



Rancangan Alat *Bench test Inlet Cowl Thermal Anti-Icing Pressure Switch* dengan *Pressure 65 PSI* pada Pesawat Boeing 737-300 di Asia Cargo Airlines

Ghefira Rosallie Salsabiela Setiawan

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Ego Widoro

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

A. Nugroho Budi R

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Alamat: Kabupaten Tangerang, Banten 15820

Korespondensi penulis: 16022130034@ppicurug.ac.id

Abstract. *The reliability of aircraft ice protection systems is crucial for flight safety, particularly at high altitudes with extreme temperatures. One vital component is the inlet cowl thermal anti-icing pressure switch on the Boeing 737-300, which monitors bleed air pressure and activates the cockpit indicator at 65 ± 3 PSI. At Asia Cargo Airlines, functional checks are still conducted manually using jumper wires, masking tape, and a 28V DC lamp, requiring three technicians, being inefficient, and posing significant safety risks. This study aimed to design a dedicated bench test device for precise, safe, and standard-compliant inspection of the pressure switch. The research employed a Research and Development (R&D) method combined with the systematic engineering design approach VDI 2221, including clarification, conceptual design, embodiment design, and detail design stages. The developed tool consists of a pressure system ($\frac{1}{4}$ inch hose, ball valve, and pressure gauge up to 100 PSI) and an electrical system (3-pin connector, 28V DC supply, and indicator lamp). Test results showed that the device operated within the specified range of 62–68 PSI without leakage or malfunction. Validation by three expert evaluators rated the device as “highly feasible” with scores above 85%. The bench test provides a more standardized and controlled inspection process compared to the previous manual method, thereby minimizing errors and improving technician safety. In addition, the tool improved efficiency by requiring only one technician and reducing test time from 30 minutes to 15 minutes, supporting safer and more effective maintenance of the Boeing 737-300.*

Keywords: *pressure switch, thermal anti-icing, bench test, Boeing 737-300, VDI 2221, aircraft maintenance, functional check*

Abstrak. Keandalan sistem proteksi es pada pesawat sangat penting bagi keselamatan penerbangan, terutama di ketinggian dengan suhu ekstrem. Salah satu komponen vital adalah *inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* pada Boeing 737-300, yang memantau tekanan bleed air dan mengaktifkan indikator kokpit pada 65 ± 3 PSI. Di Asia

Cargo Airlines, pengujian masih dilakukan manual dengan jumper wire, masking tape, dan lampu 28V DC, yang memerlukan tiga teknisi, kurang efisien, serta berisiko tinggi. Penelitian ini bertujuan merancang *bench test* khusus untuk pemeriksaan *pressure switch* secara presisi, aman, dan sesuai standar. Metode yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)* dengan pendekatan perancangan teknik sistematis VDI 2221, melalui tahapan klarifikasi, desain konseptual, perwujudan, dan detail. Alat yang dikembangkan terdiri dari sistem tekanan (selang $\frac{1}{4}$ inch, ball valve, pressure gauge hingga 100 PSI) dan sistem kelistrikan (connector 3 pin, tegangan 24V DC, lampu indikator). Hasil uji menunjukkan alat berfungsi sesuai spesifikasi pada rentang 62–68 PSI tanpa kebocoran atau gangguan. Validasi oleh tiga evaluator ahli menempatkan perangkat dalam kategori “sangat layak” dengan penilaian di atas 85%. Dengan adanya *bench test* ini, proses pemeriksaan menjadi lebih terstandar dan terkontrol dibanding metode manual sebelumnya sehingga meminimalkan risiko kesalahan dan meningkatkan keselamatan kerja teknisi. Alat ini terbukti lebih efisien, cepat, dan aman, hanya memerlukan satu teknisi dan memangkas waktu uji dari 30 menit menjadi 15 menit, sehingga meningkatkan keselamatan dan efisiensi perawatan Boeing 737-300

Kata kunci: *pressure switch, thermal anti-icing, bench test, Boeing 737-300, VDI 2221, aircraft maintenance, functional check*

LATAR BELAKANG

Mesin pesawat atau *engine* merupakan komponen vital yang berperan penting dalam keselamatan penerbangan. Gangguan pada *engine* yang menyebabkan performanya tidak optimal akan berpengaruh langsung terhadap kualitas keselamatan. Kinerja *engine* ditentukan oleh fungsi setiap komponen, efisiensi termal, serta gaya dorong yang dihasilkan (Abdullah & Maulina, 2024). Jika *engine* tidak mampu menghasilkan gaya dorong dengan baik, pesawat berisiko kesulitan mempertahankan ketinggian atau bahkan gagal terbang (Cao, et al., 2018).

Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah kontaminasi *engine* akibat fenomena *icing*, yaitu penumpukan lapisan es pada permukaan pesawat. *Icing* biasanya muncul ketika pesawat melewati udara yang mengandung tetesan air pada suhu 0°C atau lebih (Sørensen, et al., 2015). Fenomena ini dapat terjadi pada *leading edge* sayap, ekor, dan juga pada *engine*. *Icing* yang terjadi di dalam *engine* dapat menimbulkan kegagalan fungsi (Caliskan & Hajiye, 2018). Oleh karena itu, pesawat dilengkapi sistem *anti-icing*, salah satunya adalah *inlet cowl anti-icing system* dengan komponen penting berupa *thermal anti-icing pressure switch*. Komponen ini berfungsi memastikan pengoperasian

valve untuk mencegah tekanan berlebih pada *inlet cowl*. Perawatan yang rutin dan sistematis diperlukan agar *engine* tetap bekerja maksimal (Aziz, et al., 2021).

Pada pesawat Boeing 737-300F milik Asia Cargo Airlines, terdapat jadwal perawatan untuk melakukan *functional check* pada *inlet cowl anti-icing pressure switch*. Pemeriksaan ini membutuhkan alat yang aman dan efisien agar teknisi dapat bekerja dengan lebih terjamin keselamatannya. Namun, metode pemeriksaan yang digunakan saat ini masih sederhana, yaitu menggunakan *jumper wire* yang dihubungkan ke lampu 28V DC dan dilindungi *masking tape*. Kondisi ini membutuhkan minimal dua teknisi, berisiko sambungan tidak terhubung dengan baik, serta berpotensi menimbulkan sengatan listrik. Risiko tersebut dapat memperlambat proses *functional check* dan membahayakan teknisi.

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Ramadhan (2021) dan Putra (2021) melalui perancangan *bench test* pada pesawat Embraer 135 Legacy 600/650. Namun, tekanan uji yang digunakan hanya sebesar 35 PSI, sehingga belum sesuai dengan kebutuhan Boeing 737-300 yang memerlukan tekanan 65 PSI untuk pengujian *pressure switch*. Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian terkait kebutuhan alat uji yang sesuai spesifikasi teknis pesawat tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan alat *bench test* untuk *functional check inlet cowl anti-icing pressure switch* dengan tekanan kerja 65 PSI pada pesawat Boeing 737-300 di Asia Cargo Airlines. Alat ini diharapkan dapat mempermudah teknisi dalam proses pengecekan, mengurangi risiko kecelakaan kerja, serta meningkatkan efisiensi perawatan pesawat. Dengan adanya rancangan ini, prosedur *functional check* diharapkan dapat dilakukan lebih aman, cepat, dan sesuai standar teknis yang berlaku.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)* untuk menghasilkan alat *bench test* serta menguji efektivitasnya. Menurut Sugiyono (2016), R&D dilakukan melalui analisis kebutuhan hingga pengujian produk. Proses perancangan mengikuti pendekatan sistematis VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*) yang terdiri dari empat tahap: *clarification of the task*, *conceptual design*, *embodiment design*, dan *detail design* (Pahl & Beitz, 2016). Dengan demikian, R&D menjadi kerangka penelitian,

sementara VDI 2221 menjadi panduan teknis agar rancangan sesuai standar pesawat Boeing 737-300.

Saat ini, *functional check inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* masih dilakukan secara manual menggunakan *jumper wire*, *masking tape*, dan lampu 28V DC, yang berisiko tinggi dan membutuhkan lebih dari satu teknisi. Untuk mengatasi hal ini, dirancang alat *bench test* dengan dua sistem utama, yaitu sistem tekanan dan sistem kelistrikan, guna menciptakan pemeriksaan yang lebih aman, presisi, dan efisien.

Langkah perancangan dimulai dari penyusunan *demand* (syarat mutlak) dan *wishes* (syarat tambahan) (Maulana, 2023). Dilanjutkan dengan konseptualisasi masalah, penyusunan sketsa, pemilihan spesifikasi teknis, hingga rancangan akhir yang terdokumentasi. Hasil rancangan dituangkan dalam gambar mesin, detail komponen, sistem pengoperasian, serta pemilihan komponen standar.

Kelayakan alat diuji melalui angket tertutup kepada tiga evaluator ahli di bidang *maintenance* sistem *thermal anti-icing* pesawat Boeing 737-300. Evaluator dipilih berdasarkan pengalaman kerja dalam kegiatan perawatan dan pemeriksaan sistem *anti-icing*, pemahaman terhadap prosedur *functional check*, serta keterlibatan langsung dalam penanganan komponen *inlet cowl thermal anti-icing pressure switch*. Angket menggunakan skala empat pilihan: sangat setuju (4), setuju (3), tidak setuju (2), dan sangat tidak setuju (1). Persentase kelayakan dihitung dengan rumus:

$$\text{Persentase Kelayakan} = \frac{\text{Skor Total Diperoleh}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- Skor Total Diperoleh : jumlah skor yang diperoleh dari seluruh item penilaian berdasarkan jawaban evaluator.
- Skor Maksimum : skor tertinggi yang mungkin diperoleh (jumlah pernyataan $\times$ skor maksimum skala $\times$ jumlah evaluator).
- 100% : faktor pengali untuk mengubah hasil menjadi bentuk persentase.

Hasil persentase kemudian diinterpretasikan sesuai kategori Riduwan (2022, dalam Septiadi, 2024): sangat layak (86–100%), layak (71–85%), cukup layak (56–70%), kurang layak (41–55%), dan tidak layak ($\leq 40\%$). Instrumen angket mencakup 10 pernyataan terkait fungsionalitas, keselamatan kerja, efisiensi operasional, dan kelayakan umum. Data kuantitatif ini dilengkapi masukan kualitatif dari evaluator untuk menyempurnakan rancangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

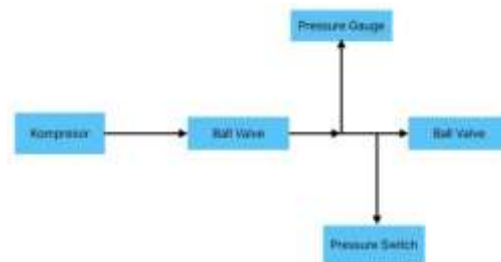
1. Penjabaran Tugas (*Clarification of the Task*)

Pada tahap *clarification of the task*, penulis menyusun parameter rancangan berdasarkan masalah di lapangan dan kebutuhan teknisi, yang kemudian dikategorikan menjadi *demands* dan *wishes*. Ide rancangan menekankan kemudahan pengoperasian, keamanan, portabilitas, ketahanan terhadap getaran, serta kemampuan menghasilkan tekanan 65 ± 3 PSI. Daftar kebutuhan yang disusun menegaskan bahwa alat harus dapat dioperasikan oleh satu teknisi, sederhana, menggunakan material isolator tahan panas dan getaran, handal untuk *functional test*, khusus untuk pesawat Boeing 737-300, serta dibuat dari bahan yang mudah ditemukan. Spesifikasi yang termasuk *demands* antara lain penempatan benda uji benar, posisi alat stabil, kapasitas tekanan 65 ± 3 PSI, daya *input* maksimum $28V\ DC \leq 5A$, material akrilik, aman, mudah dioperasikan, desain sederhana, mudah dipindahkan, tidak memerlukan keahlian khusus, serta komponen dapat diganti jika rusak. Adapun *wishes* meliputi dimensi tertentu, penggunaan *part* standar, biaya murah, serta kemudahan perawatan. Penyusunan ini bertujuan agar rancangan *bench test* benar-benar menjawab masalah teknis sekaligus praktis sesuai kebutuhan teknisi (Mahesyogi, 2023).

2. Perancangan Konsep Produk (*Conceptual Design*)

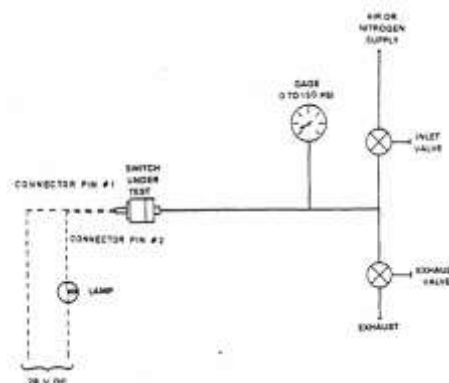
Sistem tekanan dirancang untuk mengalirkan udara dari kompresor menuju *pressure switch* melalui rangkaian tertutup yang terdiri atas *ball valve*, *pressure gauge*, selang, dan *fitting*. *Ball valve* berfungsi mengontrol aliran udara secara manual, *pressure gauge* menampilkan tekanan secara *real-time* agar operator dapat memantau

kestabilannya, lalu tekanan dialirkan ke *pressure switch* untuk mengaktifkan sistem. Sebagai konsep dasar, diagram sistem tekanan ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Sistem Tekanan
Sumber: Data Pribadi

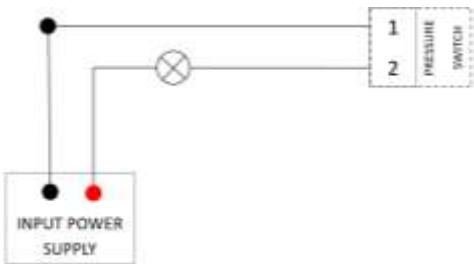
Sistem kelistrikan pada alat *bench test* dirancang untuk menyalakan lampu indikator sesuai kondisi kerja *pressure switch*. Komponennya meliputi sumber tegangan 28V DC, kabel penghantar, *pressure switch*, lampu indikator, dan konektor listrik 3 pin, yang dirangkai sebagai satu kesatuan guna mendukung proses *functional check* dengan acuan wiring diagram pada *Component Maintenance Manual (CMM)* yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Wiring Diagram CMM Pressure switch
Sumber: CMM Pressure switch

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *pin connector* 3 hanya digunakan untuk *continuity test* dan *insulation test*, sedangkan pin 1 dan 2 bersifat *normally open (NO)*, sehingga arus baru mengalir saat *pressure switch* aktif pada 65 ± 3 PSI. Dengan konfigurasi ini, sistem kelistrikan dapat bekerja otomatis dan aman mendeteksi perubahan status, ditandai lampu indikator ON/OFF. Rangkaian dimulai dari *input power supply* dengan pin positif (merah) mengalir ke lampu lalu ke pin 2 *pressure switch*, sedangkan

pin negatif (hitam) langsung terhubung ke pin 1 *pressure switch*, sesuai *wiring diagram* rancangan dasar, dapat dilihat pada **Gambar 2**.



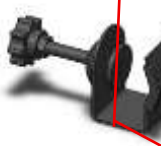
Gambar 2. *Wiring Diagram*
Sumber: Data Pribadi

Langkah abstraksi dilakukan untuk menyaring daftar kehendak menjadi spesifikasi inti secara sistematis. Tahap pertama menghapus seluruh *wishes* agar fokus pada *demands* seperti penempatan benda uji benar, kapasitas tekanan 65 ± 3 PSI, daya input 28V DC $\leq 5A$, material akrilik, keamanan, desain sederhana, portabilitas, serta kemudahan perawatan. Tahap berikutnya menyisihkan syarat yang tidak terkait fungsi utama, lalu menyederhanakan data kuantitatif menjadi kualitatif sehingga diperoleh spesifikasi pokok: alat harus mampu menahan tekanan standar, aman, mudah digunakan, dan sederhana dalam perakitan. Hasil ini digeneralisasi menjadi syarat umum sebelum disusun struktur fungsional yang terdiri dari rangka utama, *connector valve*, *clamp*, dan *pressure gauge*. Setiap sub-fungsi kemudian dikembangkan menjadi prinsip solusi dengan kombinasi alternatif, dan berdasarkan evaluasi pada Tabel 1, diperoleh rancangan *bench test* yang memenuhi kebutuhan teknis serta praktis untuk pemeriksaan *functional check inlet cowl thermal anti-icing pressure switch*.

Tabel 1. Pemilihan Sub-Fungsi

Catatan:			
V1: Merah			V2: Biru
No	Sub Fungsi	1	2
1	Rangka utama		

**RANCANGAN ALAT BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH
DENGAN PRESSURE 65 PSI PADA PESAWAT BOEING 737-300 DI ASIA CARGO AIRLINES**

Catatan:			
V1: Merah			V2: Biru
No	Sub Fungsi	1	2
2	Ball valve		
3	Clamp		
4	Peessure gauge		

Pada tahap pemilihan kombinasi, berbagai variasi desain dievaluasi berdasarkan kriteria dari daftar kehendak seperti fungsionalitas, keandalan, biaya, keselamatan, dan kinerja. Melalui Tabel 2, tiap kombinasi dibandingkan secara objektif terhadap persyaratan rancangan, dan hasil evaluasi menunjukkan bahwa Variasi 1 memiliki tingkat kesesuaian tertinggi. Dengan demikian, Variasi 1 dipilih sebagai alternatif terbaik dan dijadikan dasar dalam proses perancangan alat *bench test*.

Tabel 2. Pemilihan Kombinasi Prinsip

TABEL PEMILIHAN KOMBINASI RANCANGAN ALAT BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH									
KOMBINASI PRINSIP (VARIASI)	Kriteria pemilihan						Reputasi		
	(+) Ya (-) Tidak (T) Kurang Informasi (S) Periksa Spesifikasi						(+) Ya (-) Tidak (T) Kurang Informasi (S) Periksa Spesifikasi		
	Sesuai Fungsi Keseluruhan								
	Sesuai daftar kehendak Dalam batas anggaran Pengalokasian konsep memadai Sesuai keinginan perancang Secara prinsip dapat diwujudkan Memenuhi syarat keamanan								
	A	B	C	D	E	F	G	KETERANGAN	
V1	+	+	+	+	+	+	+	OK	
V2	+	-	+	-	-	+	-	Tidak sesuai desain	
Tanggal : 1 Juli 2025				Perancang : GHEHRA ROSALIE SALSABELA SUTAWAN				TPU 168 IPMC	

Tahapan Perancangan Wujud Produk (*Embodiment Design*)

Case alat dibuat dari bahan akrilik karena sifatnya isolatif, ringan, kuat, tahan karat, serta mudah diperoleh. Proses pemotongan dilakukan secara manual dengan penggaris logam dan penjepit untuk menjaga stabilitas pada Gambar 4, lalu disusun membentuk balok sebagai *case* akhir pada Gambar 5.



Gambar 4. Proses Pemotongan Akrilik

Sumber: Data Pribadi



Gambar 5. Hasil Akhir Pembuatan *Case* Rancangan

Sumber: Data Pribadi

Pada sistem tekanan, dipilih *pressure gauge* dengan kapasitas maksimum 100 PSI untuk menyesuaikan kebutuhan kerja *pressure switch* sebesar 65 ± 3 PSI, sehingga aman dari risiko *overpressure* ditunjukkan pada Gambar 6.

**RANCANGAN ALAT BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH
DENGAN PRESSURE 65 PSI PADA PESAWAT BOEING 737-300 DI ASIA CARGO AIRLINES**



Gambar 6. Pressure Gauge

Sumber: Data Pribadi

Spesifikasi kompresor yang digunakan menghasilkan tekanan maksimum 10 bar dengan debit aliran 3,90 m³/min ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Spesifikasi Kompresor Hangar PT. Mulya Sejahtera Technology

Sumber: Data Pribadi

Model	Working pressure bar	FAD *) Complete package at working pressure m ³ /min	Max. working pressure bar	Rated motor power kW	Dimensions W x D x H mm	Air connection	Sound pressure level **) dB(A)	Weight kg
ASD 32	7.5	3.16	8	18.5	1350 x 921 x 1505	G 1 1/2	65	580
	10	2.72	11					
	13	2.08	15					
ASD 37	7.5	3.90	8	22	1350 x 921 x 1505	G 1 1/2	66	655
	10	3.12	11					
	13	2.65	15					

Gambar 8. Spesifikasi Kaeser Kompressoren

Sumber: Manual Book Kaeser Kompressoren

Perhitungan teoritis menggunakan debit udara $Q = 0,065 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $V = 5 \text{ m/s}$ menghasilkan diameter selang 128,6 mm, namun karena sistem bersifat tertutup, selang $\frac{1}{4}$ inch (6 mm) dipilih dan sesuai standar pada Gambar 9.



Gambar 9. Selang *Pressure*

Sumber: Data Pribadi

Untuk menjaga kedapdan dan kekuatan sambungan, *fitting* dan *ball valve* berbahan kuningan dipasang menggunakan *hose nepel* dengan teknik *crimping* ditunjukkan pada Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 10. *Fitting* dan *Ball Valve*

Sumber: Data Pribadi



Gambar 11. *Hose Nepel*

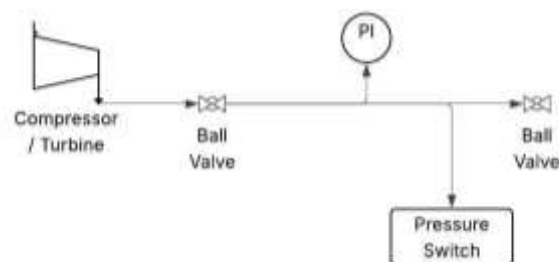
Sumber: Data Pribadi



Gambar 12. Proses Press Selang

Sumber: Data Pribadi

Seluruh rangkaian sistem tekanan kemudian digambarkan pada *hydraulic line diagram* pada Gambar 13 dan ditunjukkan dalam hasil perakitan akhir pada Gambar 14.



Gambar 13. Hidrolik Line Diagram

Sumber: Data Pribadi



Gambar 14. Sistem Tekanan

Sumber: Data Pribadi

Pada sistem kelistrikan, spesifikasi *pressure switch* di CMM menunjukkan kemampuan menahan maksimum 0,5 A *lamp-load*. Dengan sumber 28V DC dan arus 0,5 A, daya total lampu dihitung menggunakan rumus:

$$P = V \times I = 28 \times 0,5 = 14 \text{ watt (2)}$$

Namun, penelitian ini hanya menggunakan satu lampu indikator berarus 0,1 A, sesuai spesifikasi CMM. Berdasarkan hasil pengukuran arus sebesar 0,1 A seperti ditunjukkan pada Gambar 15, kabel BMS 13-58 ukuran 20 dipilih karena lazim digunakan pada pesawat Boeing 737.



Gambar 15. Hasil Arus Yang Dihasilkan Dengan 1 lampu

Sumber: Data Pribadi

Konektor listrik yang digunakan adalah *connector* 3 pin universal, dirakit sesuai *wiring diagram* dan setiap sambungan dilindungi dengan *heat shrink tubing* agar aman dan rapi ditunjukkan pada Gambar 16 dan Gambar 17.



Gambar 16. Pembuatan *Electrical Connector* 1

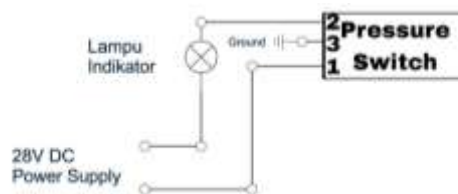
Sumber: Data Pribadi



Gambar 17. Pembuatan *Electrical Connector 2*

Sumber: Data Pribadi

Sistem kelistrikan terdiri atas sumber tegangan 28V DC, kabel penghantar, *pressure switch*, lampu indikator, dan *connector 3 pin*, seperti ditunjukkan pada *wiring diagram* pada Gambar 18 serta hasil perakitan akhir pada Gambar 19.



Gambar 18. *Wiring Diagram 2*

Sumber: Data Pribadi



Gambar 19. Sistem Kelistrikan Alat *Bench test*

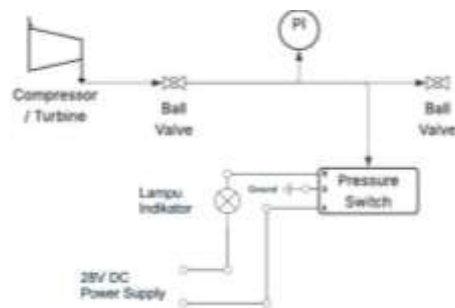
Sumber: Data Pribadi

Dengan perancangan ini, alat *bench test* berhasil mengintegrasikan sistem tekanan dan kelistrikan secara fungsional, aman, serta sesuai dengan standar teknis pesawat Boeing 737-300.

3. Perancangan Terperinci (*Detail Design*)

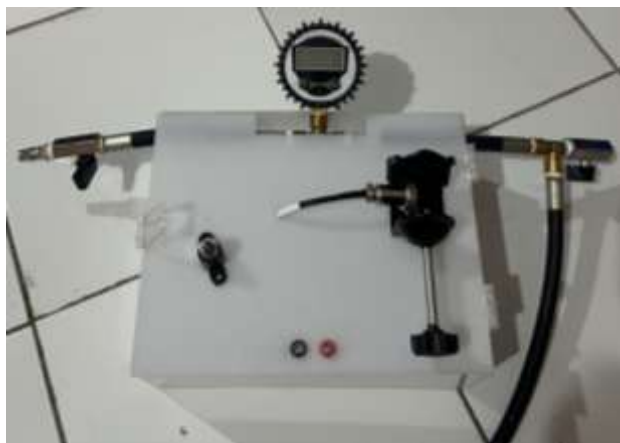
Perancangan terperinci alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* mengikuti tahapan VDI 2221, dimulai dari identifikasi kelemahan metode manual sebelumnya yang berisiko bagi keselamatan dan efisiensi kerja, lalu dirumuskan

kebutuhan teknis yang dikelompokkan menjadi *demands* dan *wishes*. Spesifikasi rancangan disusun dengan menyaring kebutuhan melalui abstraksi, menggeneralisasi data, serta membangun struktur fungsional sistem tekanan dan kelistrikan, termasuk alur kerja komponen seperti *ball valve*, *pressure gauge*, lampu indikator, dan konfigurasi koneksi *normally open*. Prinsip solusi dievaluasi hingga menghasilkan variasi terbaik sebagai dasar desain. Tahap berikutnya adalah perancangan wujud produk melalui pemodelan 2D dan 3D di SolidWorks, dengan pemilihan material sesuai fungsi, seperti akrilik untuk *case*, kuningan untuk *fitting* dan *ball valve*, serta kabel BMS 13-58 untuk kelistrikan. Rancangan akhir ditampilkan dalam diagram keseluruhan pada Gambar 20 dan model detail pada Gambar 21, mencakup spesifikasi material dan sistem kerja, kemudian dievaluasi untuk memastikan kesesuaian dengan standar keamanan, kemudahan penggunaan, serta efektivitas pengujian pada pesawat Boeing 737-300.



Gambar 20. Schematic Diagram

Sumber: Data Pribadi



Gambar 21. Hasil Akhir Alat Bench test

Sumber: Data Pribadi

4. Rekapitulasi Perhitungan

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan

No.	Blok Rancangan	Indikator	Hasil	Keterangan
1	Diameter selang	6,3 mm	6 mm	Selang mampu menahan beban
2	Arus total	2A	0,5A	Di bawah tegangan izin material
3	<i>Lamp load</i>	0,5A	0,11A	Tegangan cocok dengan tegangan izin material

Sumber: Data Pribadi

5. Hasil Uji Fungsi

Hasil uji coba ditunjukkan dalam **Tabel 4** dan **Tabel 5**

Tabel 4. Hasil Percobaan Pertama pada *Connector Pin*, Lampu dan Sistem Tekanan

No.	Aktivitas Kerja Rancangan	Keterangan	Keterangan Indikator		Hasil
			Nyala	Tidak	
1.	<i>Pressure switch Connector Pin 3</i>	<i>Continuity</i> dengan multimeter	√		Layak
2.	Lampu untuk <i>Pressure switch</i>	Diberikan arus listrik	√		Layak
3.	Sistem tekanan	Diberikan tekanan sebesar 0 PSI hingga 75 PSI	Tidak Terjadi Kebocoran		Layak

Sumber: Data Pribadi

Tabel 5. Hasil Percobaan Kedua pada *Connector Pin*, Lampu dan Sistem Tekanan

No.	Aktivitas Kerja Rancangan	Keterangan	Keterangan Indikator		Hasil
			Nyala	Tidak	
1.	<i>Pressure switch Connector Pin 3</i>	<i>Continuity</i> dengan multimeter	√		Layak
2.	Lampu untuk <i>Pressure switch</i>	Diberikan arus listrik	√		Layak
3.	Sistem Tekanan	Diberikan tekanan sebesar 0 PSI hingga 75 PSI	Tidak Terjadi Kebocoran		Layak

Sumber: Data Pribadi

Setelah pengujian kontinuitas pada *electrical connector* dan lampu telah selesai, langkah berikutnya adalah pengetesan *pressure switch* menggunakan alat *bench test*. hasil *functional check* menggunakan alat *bench test* dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil *Functional Test* Menggunakan Alat *Bench test*

No.	PSI	Lampu		Ampere
		ON	OFF	
1.	0	-	√	0
2.	10	-	√	0
3.	20	-	√	0
4.	30	-	√	0
5.	40	-	√	0
6.	50	-	√	0
7.	60	-	√	0
8.	65	-	√	0
9.	66	√	-	9
10.	70	-	√	0
11.	75	-	√	0

Jika dibandingkan dengan spesifikasi teknis pada *Component Maintenance Manual (CMM)*, *pressure switch inlet cowl thermal anti-icing* pada Boeing 737-300 seharusnya aktif pada tekanan kerja 65 ± 3 PSI, yaitu berada pada rentang 62–68 PSI. Berdasarkan hasil *functional test* pada Tabel 6, lampu indikator mulai menyala pada tekanan 66 PSI, sehingga titik aktivasi tersebut masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh manual. Hal ini menunjukkan bahwa *bench test* yang dirancang mampu menghasilkan tekanan kerja sesuai standar serta dapat menampilkan respons ON/OFF *pressure switch* secara tepat, sehingga hasil pengujian dinyatakan valid dan sesuai spesifikasi komponen.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa lampu indikator pada alat *bench test* tetap mati pada tekanan 0–65 PSI, kemudian menyala pada 66 PSI, dan kembali mati pada tekanan 70 PSI ke atas. Pola ini sesuai dengan spesifikasi dalam *Component Maintenance Manual (CMM)*, sehingga *pressure switch* dinyatakan layak dan memenuhi standar kinerja yang ditetapkan (Li & Paoli, 2022). Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sebanyak dua kali pada *electrical connector*, lampu indikator, dan sistem tekanan pada Tabel 4 dan Tabel 5, alat *bench test* menunjukkan hasil yang konsisten dan stabil. Pada kedua percobaan, rangkaian kelistrikan berfungsi normal, lampu indikator menyala sesuai input tegangan, serta sistem tekanan mampu menahan tekanan uji hingga 75 PSI tanpa

kebocoran. Konsistensi hasil pada pengujian berulang ini menunjukkan bahwa alat memiliki tingkat keandalan yang baik untuk digunakan dalam proses functional check inlet cowl thermal anti-icing pressure switch pada pesawat Boeing 737-300.

6. Interpretasi

Tabel 7. Interpretasi Hasil Uji Coba Rancangan

No.	Uji Coba Rancangan	Hasil	Indikator	Interpretasi	Kesimpulan
1.	Uji Kontinuitas	Saat diuji kontinuitas, rancangan mampu menghasilkan bunyi	Rancangan tidak mengalami kerusakan	Hasil diterima	Rancangan alat <i>bench test</i> tidak mengalami kerusakan
2.	Uji Lampu	Saat pemberian arus sebesar 28V DC, rancangan mampu menghasilkan cahaya yang terang dan tidak mengalami kerusakan pada lampu	Rancangan tidak mengalami kerusakan dan perubahan bentuk	Hasil diterima	Lampu dapat digunakan pada rancangan alat <i>bench test</i>
3.	Uji Tekanan Pada <i>Pressure Regulator</i>	Saat pemberian <i>pressure</i> , rancangan bertahan hingga titik maksimal <i>pressure gauge</i> 100 PSI	Rancangan tidak mengalami kerusakan dan kebocoran	Hasil diterima	<i>Pressure regulator</i> dapat digunakan pada rancangan alat <i>bench test</i>

Sumber: Data Pribadi

Perbandingan sebelum adanya alat *bench test* dan setelah adanya alat *bench test* di Asia Cargo Airlines bisa dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Perbandingan Menggunakan Metode *Jumper Wire*, *Lampu* dan *Masking Tape* Dengan Menggunakan Alat *Bench test Inlet Cowl Thermal Anti Icing Pressure switch*

No	Keterangan	Menggunakan Metode <i>Jumper Wire</i> , Lampu dan <i>Masking Tape</i>	Menggunakan Alat <i>Bench test</i>
1.	Personil	Dilakukan dengan 3 personil, keterangan: - 1 orang mengatur <i>input pressure</i> - 1 orang memegang kabel <i>input power supply</i> - 1 orang memastikan sambungan <i>jumper</i> dan melakukan pengecekan	Membutuhkan 1 orang dalam pengoperasian alat <i>bench test</i>
2.	Keamanan	Sambungan <i>jumper</i> dapat menyebabkan terjadinya <i>electrical short</i> dan berbahaya bagi teknisi yang melakukan pengecekan	Terdapat akrilik yang dapat memberikan perlindungan dari bahaya <i>electrical short</i>
3.	Waktu	30 menit dengan memperhatikan setiap sambungan <i>jumper</i> yang dilapisi oleh <i>masking tape</i>	Pengujian hanya dibutuhkan waktu kurang dari 15 menit

Sumber: Data Pribadi

Setelah dilakukannya pengujian terhadap *pressure switch*, alat ini dinyatakan layak dengan hasil validasi. Meskipun *bench test* ini tergolong alat yang sederhana, namun aspek keselamatan harus tetap diperhatikan saat pengoperasian [14]. Dengan ini, penulis membuat prosedur pengoperasian dan perawatan untuk *bench test inlet cowl thermal anti icing pressure switch*

7. Perhitungan Kelayakan

Alat dapat dinyatakan layak jika memperoleh hasil persentase $\geq 71\%$, nilai kelayakan ini didapat dari hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan (1). Nilai validasi ahli memiliki total keseluruhan 90,825%, maka alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* dinyatakan sangat layak (Syahputra, et al., 2021).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa rancangan alat *bench test* untuk *functional check pressure switch* pada *inlet cowl thermal anti-icing system* berhasil dibuat menggunakan metode VDI 2221 dengan spesifikasi tekanan 65 ± 3 PSI sesuai kebutuhan

pesawat Boeing 737-300. Alat dirancang sederhana, portabel, aman, dan dapat dioperasikan oleh satu teknisi melalui integrasi sistem tekanan dan kelistrikan. Hasil uji menunjukkan alat bekerja sesuai fungsi, lampu indikator merespons tekanan kerja dengan tepat, tanpa kebocoran maupun kerusakan komponen elektrik. Validasi dari tiga evaluator ahli memberikan nilai 90,825% dan menempatkan alat dalam kategori “sangat layak” digunakan pada proses *functional check pressure switch*. Implikasi praktis dari penggunaan alat ini adalah membantu meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja teknisi dalam kegiatan perawatan pesawat, sekaligus mempercepat proses pemeriksaan pressure switch sesuai standar yang berlaku.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar alat bench test yang telah dirancang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung pemeriksaan pressure switch pada jenis pesawat lain dengan spesifikasi tekanan yang berbeda. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian lanjutan, seperti uji ketahanan alat dalam penggunaan jangka panjang, uji performa pada kondisi lingkungan hangar yang bervariasi, serta pengujian pada lebih banyak unit pressure switch untuk meningkatkan tingkat validitas dan keandalan alat.

DAFTAR REFERENSI

- Abdullah, M. N., & Maulina, I. (2024). Sistem kerja kelistrikan pada engine pesawat terbang tipe CRJ-1000. *Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 14(1), 13–24. <https://doi.org/10.47709/elektriese.v14i01.3739>
- Aziz, A., Nahak, I. A. F., Rismayanti, I., Ramadian, A. A., Kusumoaji, R. D., Muzayadah, N. L., & Anwar, R. C. (2021). Sistem status kelaikudaraan pesawat udara berbasis website menggunakan framework CodeIgniter dan PostgreSQL dengan metode prototype. *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 5(4), 515. <https://doi.org/10.32493/informatika.v5i4.7470>
- Caliskan, F., & Hajiyeve, C. (2018). A review of in-flight detection and identification of aircraft icing and reconfigurable control. *Progress in Aerospace Sciences*, 60, 12–34. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2012.11.001>
- Cao, Y., Tan, W., & Wu, Z. (2018). Aircraft icing: An ongoing threat to aviation safety. *Aerospace Science and Technology*, 75, 353–385. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2017.12.028>
- Fikri, M. A., Inapty, B. A., & Astuti, B. R. D. (2022). Direct current (DC) vs alternating current (AC) financial transaction flow in holding and non-holding companies. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 10(2), 352. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v10i2.5090>

- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2022). *Textbook of machine design* (Reprint). New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Li, S., & Paoli, R. (2022). Aircraft icing severity evaluation. *Encyclopedia*, 2(1), 56–699. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010005>
- Mahesyogi, P. K. V. A. (2023). *Modifikasi alat vacuum chamber sebagai alat bantu proses barometric pressure switch test King Air B200 di Balai Besar Kalibrasi Fasilitas Politeknik Penerbangan Indonesia Curug*.
- Maulana, F. (2023). Konsep desain kendaraan listrik roda tiga ramah lingkungan. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 10(2), 107–116. <https://doi.org/10.29122/mipi.v10i2.141>
- Pahl, G., & Beitz, W. (2016). *Engineering design: A systematic approach*. [Penerbit tidak tersedia]. <https://doi.org/10.4324/9780203967461>
- Putra, H. S. (2021). *Rancangan alat bench test pressure transducer untuk functional check pressure sensor engine thermal anti-icing system pada pesawat Embraer 135 BJ Legacy 600/650 di PT. Wira Jasa Angkasa*.
- Ramadhan, D. P. P. (2021). *Rancangan alat bench test wing pressure transducer untuk functional check pressure sensor wing thermal anti-icing system pada pesawat Embraer 135 BJ Legacy 600/650*.
- Sugiyono. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Sørensen, K. L., Helland, A. S., & Johansen, T. A. (2015). Carbon nanomaterial-based wing temperature control system for in-flight anti-icing and de-icing of unmanned aerial vehicles. In *IEEE Aerospace Conference Proceedings* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/AERO.2015.7119206>
- Syahputra, M. I. A., Marausna, G., & Kasmara, J. (2021). Studi investigasi performa heat exchanger dengan memanfaatkan gas buang guna mengatasi icing pada karburator pesawat piston engine. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 7(1), 38–49. <https://doi.org/10.56521/teknika.v7i1.265>