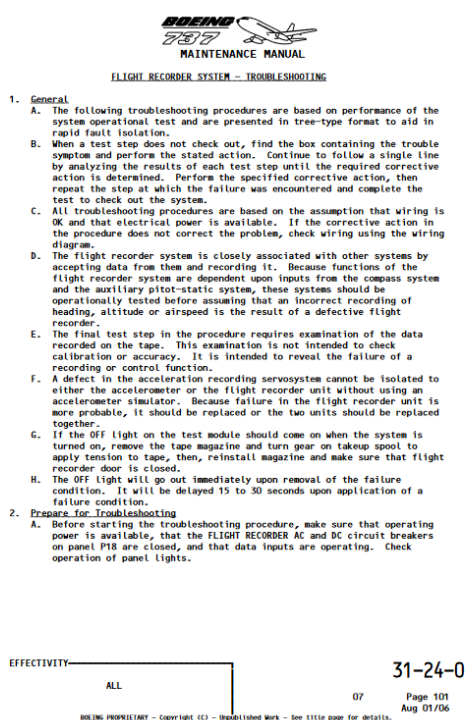
Pada tahap ini dilakukan indentifikasi masalah menurut *Fault Isolation Manual (FIM)* Boeing 737-600/700/800/900, ditemukan beberapa yang memungkinkan terjadinya *Pitot tube blockage* antara disebabkan oleh

1. *Blockage and leakage, Sensor heater (pitot probe, TAT probe or AOA vane heater),*
2. *AOA vane, Airplane Wiring, Pitot ADMs, Static ADMs, ADIRU, M1749 or M1752, Damage to the Nose Radome.*

Untuk memastikan dimana letak sesungguhnya kerusakan yang terjadi maka terlebih dahulu melakukan *operational check* serta *inspection check* untuk mengamati komponen mana yang tidak berfungsi secara normal.

2.2 Studi Literatur

Pengumpulan data dan kemudian dipelajari terkait dengan permasalahan yang diangkat berdasarkan *Training manual, Maintenance Program (MP), Fault Isolation Manual (FIM)*^[1] *Aircraft Maintenance Manual (AMM)* dari Boeing 737^[2] (**Gambar 4**).



Gambar 4: Contoh Gambar Referensi Manual

2.3 Observasi

Observasi dilaksanakan untuk mengetahui permasalahan tersebut, serta melakukan konsultasi kepada *Engineer* perihal faktor apa saja yang menjadi penyebab *Pitot tube* tersebut mengalami blok sehingga *Airspeed indicator* menjadi tidak beraturan dan cara *troubleshooting* masalah terkait

2.4 Rektifikasi

Setelah ditemukan letak permasalahan langkah ini adalah *action* atau pengerjaan yang dilakukan dengan referensi yang telah ditentukan *AMM* sehingga langkah *remove, install* dan tes komponen yang *serviceable* harus sesuai dengan apa yang tertulis di *AMM*.

2.5 Masalah Teratasi

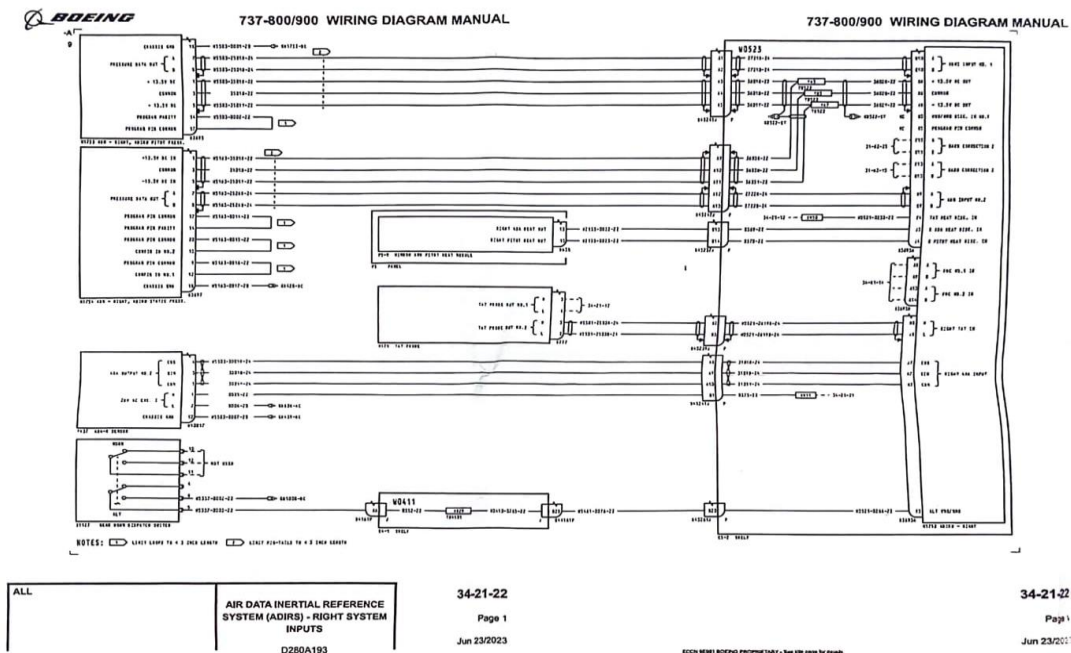
Setelah melakukan pemasangan komponen yang *servicable* dan dilakukan test apakah masalah yang di alami dapat terselesaikan atau tidak, jika dapat terselesaikan maka lanjutkan kepada kesimpulan akan tetapi jika telah dilakukan pergantian kepada komponen yang *serviceable* dan masih tidak dapat terselesaikan maka kita dapat melanjutkan ke step berikutnya yang telah tersedia pada *Fault Isolation Manual (FIM)*^[1].

2.6 Kesimpulan

Sesuai dengan diagram alur penelitian yang tertera di **gambar 2** apabila masalah yang di kerjakan telah teratasi, penulis menuliskan pernyataan singkat tentang hasil analisis dan letak permasalahan yang dialami pada pesawat *Boeing 737-900 PK LFK* telah teratasi

3. Analisa data dan Pembahasan

Pada saat pengerjaan GVI (*General Visual Inspection*) yang dilakukan pada pesawat *Boeing 737-900 PK LFK* ditemukan endapan air yang terdapat pada tabung *pitot tube*. Endapan air yang ditemukan terdapat pada tabung *pitot tube* yang terletak sebelah kanan pesawat. Endapan air tersebut yang membuat kinerja pada *Indicator ASI (Airspeed Indicator)* tidak bekerja secara normal. Endapan tersebut terjadi karena tidak adanya pemanasan di dalam tabung *pitot tube*, karena *Sensor Heater* didalam tabung *pitot tube* mengalami kerusakan. Setelah mengetahui letak penyumbatan yang terjadi maka dilakukan pengerjaan pelepasan tabung *pitot tube* untuk mengukur endapan air tersebut serta mencabut *Connector wire* pada *sensor heater pitot tube*. Pengerjaan pelepasan tabung *pitot tube* dan penggantian *sensor heater*. Pengerjaan dilakukan sesuai pada panduan *Aircraft Maintenance Manual Boeing Company chapter 34-11-0* [2] dan *Wiring Diagram Manual*[5]. **Gambar 5** Setelah dilakukannya pelepasan pada Tabung *pitot tube* tersebut maka dilakukannya *Cleaning* untuk mengeluarkan endapan Air yang terdapat pada *pitot tube*. Setelah dilakukan *Cleaning* pada *pitot tube*, kemudian *pitot tube* di pasang kembali dengan berpanduan pada *Aircraft Maintenance Manual Boeing Company chapter 34-11-11*[2]. Apabila pemasangan telah terlaksana dengan mengikuti arah panduan dari gambar diagram yang tertera pada *Wiring Diagram Manual*[5] untuk pemasangan part *connector sensor heater* yang baru maka dilakukan pengetesan pada komponen dengan menggunakan *tools ADC Tester*. Pengetesan tersebut memastikan bahwa pada *pitot tube* sudah di pastikan terpasang dengan baik. Kegunaan dari *ADC tester* yaitu untuk memeriksa apakah ada terjadi *leak* pada saat pemasangan *pitot tube* tersebut atau tidak dan juga memeriksa apakah *pitot* sudah terhubung pada *DU (Data Unit)* yang berada di *Cockpit*. Ketika *Pitot* sudah terpasang maka dilakukan perbandingan data pada setiap *pitot* yang berada pada tiap sisi badan pesawat. Data dapat terlihat melalui *DU (Data Unit)* yang berada di *Cockpit* dan juga dapat menggunakan *tools ADTS (Air data Tester)* untuk perbandingan data tersebut. Pada saat pemasangan *pitot tube* terdapat berapa kali percobaan pengetesan dikarenakan saat terjadinya pemasangan terjadi kebocoron pada *pitot tube*. Sehingga pada pengerjaan *actual test* yang dikumpulkan berbeda dengan actual prosedur pada *AMM (Aircraft Maintenance Manual)chapter34-11-01*[2] yang actualnya sebesar 4.53 ± 0.16 In.Hg. Pada saat operasional test hasil dari pengerjaan pertama pada pemasangan *pitot tube* aktual tekanan udara yang masuk sebesar 2.24In.Hg. Sehingga *pitot tube* dilepaskan dan dilakukan *inspection* kembali. Sesudah dilakukan *Inspection* pada *pitot tube*, *pitot tube* dapat di pasang kembali dan melanjutkan pemeriksaan aktual data. Pada operasional test kedua aktual data test yang masuk semakin mengecil, data yang diperoleh sebesar 0.30 In.Hg, sehingga *pitot tube* dilepaskan lagi dan dilakukan pengecekan kembali sampai aktual data yang masuk sama dengan *AMM (Aircraft Maintenance Manual)chapter 34-11-11*[2]. Pada proses operasional tes ketiga aktual data semakin meningkat akan tetapi belum memenuhi syarat, sehingga alat operasional test tersebut dilakukan reset data, sehingga pada proses pengerjaan operasional tes yang keempat data aktual tes sama seperti kriteria pada aktual yang berada di *AMM (Aircraft Maintenance Manual)chapter 34-11-00*[2] **Gambar 6**



Gambar 5 wiring diagram manual sensor heater

C. Prepare for the Leak Test

SUBTASK 34-11-00-000-133

WARNING MAKE SURE THAT THE ATC TRANSPONDERS ARE IN THE STANDBY MODE WHEN YOU SIMULATE ALTITUDE. YOU CAN ACCIDENTALLY CAUSE TCAS TARGETS. AIR TRAFFIC IN THE AREA WILL CHANGE DIRECTION QUICKLY TO GO AWAY FROM THESE TARGETS. THIS CAN CAUSE INJURIES TO PERSONNEL AND DAMAGE TO EQUIPMENT.

- (1) Make sure that the ATC transponders are in standby mode.
- (2) Make sure that the Autopilot Flight Director System is off.
- (3) Make sure that the IRS R and IRS L switches on the IRS Mode Select Unit, located on the P5-69 panel, are in the off position.

SUBTASK 34-11-00-000-130

- (4) Open those circuit breakers and install safety tags:

CAPT Electrical System Panel, P18-3

Row	Col	Number	Name
C	1	C00523	HEATERS CAPT PITOT
C	2	C00238	HEATERS TEMP PROBE
D	5	C00525	HEATERS F/O PITOT
D	6	C00524	HEATERS AUX PITOT

D. Installation of Pitot Probe Adapter

SUBTASK 34-11-00-000-133

CAUTION MAKE SURE THAT THE PITOT PROBE HAS NO ADDED WEIGHT ON IT FROM THE TEST HOSE. THE WEIGHT OF THE TEST HOSE CAN BEND OR TWIST THE PITOT PROBE OUT OF TOLERANCE.

- (1) Install the pitot test adapter, COM-1916 on the upper pitot probe on the right side of the forward fuselage.
- (2) Connect the air data model test set, COM-1914 or the Air Data Test Set (non RVSM), COM-13545 to the pitot test adapter, COM-1916.

E. Right Pitot System Leak Test

SUBTASK 34-11-00-700-000

CAUTION MAKE SURE THAT THE PRESSURE IN THE AIR DATA MODULE (ADM) IS NOT TOO HIGH. PRESSURE THAT IS MORE THAN 39.865 INCHES HG (1,350 MB) WILL CAUSE DAMAGE TO THE ADM.

- (1) Operate the air data test set to apply pressure of 4.53 ±0.16 in/Hg (2.22 ±0.08 psig) (gauge), 2.22 ±0.08 psig (153.1 ±5.5 mBar), or 300 ±5 knots.
- (2) When the test pressure is reached, stop for one minute to allow the system to stabilize.

Table operational test pitot tube

Pengujian	Actual Test	Normal
1	2.24 In.Hg	4.53 In.Hg
2	0.30 In.Hg	4.53 In.Hg
3	3.65 In.Hg	4.53 In.Hg
4	4.52 In.Hg	4.53 In.Hg

EFFECTIVITY
GEF ALL

34-11-00

D633A101-GEF

Page 529
Jun 15/2021

©2021 BOEING PROPRIETARY - Copyright © Unpublished Work - See title page for details

Gambar 6 AMM operational data test

4. Kesimpulan

Penelitian ini menemukan bahwa *blockage* pada *Pitot tube* yang disebabkan oleh rusaknya *Sensor heater* yang menyebabkan *pressure* udara secara signifikan mengalami ke tidak akuratan. Sesudah dilakukannya pengerjaan serta perbaikan pada *Pitot tube*, dan operational test untuk pengumpulan data serta memastikan sensor heater berfungsi maka *Pitot tube* tersebut sudah kembali normal sehingga keakuratan *pressure* pada *Pitot tube* kembali normal pada pesawat *Boeing 737-900 PK-LFK*. Penelitian ini juga berguna bahwa betapa pentingnya pemeliharaan *pitot tube* untuk memastikan keakuratan *pressure* yang terdapat pada *pitot tube* dan menghindari potensi resiko keselamatan yang disebabkan oleh kesalahan pengukuran akibat *blockage*.

5. Daftar Pustaka

- [1] Boeing Company – *Fault Isolation Manual Chapter 31 and 34 INDICATING/ RECORDING SYSTEM 15 february2023 7 and NAVIGATION 25 Maret 2024.*
- [2] Boeing Company – *Aircraft Maintenance Manual SDS Chapter 31 INDICATING/ RECORDING SYSTEMS 14 Maret 2024*
- [3] Boeing Company – *Illustrated Parts Catalog*
- [4] <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/>
- [5] *Wiring Diagram Manual Chapter 34 29 Agustus 2023*