

IDENTIFIKASI KEGAGALAN PADA KOMPONEN PITOT PROBE BOEING 737-900ER

Cristhina¹, Sri Mulyani², Istyawan Priyahapsara³

¹²³Teknik Dirgantara, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Yogyakarta
tinacampus2019@gmail.com, srimulyani042@gmail.com, istyawanpriyahapsara@gmail.com

Abstract

Based on Boeing 737-900ER unscheduled removal data of pitot probe 0851HT-1 January, 2020 to November, 2021 found 14 removal for pitot probe with one of the defect is "pitot light on". This indicate that there is a problem with the component and can disrupt the pilot and delay the aircraft. Knowing the result of failure identification and the type of failure be the aim of this research. Analysis using Failure Mode and Effect Analysis used to identify failure modes, causes and effects of failure, severity, occurrence, and detection ranking so that the risk priority number obtained. Based on the FMEA Worksheet, there are 8 failure modes that occur on the pitot probe with the highest Risk Priority Number is 126 on mode "IAS AND ALT DISAGREE".

Keywords: FMEA, failure, pitot

1. Pengantar

Pitot probe dengan part number 0851HT-1 merupakan komponen yang digunakan pada pesawat Boeing 737-900ER. Terdapat total 5 *pitot probe* yang terpasang untuk mendukung kerja sistem pesawat, yaitu 3 *pitot probe* untuk *static and total air pressure system* dan 2 *pitot probe* untuk *elevator and tab control system*.

Static and total air pressure system sendiri merupakan sistem yang berfungsi untuk mengukur tekanan udara dan menghitung parameter-parameter terbang seperti *airspeed* dan *altitude*. *Pitot probe* menjadi tempat masuknya udara untuk selanjutnya diukur tekanan udara yang disebut dengan tekanan udara pitot (*pitot air pressure*). Tekanan udara pitot ini dibutuhkan oleh *air data inertial reference unit* (ADIRU) untuk menghitung *airspeed* dan *Mach number*.

Berdasarkan data *removal pitot probe* 0851HT-1 Boeing 737-900ER milik PT X pada *static and total air pressure system* periode Januari 2020 hingga November 2021, ditemukan 14 kejadian *removal* pada komponen ini. Salah satu *defect* yang terjadi adalah "*pitot light on*". Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat masalah dengan komponen tersebut. Apabila terdapat masalah dengan komponen ini, dapat mengganggu kerja pilot bahkan menunda operasional pesawat hingga menyebabkan *delay*. Oleh karena itu, setiap kegagalan yang terjadi perlu dilakukan analisis agar dapat meminimalisir pengulangan kegagalan bahkan mencegah kerugian dimasa yang akan datang.

Analisis kegagalan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dapat digunakan untuk mengidentifikasi mode-mode kegagalan menggunakan parameter yang telah ditetapkan, dilanjutkan dengan perhitungan Angka Prioritas Risiko. Melalui tahapan tersebut dapat ditentukan tingkat kekritisitas untuk setiap modus kegagalan, kemudian menentukan tindakan penanganan terhadap modus kegagalan yang kritis.

2. Metodologi Penelitian

Beberapa metode Penelitian, antara lain:

a. Pengamatan data dan identifikasi masalah

Penulis mengamati data kerusakan khususnya pada komponen *Pitot Probe* pesawat Boeing 737-900ER. Proses pengamatan data dilakukan dengan mengelompokkan masalah yang terdapat pada data *component unscheduled removal* pada pesawat Boeing 737-900ER.

b. Studi Pustaka

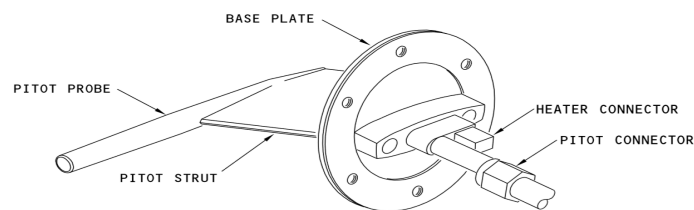
Studi pustaka dilakukan untuk menemukan penyelesaian dari permasalahan berupa referensi dari buku, jurnal dan artikel penelitian berkaitan dengan bidang yang diambil.

c. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada mekanik dan *engineer* yang memiliki kemampuan dan menguasai masalah secara lisan mengenai hal yang berkaitan dengan permasalahan pada tugas akhir ini

c. Pitot Probe

Pitot probe berfungsi untuk mengukur tekanan udara *pitot*. *Pitot probe* menghadap kedepan untuk mengukur tekanan udara. Sebuah *strut* memisahkan *probe* beberapa inci dari *skin* pesawat untuk mengurangi efek turbulensi aliran udara. *Base plate* terdiri dari *electrical connector* dan *pressure connector*. Terdapat *anti-icing heater* pada *probe* untuk mencegah pembentukan es. *Heater* menempel dengan *electrical connector* pada *base plate*.



Gambar 1. *Pitot Probe*

Sumber: AMM Boeing 737-900ER

Pitot probe milik *captain* terletak disebelah kiri pesawat, sedangkan *pitot probe* milik *first officer* dan *aux pitot probe* terletak disebelah kanan pesawat. *Static and total air pressure system* berfungsi untuk mengukur tekanan udara *pitot* dan *static*. Tekanan-tekanan ini digunakan untuk menghitung parameter-parameter terbang seperti *airspeed* dan *altitude*. *Static and total air pressure system* mendapatkan *input* tekanan udara dari *pitot probe* dan *static port* yang terletak pada bagian depan *fuselage* pesawat. Terdapat *pneumatic tubing* yang digunakan untuk menghubungkan komponen *pitot-static*. *Drain fitting* digunakan untuk membuang air karena kondensasi pada hubungan *pitot-static*. Dua *pitot probe* utama terhubung dengan dua *pitot air data module* (ADM). ADM mengubah tekanan udara menjadi sinyal *electrical* dan mengirim sinyal tersebut ke *air data inertial reference unit* (ADIRU). ADIRU menggunakan sinyal tersebut untuk menghitung parameter terbang seperti *airspeed* dan *altitude*. *Aux pitot probe* terhubung dengan *integrated standby flight display* (ISFD).

d. Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah teknik yang digunakan untuk meningkatkan keandalan dan keamanan suatu proses dengan cara mengidentifikasi potensi kegagalan - atau disebut modus kegagalan - pada proses tersebut. Setiap modus kegagalan akan dinilai menggunakan tiga parameter, yaitu keparahan (*severity-S*), kemungkinan terjadinya (*occurrence-O*), dan kemungkinan kegagalan deteksi (*detectability-D*). Ketiga parameter itu kemudian digabungkan untuk menentukan signifikansi kekritisitas dari setiap modus kegagalan. Gabungan dari tiga parameter tersebut dikenal dengan Angka Prioritas Risiko (*Risk Priority Number-RPN*). (Alijoyo, Wijaya, & Jacob, 2020)

Terdapat beberapa *item* dalam pembuatan FMEA *worksheet* yaitu:

1) Potential Failure Mode

Potential failure mode adalah suatu potensi kegagalan yang ditemukan pada suatu sistem dengan cara pemikiran logika. *Potential failure mode* didefinisikan sebagai cara dimana komponen, subsistem, atau sistem berpotensi gagal memenuhi tujuan desainnya. Untuk menentukan *potential failure mode* dapat dimulai dengan meninjau hal-hal yang tidak beres yang pernah terjadi, dokumen-dokumen yang berkaitan dengan kerusakan, dan diskusi kelompok. Beberapa tipe mode kegagalan dapat berupa retak, cacat, aus, bocor, arus singkat (elektrik), teroksidasi, dan patah.

2) Potential Effect of Failure

Potential effect of failure adalah akibat atau pengaruh kegagalan yang terjadi pada suatu sistem dari potensi kegagalan yang ada. Efek kegagalan dijelaskan dalam hal yang mungkin dapat diperhatikan atau dialami. Apakah efek tersebut berdampak pada keselamatan atau kepatuhan terhadap regulasi tertentu. Efek dinyatakan dalam kaitannya dengan sistem, subsistem, atau komponen tertentu yang dianalisis. Misalnya, suatu bagian yang patah dapat menyebabkan rakitan bergetar yang mengakibatkan pengoperasian sistem terputus-putus. Pengoperasian sistem yang terputus-putus dapat menyebabkan penurunan kinerja dan akhirnya menyebabkan ketidakpuasan pelanggan. Beberapa tipe efek kegagalan dapat berupa kebisingan, operasi yang tidak menentu, hasil yang jelek, ketidakstabilan, operasi yang terputus-putus, kasar/buruk, aroma tak sedap, dan lain-lain.

3) Severity

Severity adalah sebuah penilaian terhadap tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada suatu sistem yang berpengaruh pada suatu hasil kerja sistem. *Severity* dapat dinilai pada skala 1 sampai 10. *Rank of severity* dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. *Rank of Severity*

EFEK	KRITERIA	RANK
Bahaya tanpa tanda-tanda	Keparahan sangat tinggi, dapat mempengaruhi keselamatan penerbangan atau sehubungan dengan peraturan pemerintah. Kegagalan terjadi dengan tidak ada tanda-tanda kerusakan sebelumnya	10

Bahaya dengan tanda-tanda	Keparahan sangat tinggi, dapat mempengaruhi keselamatan penerbangan atau sehubungan dengan peraturan pemerintah. Kegagalan terjadi dengan adanya tanda-tanda kerusakan sebelumnya	9
Sangat tinggi	Pesawat tidak dapat dioperasikan (kegagalan fungsi utama)	8
Tinggi	Pesawat dapat dioperasikan namun terjadi penurunan level performa pesawat	7
Sedang	Pesawat dapat dioperasikan, namun ada gangguan <i>minor</i> dan beberapa alat tidak dapat dioperasikan	6
Rendah	Pesawat dapat beroperasi dengan penurunan tingkat performa pada beberapa alat	5
Sangat rendah	Pesawat dapat beroperasi dengan baik, namun masih ada tanda-tanda kerusakan-kerusakan <i>minor</i> dari mesin. Perbaikan kegagalan lebih lama tetapi tidak menunda operasi	4
Kecil	Pesawat dapat beroperasi dengan baik, namun masih ada tanda-tanda kerusakan-kerusakan <i>minor</i> dari mesin. Perbaikan kegagalan dapat dilakukan dengan cepat	3
Sangat kecil	Pesawat dapat beroperasi dengan baik dengan gangguan yang sangat kecil	2
Tidak ada	Tidak ada efek	1

4) Potential Cause of Failure

Potensial cause of failure adalah penyebab kegagalan yang akan terjadi pada suatu sistem dari potensi kegagalan yang ada.

5) Occurrence

Occurrence adalah sebuah penilaian terhadap tingkatan keseringan dari suatu potensi kegagalan. Dari angka atau tingkatan *occurrence* ini dapat diketahui kemungkinan terdapatnya kerusakan dan tingkat keseringan terjadinya kerusakan pada sistem. *Occurrence* dapat dinilai pada skala 1 sampai 10. *Rank of occurrence* dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. *Rank of Occurrence*

KEMUNGKINAN TERJADI KEGAGALAN	LAJU KEGAGALAN	RANK
Sangat tinggi : kegagalan pasti Terjadi	1 dalam 2 kejadian	10
	1 dalam 3 kejadian	9
Tinggi : kegagalan yang berulang-ulang	1 dalam 8 kejadian	8
	1 dalam 20 kejadian	7
Sedang : kegagalan terjadi Sese kali	1 dalam 80 kejadian	6
	1 dalam 400 kejadian	5
	1 dalam 2000 kejadian	4

Rendah : kegagalan yang terjadi tergolong jarang	1 dalam 15000 kejadian	3
	1 dalam 150000 kejadian	2
Kecil : kegagalan hampir tidak pernah terjadi	1 dalam 1500000 kejadian	1

6) Current Control Preventive

Current control preventive adalah bagaimana cara pencegahan atau penanggulangan dalam menyelesaikan permasalahan atau penanggulangan dalam menyelesaikan permasalahan potensi kegagalan yang ada dengan cara mendesain atau merencanakan suatu *preventive action* atau tindakan pencegahan menuju hasil yang lebih baik, sehingga potensi kegagalan pada sistem tidak terjadi lagi atau setidaknya tidaknya mengurangi angka kejadian terjadinya potensi kegagalan.

7) Current Control Detection

Current control detection merupakan suatu cara atau metode yang digunakan untuk mendeteksi potensi kegagalan yang terjadi.

8) Detection

Detection adalah sebuah penilaian terhadap tingkat kemudahan mendeteksi suatu potensial kegagalan. Penilaian tingkat *detection* sangat penting dalam menemukan potensi penyebab kegagalan yang menimbulkan kerusakan. *Detection* dapat dinilai pada skala 1 sampai 10. *Rank of detection* dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. *Rank of Detection*

Deteksi	Kriteria Peluang Deteksi	Rank
Tidak ada	Tidak ada mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	10
Sangat kecil	Hampir tidak ada mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	9
Kecil	Peluang sangat kecil mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	8
Sangat rendah	Peluang kecil mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	7
Rendah	Peluang agak kecil mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	6
Sedang	Peluang sedang mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	5
Cukup tinggi	Peluang agak tinggi mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	4
Tinggi	Peluang tinggi mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	3

Sangat tinggi	Peluang sangat tinggi mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	2
Pasti tersedia	Peluang hampir pasti mekanisme yang tersedia untuk mendeteksi penyebab kegagalan potensial atau modus kegagalan	1

9) *Risk Priority Number (RPN)*

RPN (*Risk Priority Number*) merupakan hasil perkalian dari *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)*.

$$RPN = S \times O \times D$$

Risk priority number (RPN) adalah ukuran yang digunakan ketika menilai resiko untuk membantu mengidentifikasi *critical failure modes* terkait dengan desain atau proses. RPN ini berfungsi untuk menilai kejadian-kejadian kegagalan, dari data kualitatif menjadi sebuah data kuantitatif sebagai acuan untuk melakukan tindakan koreksi (*corrective action*) terhadap aset yang mengalami kegagalan. Nilai RPN berkisar dari 1 (terbaik mutlak) hingga 1000 (absolut terburuk).

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut adalah FMEA *Worksheet pitot probe* Boeing 737-900ER yang disusun melalui diskusi dengan *engineer* Batam Aero Technic, ditunjukkan pada tabel 4

Tabel 4. FMEA *Worksheet Pitot Probe*

Ystem	Component	No	Potential failure mode	Potential cause of failure	Potential effect of failure	Current control prevention	S	O	D	Rpn
Static and total air pressure system	Pitot probe	1	Aux pitot light on	Resistance of the pitot out of limit	Heater temp can't reach and then pitot blocked due to icing	Replace aux pitot, test alternate pitot sys leak, test aux pitot heater	4	8	1	32
		2	Aux pitot heater light on when select to on	Heater bad	Ias disagree	Perform replace aux pitot probe, leak test, heater test	5	7	1	35
		3	F/o pitot probe does not get hot	Not heat	Probe is blocked	Replacement f/o pitot, installation test air data sensor and do right pitot system leak test	4	7	1	28
		4	F/o pitot light on	Resistance out of limit	Heater temp can't reach and then pitot blocked due to icing	Replace f/o pitot probe, pitot leak test, heater test	4	8	1	32

		5	Capt pitot lt on	Resistance under limit	Heater temp can't reach and then pitot blocked due to icing	Perform removal capt. Side pitot probe, perform installation capt. Side, pitot probe leak test	4	8	1	32
		6	F/o pitot light on and aux pitot light on inflight	Resistance out of limit	Heater temp can't reach and then pitot blocked due to icing	Replace f/o pitot probe, pitot leak test, heater test	4	7	1	28
		7	Aux pitot c/b always pop out	Resistance out of limit	Aux pitot heater inop	Replace aux pitot probe and perform leak test	5	7	1	35
		8	F/o side ias and alt disagree	Heater not heating	Probe is blocked d/t icing	Replace f/o pitot probe	6	7	3	126

Berdasarkan FMEA *worksheet* didapatkan nilai RPN tertinggi adalah 126 pada mode kegagalan “IAS AND ALT DISAGREE” dimana parameter *severity* pada nilai 6 dimana pesawat dapat dioperasikan namun terdapat gangguan minor dan beberapa alat tidak dapat dioperasikan dengan kemungkinan kejadian kegagalan adalah 1 dari 20 kejadian dan peluang deteksi tinggi.

4. Kesimpulan

Mode kegagalan yang terjadi pada komponen *pitot probe* Boeing 737-900ER adalah *aux pitot light on*, *aux pitot heater light on when select to on*, *F/O pitot doesn't get hot*, *F/O pitot light on*, *capt pitot light on*, *F/O pitot light on and aux pitot light on inflight*, *C/B always pop out*, dan *IAS and ALT disagree*. Nilai RPN tertinggi adalah 126 pada mode kegagalan “IAS AND ALT DISAGREE” dimana parameter *severity* pada nilai 6 dimana pesawat dapat dioperasikan namun terdapat gangguan minor dan beberapa alat tidak dapat dioperasikan, dengan kemungkinan kejadian adalah 1 dari 20 kejadian dan peluang deteksi tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Alijoyo, Antonius. Bobby Wijaya., dan Intan Jacob. (2020). *Failure Mode Effect Analysis*. Bandung: CRMS Indonesia
- [2] Andiyanto dkk. (2016). *Penerapan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Untuk Kuantifikasi dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste*. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Volume 6 Nomor 1*, 45-57.
- [3] Hanif dkk. (2015). *Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury di PT. X Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)*. *Reka Integra No. 03 Vol. 03*, 137-147.
- [4] SAEJ-1739, Failure Mode and Effect Analysis, AIAG & ASQC, USA
- [5] Pramdana, Hendra Satria. (2014). *Analisis Program Pemantauan Kehandalan Start Air Valve Pesawat Boeing 737-900ER Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.
- [6] Villacourt, Mario. (1992). *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry*. Sematech International.