

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

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan
Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara

Oleh

GHEFIRA ROSALLIE SALSABIELA SETIAWAN

NIT: 16022130034



**PROGRAM STUDI TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN INDONESIA CURUG
AUG 2025**

ABSTRAK

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

Oleh:

GHEFIRA ROSALLIE SALSABIELA SETIAWAN

NIT. 16022130034

Program Studi D.IV Teknik Pesawat Udara

Keandalan sistem proteksi terhadap pembentukan es pada pesawat merupakan faktor penting dalam menjaga keselamatan penerbangan, terutama pada fase terbang di ketinggian dengan suhu ekstrem. Salah satu bagian vital dari sistem ini adalah sistem *thermal anti-icing* dapat mencegah akumulasi es yang dapat mengganggu kerja aerodinamis dan keandalan mesin pesawat. Salah satu komponen utama dalam sistem ini adalah *inlet cowl thermal anti-icing pressure switch*, yang bertugas untuk mengamati tekanan udara dari sistem *bleed air* dan mengaktifkan indikator kokpit apabila tekanan telah mencapai batas ambang kerja tertentu. *Pressure switch* ini dirancang untuk aktif pada pesawat Boeing 737-300 pada tekanan 65 ± 3 PSI. Namun, di Asia Cargo Airlines, *functional check* terhadap komponen ini masih dilakukan dengan metode manual menggunakan *jumper wire*, *masking tape*, dan lampu 28V DC. Metode tersebut memerlukan setidaknya tiga personil teknisi, tidak efisien, tetapi juga berisiko tinggi, antara lain potensi sengatan listrik, kebutuhan akan lebih dari satu personil, dan tingkat kesalahan sambungan yang tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan alat bantu berupa *bench test* yang dirancang secara khusus agar dapat menjalankan proses pengujian secara presisi, aman, efektif dan sesuai standar teknis pesawat Boeing 737-300. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sebuah alat *bench test* serta menganalisis kelayakannya dalam melakukan *functional check pressure switch* dengan tekanan kerja 65 PSI. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D), yang kemudian dikombinasikan dengan pendekatan perancangan teknik sistematis VDI 2221, yang mencakup tahapan *clarification of the task*, *conceptual design*, *embodiment design*, dan *detail design*. Alat yang dikembangkan terdiri dari dua sistem utama: sistem tekanan dan sistem kelistrikan. Sistem tekanan menggunakan selang berdiameter $\frac{1}{4}$ inch, *ball valve* dan *pressure gauge* yang kompatibel dengan tentang tekanan kerja hingga 100 PSI. Sistem kelistrikan memiliki *connector 3 pin*, sumber tegangan 24V DC, dan lampu indikator yang

menyala ketika tekanan kerja tercapai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat memiliki kemampuan untuk menyalakan lampu indikator secara otomatis pada rentang tekanan 62-68 PSI, sesuai dengan spesifikasi *pressure switch* yang tercantum dalam *Component Maintenance Manual* (CMM). Kebocoran, gangguan kelistrikan, atau kerusakan pada sambungan tidak ditemukan selama pengujian berlangsung. Validasi kelayakan dilakukan dengan menyebarkan angket tertutup kepada tiga evaluator ahli untuk menguji validitas dan performa alat. Evaluasi dilakukan terhadap empat aspek: kelayakan umum, keselamatan kerja, fungsionalitas alat, serta efisiensi dan operasional. Hasil penilaian menunjukkan bahwa perangkat tersebut berada dalam kategori “sangat layak” dengan persentase rata-rata penilaian lebih dari 85%. Alat ini juga terbukti lebih efisien, cepat, dan aman dibandingkan metode sebelumnya. Jumlah teknisi yang dibutuhkan berkurang dari tiga menjadi satu orang, dan durasi proses *functional check* dipersingkat dari 30 menit menjadi 15 menit. Selain itu, alat ini mengurangi kemungkinan sengatan listrik melalui penggunaan bahan isolator akrilik dan penggunaan *heat shrink* pada koneksi kabel untuk melindungi sistem kelistrikan. Implikasi dari penelitian ini adalah ketersediaan alat bantu *bench test* yang efektif, efisien, dan sesuai dengan standar perawatan pesawat Boeing 737-300. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berhasil merancang alat *bench test* yang sesuai secara teknis dan operasional, namun juga memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan standar keselamatan dan efisiensi proses *maintenance* pada industri perawatan pesawat udara.

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

ABSTRACT

DESIGN OF BENCH TEST TOOL FOR INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH WITH PRESSURE 65 PSI ON BOEING 737-300 AIRCRAFT AT ASIA CARGO AIRLINES

By:

GHEFIRA ROSALLIE SALSABIELA SETIAWAN

NIT. 16022130034

Aircraft Engineering D-IV Study Program

The reliability of aircraft anti-icing protection systems is a critical factor in ensuring flight safety, particularly during high-altitude operations in extreme temperature conditions. One of the essential components in this system is the thermal anti-icing system, which functions to prevent ice accumulation that may disrupt aerodynamic performance and engine reliability. A key component within this system is the inlet cowl thermal anti-icing pressure switch, which monitors air pressure from the bleed air system and activates a cockpit indicator once the pressure reaches a predefined threshold. On the Boeing 737-300 aircraft, this pressure switch is designed to activate at 65 ± 3 PSI. However, in operational practice at Asia Cargo Airlines, the functional check of this component is still carried out manually using jumper wires, masking tape, and a 28V DC lamp. This method is inefficient, requires at least three maintenance personnel, and poses several safety risks, including the potential for electric shock and connection errors. Therefore, a dedicated bench test tool is needed to perform this inspection process accurately, safely, efficiently, and in accordance with the technical standards of the Boeing 737-300. The purpose of this study is to design a bench test tools as well as analyze its feasibility in performing functional checks on the pressure switch at the required operating pressure of 65 PSI. The research method used is Research and Development (R&D), combined with the systematic engineering design approach of VDI 2221, which includes the stages of clarification of the task, conceptual design, embodiment design, and detail design. The developed tool consists of two main subsystems: the pressure system and the electrical system. The pressure system includes a 1/4-inch hose, ball valve, and a pressure gauge compatible with working pressures up to 100 PSI. The electrical system includes a 3 pin connector, a 24V DC power source, and an indicator lamp that lights up when the pressure switch is activated. Testing results showed that the device was able to automatically illuminate the indicator lamp within the pressure range of 62–68 PSI, consistent

with the specifications provided in the Component Maintenance Manual (CMM). No pressure leaks, electrical disturbances, or connection failures were found during testing. Feasibility validation was conducted using a closed questionnaire distributed to three expert evaluators to assess the tool's validity and performance. The evaluation focused on four aspects: general feasibility, operational safety, functionality, and operational efficiency. The results indicated that the device was categorized as "highly feasible" with an average evaluation score exceeding 85%. This tool also proved to be more efficient, faster, and safer than the previous method. The number of technicians required was reduced from three to one, and the functional check duration was shortened from 30 minutes to 15 minutes. Moreover, the risk of electric shock was minimized by using acrylic insulating material and heat shrink tubing on the electrical connections. The implication of this study is the availability of a bench test support tool that is effective, efficient, and compliant with Boeing 737-300 maintenance standards. Thus, this research not only successfully developed a technically and operationally appropriate bench test tool, but also contributes to improving safety standards and maintenance efficiency within the aircraft maintenance industry.

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

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir: “RANCANGAN ALAT *BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH* DENGAN *PRESSURE 65 PSI* PADA PESAWAT BOIENG 737-300 DI ASIA CARGO AIRLINES” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara Angkatan ke-16 Bravo, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug – Tangerang.



NAMA : GHEFIRA ROSALLIE SALSABIELA
SETIAWAN
NIT : 16022130034

PEMBIMBING I

DR. EGO WIDORO, ST., S.SiT., MT
Penata Tk. I (III/d)
NIP 19810328 200212 1 004

PEMBIMBING II

A. NUGROHO BUDI R., S.Pd, S.SiT, MT
Profesional Teknik Pesawat Udara

KETUA PROGRAM STUDI

BHIMA SHAKTI ARRAFAT, S.ST, MS. ASM
Penata (III/c)
NIP 19910222 201012 1 002

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir: “RANCANGAN ALAT *BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH* DENGAN *PRESSURE 65 PSI* PADA PESAWAT BOIENG 737-300 DI ASIA CARGO AIRLINES” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara Angkatan ke-16 Bravo, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug – Tangerang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Diploma IV pada tanggal 07 Agustus 2025.

KETUA



BHIMA SHAKTI A., S.SiT., MS. ASM

Penata (III/c)

NIP 19910222 201012 1 002

SEKRETARIS



DR. ENG MUIZUDDIN AZKA, ST., M

NIP. 1982 0127 2008 0110 05

ANGGOTA



A. NUGROHO BUDI R., S.Pd, S.SiT, MT

Profesional Teknik Pesawat Udara

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ghefira Rosallie Salsabiela Setiawan

NIT : 16022130034

Program Studi : Diploma IV Teknik Pesawat Udara

Menyatakan bahwa tugas akhir berjudul “RANCANGAN ALAT *BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH* DENGAN *PRESSURE 65PSI* PADA PESAWAT BOEING 737-300 DI ASIA CARGO AIRLINES” merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme.

Demikian pernyataan saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dan Politeknik Penerbangan Indonesia (PPI) Curug.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak mana pun.

Tangerang, 07 Agustus 2025

Yang Membuat Pernyataan



Ghefira Rosallie Salsabiela Setiawan

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir Diploma IV yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Indonesia, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Indonesia. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai kaidah ilmiah atau menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Setiawan, G. R. S. (2025). Rancangan Alat *Bench Test Inlet Cowl Thermal Anti-Icing Pressure Switch* dengan *Pressure* 65 PSI pada Pesawat Boeing 737-300 di Asia Cargo Airlines.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia.

Dipersembahkan kepada

Mpap Iwan Setiawan dan Mamih Imas Nurhayati Serta Keluarga

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan Rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul “RANCANGAN ALAT *BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH* DENGAN *PRESSURE 65 PSI* DI ASIA CARGO AIRLINES”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat dukungan moral maupun bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu secara khusus penulis ucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Capt. Megi H. Helmiadi, S.SiT., M.A., selaku Direktur Politeknik Penerbangan Indonesia Curug.
2. Bapak Bhima Shakti Arrafat, S.S.T., MS.ASM selaku Ketua Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara.
3. Bapak DR. Ego Widoro S.T., S.SiT., M.T. selaku Dosen Pembimbing I tugas akhir atas segala bimbingan, arahan, serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
4. Bapak Drs. A. Nugroho Budi R., S.Pd., S.SiT., M.T selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir atas motivasinya untuk selalu belajar dan berkembang.
5. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai selama penulis menempuh Pendidikan di Politeknik Penerbangan Indonesia Curug.
6. Kedua orang tua penulis, Mpap Iwan Setiawan dan Mamih Imas Nurhayati serta adik-adik tercinta, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, nasihat serta kesabarannya yang luar biasa dalam setiap perjalanan hidup penulis.
7. Seluruh Personel kerja di Asia Cargo Airlines
8. Agung Saputra selaku pasangan, sahabat, rekan yang telah menemani, memberikan *support* penuh kepada penulis selama masa Pendidikan, pembuatan tugas akhir dan kehidupan sehari-hari.

9. Acil Desy Putri Pajar Ramadhan, selaku senior, kakak, yang telah membantu, meluangkan waktu selama penulis menempuh Pendidikan dan penulisan tugas akhir.
10. Teman kamar Kilo 1 dan Kilo 7 yang selalu memberi semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini.
11. Teman-teman Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara Angkatan ke-16 Alpha dan Bravo, adik-adik TPU 17, TPU 18, TPU 19 Apha dan Bravo, atas dukungan dan kerja samanya selama masa Pendidikan.

Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan, baik dari segi teknis maupun penyajian. Oleh karena itu, dengan lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan pengembangan di masa mendatang.

Tangerang, 28 Juli 2025
Penulis

Tar(i).Ghefira Rosallie Salsabiela Setiawan
16022130034

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iv
PENGESAHAN PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN PENGUJI	vii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	viii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Perumusan Masalah	3
E. Tujuan.....	4
F. Manfaat	4
G. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI.....	7
A. Penelitian Terdahulu.....	7
B. Pesawat Boeing 737-300.....	8
C. <i>Aircraft Ice Protection</i>	9

D. <i>Inlet Cowl Thermal Anti-Icing Pressure Switch</i>	10
E. <i>Teori Bench Test</i>	12
F. <i>Teori Tekanan Udara</i>	13
G. <i>Hukum Pascal</i>	13
H. <i>Persamaan Kontinuitas</i>	14
I. <i>Piping System</i>	14
J. <i>Arus Listrik</i>	15
K. <i>Teori Tegangan</i>	16
L. <i>Teori Daya</i>	17
M. <i>Teori Kabel</i>	17
N. <i>Functional Check</i>	18
O. <i>Teori Material</i>	18
P. <i>Teori Rancangan</i>	18
Q. <i>Metode Pendekatan</i>	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
A. <i>Metode Penelitian</i>	24
B. <i>Kondisi Saat Ini</i>	25
C. <i>Gambaran Umum Rancangan</i>	25
D. <i>Langkah Rancangan</i>	26
E. <i>Menguji Kelayakan</i>	27
F. <i>Kerangka Berpikir</i>	30
BAB IV PEMBAHASAN.....	32
A. <i>Penjabaran Tugas (Clarification of the Task)</i>	32
B. <i>Perancangan Konsep Produk (Conceptual Design)</i>	33
C. <i>Tahapan Perancangan Wujud Produk (Embodiment Design)</i>	43
D. <i>Perancangan Terperinci (Detail Design)</i>	55

E. Rekapitulasi Perhitungan	57
F. Hasil Uji Fungsi	57
G. Interpretasi.....	60
H. Perhitungan Kelayakan	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
A. Kesimpulan	63
B. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. <i>Aircraft Maintenance Manual Inlet Cowl Anti-Icing System</i>	69
Lampiran B. <i>Inlet Cowl Anti-Icing System-Trouble Shooting</i>	73
Lampiran C. <i>Component Maintenance Manual</i>	76
Lampiran D. Spesifikasi Kabel	84
Lampiran E. Spesifikasi Selang, <i>Ball Valve, Brass Tee</i>	84
Lampiran F. Surat Rekomendasi	85
Lampiran G. Parameter Rancangan	86
Lampiran H. Uji Coba Kontinuitas <i>Pressure Switch Connector</i>	87
Lampiran I. Gambar Teknik Isometri.....	88
Lampiran J. Gambar Teknik Ukuran <i>Bench Test</i>	88
Lampiran K. Pengujian Alat <i>Bench Test</i>	89
Lampiran L. Prosedur Penggunaan Alat	90
Lampiran M. Validasi Ahli Uji Alat	92
Lampiran N. Perhitungan Penilaian Validasi Ahli	101
Lampiran O. Diskusi Parameter Rancangan	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Pesawat Boeing 737-300	8
Gambar II. 2 Lokasi <i>Thermal Anti-Icing Pressure Switch</i>	11
Gambar II. 3 Bentuk Arus DC.....	16
Gambar II. 4 Gambar Arus AC	16
Gambar II. 5 Fase ADDIE.....	21
Gambar III. 1 Kondisi Saat Ini.....	25
Gambar III. 2 Kerangka Berpikir	31
Gambar IV. 1 Diagram Sistem Tekanan.....	34
Gambar IV. 2 <i>Wiring Diagram CMM Pressure Switch</i>	35
Gambar IV. 3 <i>Wiring Diagram</i>	36
Gambar IV. 4 Variasi 1	41
Gambar IV. 5 Variasi 2	41
Gambar IV. 6 Proses Pemotongan Akrilik	43
Gambar IV. 7 Hasil Akhir Pembuatan <i>Case</i> Rancangan	44
Gambar IV. 8 <i>Pressure Gauge</i>	45
Gambar IV. 9 Spesifikasi Kompresor Hangar PT. Mulya Sejahtera Technology	45
Gambar IV. 10 Spesifikasi Kaeser Kompressoren	46
Gambar IV. 11 Selang <i>Pressure</i>	48
Gambar IV. 12 <i>Fitting</i> dan <i>Ball Valve</i>	48
Gambar IV. 13 <i>Hose Nepel</i>	49
Gambar IV. 14 Proses <i>Press</i> Selang.....	50
Gambar IV. 15 Hidrolik <i>Line Diagram</i>	50
Gambar IV. 16 Sistem Tekanan.....	51
Gambar IV. 17 Lampu Indikator	51
Gambar IV. 18 Hasil Arus Yang Dihasilkan Dengan 1 lampu	52
Gambar IV. 19 Pembuatan <i>Electrical Connector</i> 1	53
Gambar IV. 20 Pembuatan <i>Electrical Connector</i> 2.....	54
Gambar IV. 21 <i>Wiring Diagram</i> 2.....	54
Gambar IV. 22 Sistem Kelistrikan Alat <i>Bench Test</i>	55
Gambar IV. 23 <i>Schematic Diagram</i>	56

Gambar IV. 24 Hasil Akhir Alat <i>Bench Test</i>	57
--	----

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel III. 1 Persentase Kelayakan	28
Tabel III. 2 Instrumen Kuesioner	29
Tabel IV. 1 Daftar Spesifikasi <i>Demands and Wishes</i>	33
Tabel IV. 2 <i>Demands and Wishes</i> Abstraksi 1	37
Tabel IV. 3 <i>Demands and Wishes</i> Abstraksi 2	38
Tabel IV. 4 <i>Demands and Wishes</i> Abstraksi 3	39
Tabel IV. 5 Pemilihan Sub-Fungsi.....	40
Tabel IV. 6 Pemilihan Kombinasi Prinsip	42
Tabel IV. 7 Rekapitulasi Perhitungan	57
Tabel IV. 8 Hasil Percobaan Pertama pada <i>Connector Pin</i> , Lampu dan Sistem Tekanan	58
Tabel IV. 9 Hasil Percobaan Kedua pada <i>Connector Pin</i> , Lampu dan Sistem Tekanan	58
Tabel IV. 10 Hasil <i>Functional Test</i> Menggunakan Alat <i>Bench Test</i>	59
Tabel IV. 11 Interpretasi Hasil Uji Coba Rancangan	61
Tabel IV. 12 Hasil Perbandingan Menggunakan Metode <i>Jumper Wire</i> , <i>Lampu</i> dan <i>Masking Tape</i> Dengan Menggunakan Alat <i>Bench Test Inlet Cowl Thermal Anti Icing Pressure Switch</i>	61

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
AC	<i>Alternating Current</i>	16
AMM	<i>Aircraft Maintenance Manual</i>	10
CMM	<i>Component Maintenance Manual</i>	34
DC	<i>Direct Current</i>	2
NC	<i>Normally Close</i>	10
NO	<i>Normally Open</i>	10
PSI	<i>Pound per Square Inch</i>	1
TAI	<i>Thermal Anti-Icing</i>	10
VDI	Verein Deutscher Ingenieure	7

LAMBANG

ρ	Massa jenis	14
$\dot{m}$	Laju aliran massa fluida	14
$^{\circ}\text{C}$	Derajat Celsius	1
P	Tekanan	13
F	Daya	13
A	Luas penampang	13
Q	Laju aliran volumetrik	14
V	Kecepatan aliran rata-rata	14
D	Diameter pipa	14
I	Arus	15
v	Volt	17
w	Energi	17
q	Muatan	17
W	Watt	17

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mesin penggerak atau biasa disebut dengan *engine* adalah salah satu bagian dalam pesawat terbang yang penting untuk keselamatan dalam penerbangan. Kondisi *engine* yang tidak berfungsi secara optimal akan mempengaruhi kualitas keselamatan dalam penerbangan. Definisi kinerja atau performa suatu *engine* adalah dengan memahami fungsi setiap komponen, energi yang masuk dan keluar, efisiensi termal, serta gaya dorong yang dihasilkan (Abdullah & Maulina, 2024). Jika *engine* mengalami gangguan dalam menghasilkan gaya dorong maka dapat menyebabkan pesawat kesulitan untuk mempertahankan ketinggian atau sulit untuk terbang (Cao et al., 2018). Salah satu gangguan tersebut adalah terkontaminasi *engine* ketika pesawat sedang terbang.

Pada pesawat, peristiwa penumpukan lapisan es pada permukaan pesawat biasa disebut dengan *icing* (Cao et al., 2018). *Icing* yang disebabkan oleh faktor cuaca dalam penerbangan terjadi ketika pesawat terbang melalui udara yang mengandung tetesan air atau pada permukaan udara lembab, dan suhu tempat tetesan air tersebut bertabrakan dengan pesawat adalah 0°C atau lebih (Sørensen et al., 2015). *Icing* akan cenderung terjadi pada *leading edge* pada *wing*, *tail* dan *engine*. *Icing* dapat terjadi di dalam *engine*, yang dapat menyebabkan kegagalan (Caliskan & Hajiye, 2013). *Icing* dapat diatasi dengan sistem *anti-icing*, pada *engine* terdapat *inlet cowl anti-icing system* yang terdapat komponen penting, salah satunya *thermal anti-icing pressure switch* yang berfungsi untuk memeriksa saat pengoperasian *valve* untuk mencegah tekanan berlebih pada *inlet cowl*. Maka dari itu, untuk menjaga *engine* tetap dalam keadaan performa yang maksimal dan saling bersinergi, harus dilakukan *maintenance* yang dilakukan pada komponen-komponen yang ada pada pesawat secara berkala (Aziz et al., 2021).

Dalam pembahasan ini pesawat Boeing 737-300F milik Asia Cargo Airlines terdapat jadwal perawatan untuk *functional check sensor of the engine thermal anti-icing system* pada proses perawatannya komponen *engine inlet cowl anti icing pressure switch* yang akan di *test*. Pada proses *functional check pressure sensor* diperlukan alat pendukung yang lebih efisien dalam hal membantu tenaga kerja mekanik agar lebih aman dalam hal keselamatan kerja.

Proses pemeriksaan *functional check pressure switch* saat ini hanya menggunakan *jumper wire* yang dihubungkan dengan lampu bertegangan 28V DC dan dilindungi dengan *masking tape*. Dalam kondisi ini, membutuhkan dua tenaga personil untuk melakukan *functional check* dan ada kemungkinan *jumper wire* tidak terhubung dengan baik dan bisa terlepas, dari yang dapat menimbulkan risiko sengatan listrik yang berbahaya bagi teknisi. Selain itu, hal ini juga dapat memperlambat proses *functional check pressure sensor* akibat kesalahan pada lampu yang disebabkan oleh masalah tersebut.

Ramadhan, (2021) berhasil membuat alat *bench test* untuk *functional test pressure sensor wing thermal anti-icing system* untuk pesawat Embraer 135 Legacy 600/650 dan Putra, (2021) berhasil membuat alat *bench test* untuk *functional test pressure sensor engine thermal anti-icing system* untuk pesawat Embraer 135 Legacy 600/650.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ramadhan dan Putra (2021), pada perancangan alat uji komponen *pressure sensor* hanya menggunakan *pressure* sebesar 35 PSI. Namun, tekanan 35 PSI tidak sesuai dengan standar operasional komponen *pressure switch* yang terdapat pada pesawat Boeing 737-300, secara teknis *pressure* sebesar 65 PSI yang dibutuhkan untuk menguji komponen tersebut.

Dari beberapa penelitian di atas, penulis tertarik untuk merancang alat *bench test thermal* untuk *functional check anti-icing pressure switch* dengan

pressure 65 PSI untuk pesawat Boeing 737-300 agar mempermudah para pekerja melakukan proses pengecekan *functional check pressure sensor* nantinya dan mengurangi risiko bahaya yang akan terjadi.

Berdasarkan latar belakang yang telah penulis paparkan di atas, maka penulis melakukan perancangan alat dengan judul **“RANCANGAN ALAT *BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH* DENGAN *PRESSURE* 65 PSI PADA PESAWAT BOEING 737-300 DI ASIA CARGO AIRLINES”**

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dideskripsikan, penulis mengidentifikasi masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Terdapat alat yang kurang memadai menyebabkan potensi risiko, seperti terkena sengatan listrik ketika melakukan *functional check*.
2. Dengan alat yang ada menyebabkan terhambatnya *functional check*.
3. Dengan alat yang ada menyebabkan kurang efektifnya waktu pada saat *functional check*, dikarenakan membutuhkan lebih dari satu personel.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, penulis membatasi masalah pada “Bagaimana merancang alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* yang dapat digunakan untuk *functional check* untuk pesawat Boeing 737-300F di Asia Cargo Airlines?”

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan pembatasan masalah yang telah disampaikan, penulis merumuskan permasalahan-permasalahan yang muncul sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* untuk pesawat Boeing 737-300F?
2. Bagaimana kelayakan *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* untuk pesawat Boeing 737-300F?

E. Tujuan

Tujuan dari rancangan alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* untuk *functional check* adalah:

1. Merancang alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* untuk pesawat Boeing 737-300 di Asia Cargo Airlines.
2. Menganalisis kelayakan *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* untuk pesawat Boeing 737-300F.

F. Manfaat

Manfaat dari rancangan alat *bench test inlet cowl thermal anti-ice pressure switch* pesawat Boeing 737-300F di Asia Cargo Airlines yang digunakan untuk mempermudah proses *functional check* adalah sebagai berikut:

1. Alat yang dirancang dapat digunakan untuk *functional check inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* sehingga dapat mempermudah dalam proses perawatan pesawat Boeing 737-300F.
2. Alat yang dirancang dapat mengurangi risiko tersengat listrik dan kecelakaan kerja saat melakukan *functional check inlet cowl thermal anti-icing pressure switch*.

G. Sistematika Penulisan

Pada penulisan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan
 - a. Latar Belakang

Membahas secara komprehensif mengenai latar belakang permasalahan.

b. Identifikasi Masalah

Pemetaan atau penjabaran terhadap permasalahan-permasalahan spesifik yang muncul dari latar belakang. Bagian ini menyusun permasalahan yang akan dijadikan dasar dalam merumuskan fokus penelitian.

c. Batasan Masalah

Bagian ini menjelaskan sejauh mana cakupan penelitian akan dilakukan. Tujuannya untuk memperjelas ruang lingkup agar penelitian lebih fokus dan tidak melebar ke luar topik utama.

d. Rumusan Masalah

Bentuk pertanyaan dari inti permasalahan yang akan dijawab dalam penelitian. Umumnya disusun dalam bentuk kalimat tanya.

e. Tujuan

Pernyataan mengenai apa yang ingin dicapai melalui penelitian. Tujuan ini merupakan jawaban langsung dari rumusan masalah.

f. Manfaat

Manfaat penelitian adalah penjabaran dari nilai guna atau kontribusi yang diberikan oleh hasil penelitian, baik secara teoritis maupun praktis.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

a. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan ulasan terhadap karya-karya ilmiah terdahulu yang relevan. Pustaka bisa berupa jurnal, buku, skripsi, artikel ilmiah, dan dokumen teknis lain yang mendukung penelitian.

b. Tinjauan Teori

Tinjauan teori berisi penjelasan sistematis mengenai konsep, prinsip, dan teori yang mendasari variabel atau komponen dalam penelitian.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Menjelaskan secara rinci bagaimana proses penelitian dilakukan dan menjabarkan metode yang digunakan, langkah-langkah pelaksanaan penelitian.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

a. Hasil

Bagian ini menyajikan data atau informasi yang diperoleh dari proses penelitian, baik dalam bentuk tabel, grafik, diagram, foto, maupun narasi deskriptif. Penyajian harus objektif dan tidak disertai interpretasi atau opini.

b. Pembahasan

Bagian yang menganalisis dan menginterpretasikan hasil yang telah disajikan, dengan membandingkan hasil tersebut dengan teori yang ada, hasil penelitian terdahulu, atau standar teknis yang relevan.

5. Bab V Penutup

a. Kesimpulan

Ringkasan akhir dari hasil penelitian yang menjawab langsung rumusan masalah berdasarkan temuan atau analisis yang telah dilakukan.

b. Saran

Rekomendasi atau usulan berdasarkan temuan penelitian. Rekomendasi ini ditujukan untuk pengembangan lebih lanjut, perbaikan, atau penerapan hasil penelitian, baik oleh peneliti selanjutnya, institusi, atau pihak terkait lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI

A. Penelitian Terdahulu

Untuk memudahkan penulis mencapai tujuan penelitian, penulis membandingkan hasil dari penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel II.

1 Penelitian Terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian terdahulu yang dibandingkan memiliki topik dan tujuan yang relevan, sehingga penulis dapat menunjukkan adanya pembaharuan dan pengembangan dalam penelitian ini.

Penelitian ini menempati posisi lanjutan sekaligus pengembangan dari dua penelitian terdahulu yang hanya merancang alat *bench test* untuk pemeriksaan umum. Posisi khusus penelitian ini terletak pada fokus perancangan spesifik menggunakan metode VDI 2221 dan komponen spesifik, yaitu *thermal anti-icing pressure switch* dengan *pressure* 65 PSI. dengan demikian, penelitian ini mengisi celah berupa kebutuhan alat uji yang lebih teknis, presisi dan sesuai dengan kondisi aktual komponen pesawat Boeing 737-300.

Tabel II. 1 Penelitian Terdahulu

No	Topik	Masalah	Tujuan	Hasil	Metode
1.	Perancangan alat <i>bench test</i>	Alat yang sudah ada kurang proper untuk <i>functional check</i> yang memungkinkan terjadinya bahaya ketika digunakan	Memudahkan para mekanik untuk melakukan <i>functional check</i> dan mengurangi risiko bahaya yang akan terjadi ketika melakukan pengecekan	Alat yang dirancang berfungsi untuk melakukan pemeriksaan fungsional dan dapat melindungi tenaga kerja mekanik dari risiko sengatan listrik.	RnD
(Ramadhan, 2021)					

No	Topik	Masalah	Tujuan	Hasil	Metode
2.	Perancangan alat <i>bench test</i>	Alat yang sudah ada dapat memungkinkan berbahaya bagi pekerja dan lingkungan	Dapat membantu proses <i>functional check</i> serta dapat mengurangi risiko dari ancaman bahaya kerja.	Alat rancangan ini efektif dalam pengujian, dan juga aman digunakan dalam proses pemeliharaan pesawat.	RnD
(Putra, 2021)					

(Sumber: Data Pribadi)

B. Pesawat Boeing 737-300

Boeing 737-300 (Gambar II. 1) merupakan salah satu varian dari keluarga Boeing 737 yang dikenal sebagai “B737 *Classic*”. Pesawat ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1984 dan menjadi salah satu pesawat komersial yang paling sukses dalam sejarah penerbangan. Pesawat ini memiliki kapasitas penumpang yang bervariasi antara 126 hingga 149 penumpang, tergantung pada konfigurasi interior yang dipilih oleh maskapai. Dengan panjang sekitar 33,6 dan lebar sayap 28,9 meter, Boeing 737-300 dirancang untuk penerbangan jarak pendek hingga menengah, dengan jangkauan maksimum sekitar 5.000 km. Pesawat ini dilengkapi dengan dua mesin *turbofan* CFM 56-3, yang memberikan efisiensi bahan bakar yang lebih baik dan mengurangi emisi suara dibandingkan dengan model sebelumnya.



Gambar II. 1 Pesawat Boeing 737-300
(Sumber: <https://shorturl.at/5y9JI>)

C. *Aircraft Ice Protection*

1. *Icing*

Di udara, proses pembentukan es terjadi secara bertahap, dimulai dari *liquid*, *supercooled liquid* dan *icing* (Imam Assyafiq Syahputra et al., 2021). Es akan terbentuk hampir di seluruh bagian depan, karena terdapat *stagnation point* di mana partikel air menempel dan terpapar udara dingin, sehingga mengalami pembekuan menjadi es (*Aircraft Systems Part 3 – Protection Systems Book 1 EASA Part 66*, 2013). *Aircraft icing* mengacu pada penumpukan es yang terjadi di permukaan pesawat yang terbang dalam *icing conditions* (Li & Paoli, 2022). Menurut Vukits, (2002, dalam Mousavi et al., 2024) Icing pada pesawat umumnya ditemukan ada tiga jenis es utama: *rime ice*, *glaze ice* dan *mixed ice*.

2. *Deicing dan Anti-Icing*

Anti-icing atau *de-icing system*, dirancang untuk mencegah *icing* atau memungkinkan pesawat mencegah terjadinya pembekuan sebelum menjadi masalah (Wang et al., 2023). *Anti-icing system* bertujuan untuk menjaga suhu lapisan kira-kira konstan sampai suhu sekitar naik melebihi *set-point* atau kelembapan turun di bawah ambang batas (Sørensen et al., 2015). Pada *Aircraft Systems Part 3 – Protection Systems Book 1 EASA Part 66*, (2013) tertulis, jika *anti-icing* digunakan, sistem perlindungan akan diaktifkan sebelum mengalami kondisi *icing* dan akan tetap aktif untuk mencegah terbentuknya es di permukaan.

Sedangkan *de-icing* adalah proses penghilangan es yang terbentuk pada permukaan pesawat (Parent & Ilinca, 2011). Pada *Aircraft Systems Part 3 – Protection Systems Book 1 EASA Part 66*, (2013) tertulis, dalam metode *de-icing*, sistem perlindungan secara otomatis dinyalakan dan dimatikan secara berkala. Ketika posisi *OFF*, sejumlah es dapat menumpuk tanpa memberikan dampak yang signifikan terhadap bentuk

aerodinamis permukaan. Es yang menumpuk tersebut kemudian dihilangkan dengan mengoperasikan sistem untuk waktu yang singkat.

3. *Thermal Anti-Icing*

Beragam jenis perangkat *ice protection* yang telah diciptakan, di mana *thermal anti-icing system* atau biasa disebut dengan sistem TAI merupakan metode yang paling umum dan klasik yang diterapkan pada pesawat-pesawat *modern* (Shinkafi & Lawson, 2014). Pada *thermal anti-icing system*, energi panas yang berasal dari udara panas atau pemanas listrik disalurkan melalui permukaan pesawat untuk menghangatkan area yang dilindungi dan menguapkan tetesan air yang mengenai permukaan tersebut (Shen et al., 2020).

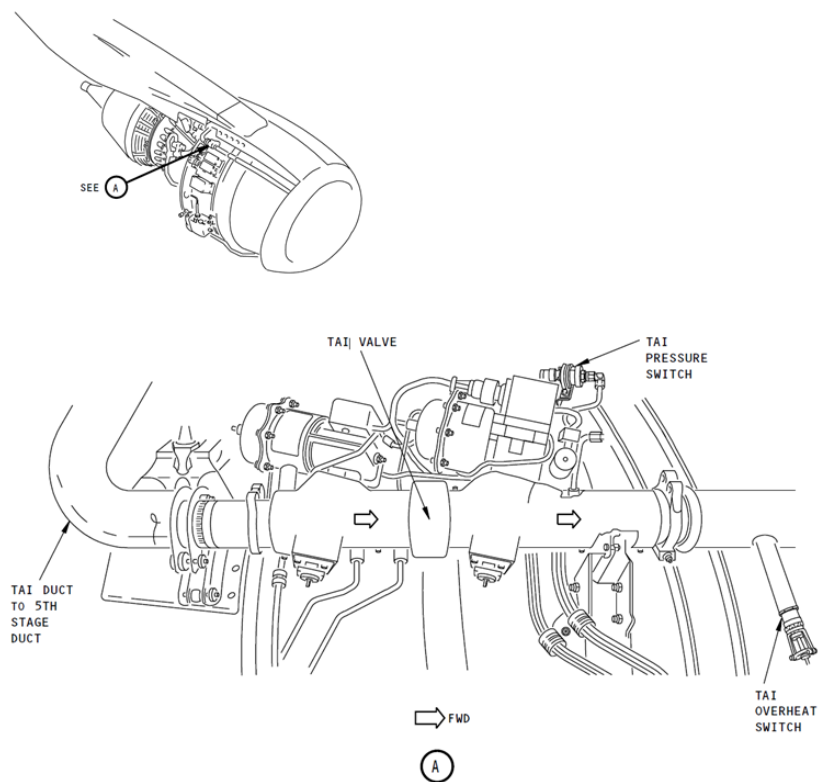
D. *Inlet Cowl Thermal Anti-Icing Pressure Switch*

Menurut *aircraft maintenance manual* atau yang biasa disebut dengan AMM yang telah saya lampirkan pada Lampiran A, *pressure switch inlet cowl thermal anti-icing* pada pesawat Boeing 737-300 adalah komponen yang sangat penting untuk menjamin keselamatan dan efisiensi kerja. Komponen ini dipasang di saluran hilir *valve thermal anti-icing*, dapat dilihat pada Gambar II. 2 dan mendeteksi tekanan udara yang berasal dari sistem *bleed air*. Ketika tekanan mencapai nilai ambang kerja sebesar 65 ± 3 PSI, *switch* akan menutup rangkaian kelistrikan dan secara otomatis mengaktifkan lampu indikator berwarna amber pada panel P5, yang menandakan bahwa suplai udara telah cukup untuk melakukan perlindungan es pada *cowling engine*.

Secara teknis, *pressure switch* adalah perangkat elektromekanis yang mengubah tekanan menjadi perpindahan mekanis, yang kemudian menggerakkan sakelar elektrik. Sistem ini biasanya terdiri dari komponen sensor tekanan seperti membran, piston, atau diafragma yang bergerak ketika terkena tekanan fluida. Perubahan posisi ini akan memicu kontak listrik di *switch* untuk membuka atau menutup rangkaian tergantung pada desainnya, baik *normally open* (NO) maupun *normally closed* (NC). Dalam sistem

pesawat, *pressure switch* ini menggunakan daya 28V DC, yang terhubung langsung ke sistem indikator kokpit dan perangkat *monitoring* lainnya.

Untuk memastikan akurasinya dalam mendeteksi ambang tekanan kerja, tombol tekanan sering diuji dengan *bench test* atau *loop test*. Ini karena tombol ini termasuk dalam sistem pemantauan yang aman terhadap kegagalan, yang memastikan bahwa *anti-icing* tidak bekerja dalam kondisi tekanan rendah yang berisiko menyebabkan pembentukan es.



Gambar II. 2 Lokasi *Thermal Anti-Icing Pressure Switch*
(Sumber: *Aircraft Maintenance Manual 30-21-00*)

Selain menjalankan fungsi deteksi tekanan dalam sistem *anti-icing*, *pressure switch* juga menjadi titik krusial dalam proses *troubleshooting* saat terjadi gangguan pada sistem indikator *anti-icing*. Berdasarkan AMM Boeing 737-300, *troubleshooting* terhadap *pressure switch* dilakukan ketika teknisi menemukan lampu indikator TAI tidak menyala saat *valve* dibuka, atau sebaliknya, menyala terus menerus meskipun *valve* dalam posisi tertutup.

Pada langkah 5 diagram alir *troubleshooting* yang terdapat pada Lampiran B Halaman 74, teknisi diminta untuk mengukur TAI *pressure switch pin* 1 dan 2 untuk memastikan kontinuitas arus. Jika tidak ada arus saat sistem aktif, maka *pressure switch* mungkin tidak berfungsi dengan baik. Pada langkah 6, teknisi diminta untuk melakukan pengecekan rangkaian kontrol kelistrikan dan bagaimana kabel menuju panel indikator terhubung. Kedua langkah ini menunjukkan bahwa berfungsinya *pressure switch* sangat berpengaruh terhadap keakuratan sistem indikasi.

Pressure switch tidak hanya berfungsi sebagai sensor otomatis, tetapi juga merupakan komponen yang harus dievaluasi secara terstruktur ketika sistem *anti-icing* mengalami ketidaksesuaian fungsi. Sebelum teknisi melanjutkan untuk memeriksa bagian lain, seperti kelistrikan *valve*, lampu indikator di panel P5, atau *control module* dari sistem *anti-icing*, mereka harus menyelesaikan masalah dengan *pressure switch*. Seperti yang sudah ditunjukkan langkah 5 dan 6 dari diagram alir *troubleshooting* yang terdapat pada Lampiran A Halaman 74, pengujian kontinuitas arus dilakukan sebelum pemeriksaan jalur kelistrikan dan lampu indikator dilakukan.

E. **Teori Bench Test**

Bench test adalah sistem pengujian terkontrol yang digunakan untuk menguji fungsi dan karakteristik teknik suatu komponen secara individual sebelum digunakan dalam sistem sebenarnya (Dindorf, 2023). (Dindorf, 2023) menjelaskan dalam sistem pneumatik, *bench test* menguji komponen seperti *pressure switch*, *valve*, atau *actuator* dalam lingkungan simulasi yang presisi dan dapat dikendalikan. Parameter seperti tekanan, aliran, dan respons elektrik komponen dapat diuji dengan sistem ini tanpa terhubung langsung ke sistem pesawat (Dindorf, 2023). Menurut Nogmov et al., (2023) sistem *bench test* terintegrasi digunakan untuk mengevaluasi karakteristik teknis komponen, seperti tekanan, kebocoran dan performa aliran fluida, di bawah kondisi kerja tertentu.

Menurut (Balaji et al., 2023), salah satu keuntungan utama dari menggunakan *bench test* adalah kemampuan untuk menemukan cacat atau malafungsi pada komponen lebih awal. Oleh karena itu, kemungkinan kegagalan operasional lapangan dapat berkurang. Ini juga dapat meningkatkan kualitas, keselamatan, dan keandalan sistem secara keseluruhan (Balaji et al., 2023). Selain itu, *bench test* mampu menstimulasikan kondisi kerja nyata rentang kecepatan dan torsi serta menggunakan kontrol otomatis untuk pemantauan fungsional (Niculescu et al., 2024).

F. Teori Tekanan Udara

Tekanan udara atau biasa disebut dengan *pressure* adalah tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam satuan wilayah tertentu dari suatu tempat ke tempat lainnya (Sandy Ari, 2017). Pada buku *Fundamentals of temperature, pressure, and flow measurements* yang ditulis oleh (Benedict, 1977), tekanan dapat didefinisikan sebagai gaya yang diberikan secara tegak lurus oleh fluida pada suatu satuan luas permukaan batas apa pun. Dengan keterangan P adalah tekanan, F adalah daya dan A adalah luas penampang. Secara sistematis, dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

G. Hukum Pascal

Hukum ini menyatakan bahwa apabila suatu tekanan diberikan pada fluida inkompresibel di dalam suatu wadah tertutup, maka tekanan tersebut akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan bagian dalam wadah. Dengan kata lain, perubahan tekanan pada fluida di satu titik dalam sistem hidrolik akan secara langsung memengaruhi seluruh bagian lain dari sistem tersebut (Taufiq et al., 2023). Secara sistematis, dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{\text{masuk}} = P_{\text{keluar}} \quad (2)$$

H. Persamaan Kontinuitas

Menurut Munson et al., (2012) pada buku *Fundamentals of Fluid Mechanics*, persamaan kontinuitas merupakan salah satu prinsip fundamental dalam mekanika fluida yang didasarkan pada hukum kekekalan massa, di mana massa fluida yang masuk ke dalam suatu sistem harus sama dengan massa yang keluar, selama sistem tersebut bersifat *steady* (tetap) dan fluida dianggap inkompresibel. Munson et al., (2012) menjelaskan bahwa dalam kondisi ini, laju aliran massa fluida ($\dot{m}$) bersifat konstan di seluruh penampang sistem. Untuk fluida inkompresibel, massa jenis (ρ) dianggap tetap, sehingga persamaan kontinuitas menjadi:

$$Q = A \times V = \frac{\pi(D \times D)}{4} \times V \quad (3)$$

Dalam menghitung diameter pipa, persamaan dapat diperoleh sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (4)$$

Dengan:

Q = laju aliran volumetrik (m^3/s)

A = luas penampang (m^2)

V = kecepatan aliran rata-rata (m/s)

I. *Piping System*

Piping system atau sistem perpipaan didefinisikan sebagai seperangkat pipa dan beberapa komponennya yang digunakan untuk mengalirkan fluida (cair, gas atau padat) dari titik satu ke titik lainnya (Velasco et al., 2025). *Piping system* terdiri dari pipa atau selang (*hose*), *fitting*, *flange* dan bagian yang menahan tekanan dari komponen pipa lain yang diperlukan untuk mencegah tekanan berlebih (Smith, 2007). Dari banyaknya komponen pendukung,

berikut adalah komponen yang bekerja sama untuk memastikan aliran fluida menjadi efisien dan aman:

1. Selang (*Hose*)

Menurut Mills, (2016), *hose* atau biasa disebut dengan selang banyak digunakan dalam *piping system* yang memerlukan fleksibilitas alami, ini membuat selang ideal untuk digunakan dalam menyambung bagian-bagian jaringan pipa dalam situasi di mana pipa standar tidak akan sesuai dengan geometri yang dibutuhkan.

2. *Fitting*

Fitting biasanya membuat perubahan arah dalam sistem perpipaan dan menghubungkan pipa, terkadang dengan ukuran yang berbeda (Sutton, 2017).

3. Katup (*valve*)

Katup atau biasa disebut dengan *valve*, umumnya digunakan untuk tujuan mengendalikan fluida ke dalam atau ke luar sistem pada laju yang terkendali (Mills, 2016).

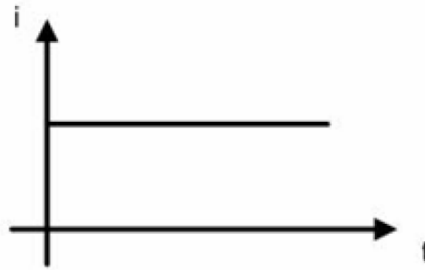
J. Arus Listrik

Menurut Kaufman & Anderson, (2010,dalam Fikri et al., 2022) arus listrik secara umum adalah energi yang dapat dialirkan melalui suatu media penghantar dalam bentuk muatan listrik yang mengalir dari kutub positif ke kutub negatif. Arus listrik ini muncul akibat adanya perbedaan potensial di kedua ujung penghantar, yang disebabkan oleh tenaga yang mendorong elektron-elektron untuk berpindah tempat. Kecepatan perpindahan arus listrik ini dapat disebut sebagai laju arus (Sari et al., 2023). Arus listrik terjadi muatan listrik bergerak dan menyebabkan aliran listrik (Nim & Ramadhani, 2024). Arus, digambarkan dengan simbol I dengan satuan ampere (A).

1. Arus Searah (*Direct Current* / DC)

Para rangkaian *direct current* atau biasa disebut dengan DC hanya melibatkan arus dan tegangan searah (Marwiyah, 2024). Arus DC

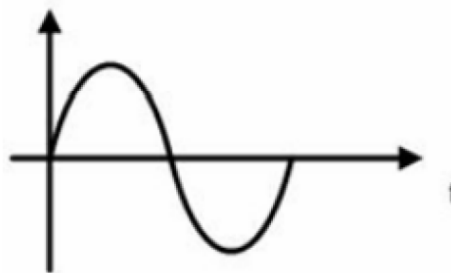
adalah arus yang mempunyai nilai polaritas yang tetap atau konstan dalam satuan waktu (Ramdhani, 2008), yang berarti di mana pun kita mengamati arus tersebut pada waktu yang berbeda, kita akan mendapatkan nilai yang sama (M. Ikhwanus, 2014) seperti pada Gambar II. 3.



Gambar II. 3 Bentuk Arus DC
(Sumber: Buku Rangkaian Listrik)

2. Arus Bolak-Balik (*Alternating Current / AC*)

Alternating current atau yang biasa disebut AC adalah arus listrik di mana besar dan arah arusnya berubah ubah secara bolak balik (Marwiyah, 2024). Arus AC adalah arus yang mempunyai nilai polaritas yang berubah ubah terhadap satuan waktu (Ramdhani, 2008), dengan karakteristik yang selalu berulang setiap periode waktu tertentu (M. Ikhwanus, 2014) seperti pada Gambar II. 4.



Gambar II. 4 Gambar Arus AC
(Sumber: Buku (Ramdhani, 2008))

K. Teori Tegangan

Pada buku *Fundamental of Electric Circuits* yang ditulis oleh Alexander & Sadiku, (2017), Energi yang diperlukan untuk memindahkan satu satuan

muatan di dalam medan listrik disebut tegangan listrik atau beda potensial. Karena hubungannya langsung dengan arus dan energi dalam sistem kelistrikan, tegangan yang diukur dalam volt (v), dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V = \frac{w}{q} \quad (5)$$

Dengan keterangan w yaitu energi (joule) dan q adalah muatan (coulomb). Tegangan adalah salah satu besaran penting dalam analisis rangkaian listrik (Alexander & Sadiku, 2017).

L. Teori Daya

Pada buku *Fundamental of Electric Circuits* yang ditulis oleh Alexander & Sadiku (2017), daya listrik dapat didefinisikan sebagai turunan energi terhadap waktu. Ini adalah laju waktu yang digunakan atau diserap oleh rangkaian dalam satuan watt (W). Dengan menggabungkan definisi arus dan tegangan, daya listrik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (6)$$

Dengan keterangan V adalah tegangan dan I adalah arus. Rumus ini digunakan secara luas dalam analisis rangkaian listrik, baik pada sistem tegangan tetap maupun arus listrik (Alexander & Sadiku, 2017).

M. Teori Kabel

Kabel listrik adalah media penghantar arus listrik yang terdiri dari satu atau lebih konduktor berdaya hantar rendah, biasanya tembaga atau aluminium yang dilapisi oleh bahan isolasi untuk menghindari kebocoran arus dan bahaya arus pendek atau biasa disebut dengan *short system*. Kabel biasanya hanya terdiri dari konduktor dan isolasi pada tegangan rendah, tetapi pada tegangan yang lebih tinggi, kabel tersebut memiliki komponen tambahan seperti pelindung medan elektrostatis (*magnetic screening*), pelindung

kelembapan (*metallic sheaths*), lapisan mekanik (*armor*), dan *outer sheath* (G.F.Moore, 1997).

N. *Functional Check*

Functional check adalah prosedur yang dilakukan untuk memastikan bahwa sistem atau komponen pesawat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan, dan melibatkan pemeriksaan menyeluruh oleh pilot dan teknisi pesawat udara untuk mengidentifikasi potensi masalah sebelum penerbangan (Training & Aviators, 2020)

O. Teori Material

1. Logam

Logam merupakan suatu unsur kimia yang memiliki karakteristik khas, seperti liat (lentur), keras, kuat, serta kemampuan dalam menghantarkan listrik dan panas yang baik. Selain itu, logam juga dikenal karena permukaannya yang mengkilap dan umumnya memiliki titik leleh yang cukup tinggi, sehingga banyak digunakan dalam berbagai industri (Samlawi, 2016).

2. Non-Logam

Selain berfungsi sebagai alternatif pengganti logam, bahan non-logam juga sangat dibutuhkan sebagai bahan utama karena memiliki karakteristik dan sifat khasnya. Bahan non-logam antara lain, kayu, karet, minyak, plastik, fiber, keramik, *acrylic* (Samlawi, 2016).

P. Teori Rancangan

Rancangan/desain berarti menciptakan sesuatu yang baru dan lebih baik dan juga memperbarui sesuatu yang telah ada. Rancangan terbagi atas tiga, yaitu (Khurmi & Gupta, 2022):

1. Desain Adaptif

Design ini merupakan adaptasi dari rancangan yang sudah ada, dengan penekanan atau perubahan kecil untuk meningkatkan fungsionalitas atau tampilan tanpa mengubah konsep dasarnya secara signifikan.

2. Desain Pengembangan

Memodifikasi atau mengubah desain yang sudah ada menjadi konsep baru, sehingga hasil akhir dari rancangan tersebut memiliki perbedaan signifikan dibandingkan dengan desain aslinya.

3. Design Baru

Jenis perancangan yang memerlukan penelitian mendalam serta melibatkan pemikiran kreatif dalam proses pengembangannya.

Dalam proses perancangan, seorang perancang perlu menetapkan kriteria yang jelas dalam merancang (Nur & Suyuti, 2018). Meskipun banyak kriteria yang digunakan oleh seorang perancang, namun semuanya tertuju pada kriteria berikut:

1. *Function* (Fungsi/ Pemakaian)
2. *Safety* (Keamanan)
3. *Reliability* (Dapat Diandalkan)
4. *Cost* (Biaya)

Dapat disimpulkan bahwa proses perancangan adalah proses kompleks dalam menciptakan sesuatu yang sebelumnya tidak ada, melibatkan pengambilan keputusan dari banyak variabel dan parameter. Dalam proses ini, keseimbangan antara kebutuhan dan kemampuan menjadi faktor krusial dalam perancangan serta pembuatan produk.

Q. Metode Pendekatan

1. *Quality Function Deployment (QFD)*

Pada buku berjudul *Quality Function Deployment and Six Sigma* yang ditulis oleh Ficalora & Cohen, (2010), selama proses pengembangan produk atau jasa, *Quality Function Deployment* atau biasa disebut dengan QFD adalah metode terstruktur yang digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan dan keinginan pelanggan (*Voice of Customer*) ke dalam spesifikasi teknis yang relevan. Tujuan utama dari QFD adalah memastikan bahwa tim pengembang dapat secara sistematis memenuhi kebutuhan pelanggan dengan membuat keputusan desain yang sesuai.

QFD bekerja dengan membentuk matriks yang disebut *House of Quality*. Matriks ini menggambarkan “apa yang diinginkan pelanggan” (*whats*) dan “bagaimana tim teknis akan memenuhi” (*hows*). Proses ini membantu tim dalam menentukan kebutuhan apa yang paling penting, menilai bagaimana kebutuhan dan solusi teknis berhubungan, dan menetapkan tujuan desain berdasarkan evaluasi kompetitif (Ficalora & Cohen, 2010). Berikut adalah tahapan dalam metode QFD:

a. *Phase 0 – Perencanaan*

Diawali dengan perencanaan awal, yaitu penentuan tujuan, lingkup produk, pelanggan sasaran, serta pembentukan tim.

b. *Phase 1 – Pengumpulan VOC*

Tahap berikutnya pengumpulan dan analisis kebutuhan pelanggan melalui survei, wawancara atau *focus group*.

c. *Phase 2 & 3 – Pembangunan House of Quality*

Setelah itu, dilakukan pembangunan *House of Quality* yang mencakup pemetaan kebutuhan terhadap karakteristik teknis, analisis korelasi teknis, serta bench marking terhadap produk pesaing.

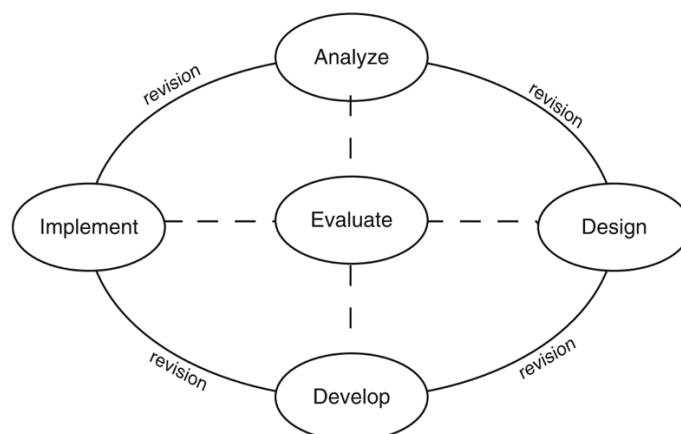
d. *Phase 4+ – Pengembangan Lanjutan (opsional)*

Para tahap ini *House of Quality* pertama digunakan untuk membentuk matriks tambahan, seperti matriks desain produk, perencanaan proses dan perencanaan produksi.

2. ADDIE

Model ADDIE adalah kerangka sistematis untuk perancangan pembelajaran yang terdiri dari lima tahapan utama: *Analyze*, *Design*, *Develop*, *Implement* dan *Evaluate*. Model ini dikembangkan sebagai pendekatan konseptual untuk merancang sistem instruksional yang terstruktur dan berfokus pada kebutuhan pengguna.

Menurut Branch, (2009) pada bukunya yang berjudul *Instructional Design: The ADDIE Approach*, ADDIE adalah model linier yang fleksibel dan dapat digunakan berulang kali. Masing-masing fase ADDIE terhubung satu sama lain, yang memungkinkan revisi berkelanjutan sepanjang proses pengembangan, dapat dilihat pada Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa hasil analisis dan evaluasi yang akurat selalu menentukan keputusan desain. Berikut adalah uraian tahapan yang digunakan pada metode ADDIE:



Gambar II. 5 Fase ADDIE
(Sumber: *Instructional Design: The ADDIE Approach*)

a. *Analyze* (Analisis)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengidentifikasi masalah, kebutuhan, karakteristik peserta dan konteks penelitian. Hasil analisis akan digunakan sebagai dasar untuk keputusan desain lebih lanjut.

b. *Design* (Perancangan)

Pada tahap ini, tujuan penelitian, strategi instruksional, media, dan alat evaluasi ditentukan. Semua komponen penelitian disusun secara logis dan terukur oleh perancang.

c. *Develop* (Pengembangan)

Hasil desain membentuk materi, media, dan alat evaluasi. Sebelum digunakan, seluruh produk diuji secara formatif untuk memastikan kelayakannya.

d. *Implement* (Pelaksanaan)

Fase ini melibatkan distribusi materi dan pelaksanaan penelitian di lapangan.

e. *Evaluate* (Evaluasi)

Keberhasilan penelitian diukur baik secara formatif di setiap tahap dan secara sumatif setelah pelaksanaan. Hasilnya digunakan untuk perbaikan berkelanjutan.

3. VDI 2221

Metode VDI 2221 adalah kerangka kerja perancangan terstruktur yang diperkenalkan oleh Persatuan Insinyur Jerman (VDI), kemudian dikembangkan secara detail oleh pakar desain teknik Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz melalui publikasi akademis mereka (Dermawan & Wibowo, 2023). Metode VDI 2221 mengadopsi pendekatan sistematis untuk merancang produk dan sistem teknik, dengan tujuan utama mengoptimalkan penggunaan sumber daya serta teknologi yang

tersedia selama proses pengembangan produk baru (Pahl & Beitz, 2006), Berikut adalah tahapan dalam Metode VDI 2221:

- a. Penjabaran Tugas (*Clarification of the Task*)
Meliputi pengumpulan informasi atau data mengenai persyaratan yang akan dipenuhi oleh rancangan alat, serta batasan-batasannya. Hasil dari tahap ini adalah syarat-syarat atau spesifikasi.
- b. Penentuan Konsep Rancangan (*Conceptual Design*)
Meliputi informasi struktur-struktur fungsi pencarian, prinsip-prinsip pemecahan masalah yang sesuai dan menggabungkannya menjadi konsep varian. Hasil dari tahap ini adalah pemecahan masalah dasar atau konsep.
- c. Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)
Sketsa kombinasi prinsip solusi yang telah dibuat merupakan bentuk *layout* awal, kemudian dipilih yang memenuhi persyaratan yang sesuai dengan spesifikasi.
- d. Perancangan Terperinci (*Detail Design*)
Pada tahapan ini, hasil rancangan dibuat menjadi dokumen produk, sehingga dapat diproduksi secara kontinu dan pengembangan produk lebih baik.

Metode VDI 2221 penulis gunakan karena dapat menyediakan pendekatan sistematis untuk perancangan produk teknik, khususnya alat uji yang berfokus pada keamanan dan efisiensi kerja. Metode ini memudahkan proses desain yang logis dan terukur dengan tahapan mulai dari penjabaran tugas hingga perancangan terperinci.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode utama yang digunakan dalam perancangan ini adalah metode Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*) atau yang biasa disebut dengan R&D, sebagaimana dijelaskan oleh Sugiyono, (2013), *research and development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk yang dibuat. Untuk dapat menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan dan untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat berfungsi di masyarakat luas, maka diperlukan penelitian untuk menguji keefektifan tersebut.

Dalam pelaksanaan tahap perancangan alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* pada metode R&D, digunakan metode pendekatan VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*). VDI 2221 adalah salah satu metode pendekatan yang sistematis dan terstruktur, yang umum digunakan untuk mengatasi permasalahan desain sekaligus mengoptimalkan pemanfaatan material dan teknologi secara efektif (Pahl & Beitz, 2006). Seperti teori yang telah dibahas pada Bab 2, terdapat empat tahapan dalam VDI 2221, yaitu:

1. Penjabaran Tugas (*Clarification of the Task*)
2. Penentuan Konsep Rancangan (*Conceptual Design*)
3. Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)
4. Perancangan Terperinci (*Detail Design*)

Dengan demikian, metode R&D berfungsi sebagai kerangka penelitian secara keseluruhan, sedangkan VDI 2221 menjadi panduan teknis yang mengarahkan proses perancangan alat agar sesuai dengan standar teknis yang berlaku.

B. Kondisi Saat Ini

Sesuai dengan pembahasan pada latar belakang, proses *functional check inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* hanya menggunakan *jumper wire*, *masking tape* dan lampu 28V DC. Dengan alat seadanya terdapat beberapa kendala, seperti tidak ada pengaman apa pun terhadap arus listrik yang mengalir, membutuhkan banyak personel yang ikut memegang *jumper wire* agar tidak terlepas, *jumper wire* yang terkadang tidak terpasang dengan sempurna yang akan mengakibatkan terjadinya risiko tersengat listrik dan lampu yang tidak menyala.



Gambar III. 1 Kondisi Saat Ini
(Sumber: Data Pribadi)

C. Gambaran Umum Rancangan

Pada penelitian ini, perancangan alat *bench test* dibuat bertujuan untuk membantu *functional check* saat dilakukan inspeksi. Para perancangan ini dibagi menjadi dua sistem bagian, yaitu sistem tekanan dan sistem kelistrikan. Setiap bagian ini memiliki fungsi dan kriteria masing-masing yang akan mempermudah proses perancangan dan dapat mengurangi risiko bahaya terhadap komponen maupun teknisi. Maka dari itu, pada Bab IV penulis akan memaparkan pembahasan seperti penjabaran tugas, perancangan konsep

produk, perancangan wujud produk dan perancangan terperinci sehingga tujuan utama rancangan tercapai.

D. Langkah Rancangan

Pada rancangan alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing* penulis akan melakukan beberapa tahapan, berdasar kepada empat tahapan VDI 2221 yang telah penulis jabarkan di atas.

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

Pada tahap ini, penulis akan melakukan proses pengumpulan informasi dan menguraikannya dalam bentuk daftar spesifikasi ide untuk alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* serta mengidentifikasi kendala-kendala yang dihadapi untuk mencapai solusi optimal. Pada tahap ini penulis akan membedakan sebuah persyaratan apakah sebagai keharusan (*demand*) atau keinginan (*wishes*).

Demand adalah segala persyaratan yang harus dipenuhi dalam segala kondisi, dengan kata lain apabila tidak dipenuhi, maka solusi yang tercapai tidak dapat diterima. *Wishes* adalah segala persyaratan yang diinginkan bisa dimasuki melalui pertimbangan (Maulana, 2023).

2. Penentuan Konsep Rancangan (*Conceptual Design*)

Tahap ini meliputi abstraksi permasalahan desain *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch*, diikuti dengan penyusunan struktur fungsional. Selanjutnya, dilakukan pencarian prinsip pemecahan masalah yang relevan, Hasil akhir dari tahapan ini adalah solusi potensial atau konsep kunci yang dapat digunakan sebagai dasar desain.

3. Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)

Tahapan ini melibatkan pembuatan sketsa kombinasi dari kumpulan prinsip-prinsip solusi yang kemudian dijadikan *layout* awal. Setelah itu, spesifikasi yang relevan dipilih berdasarkan aspek teknis dan ekonomi. *Layout* awal yang telah dipilih kemudian disempurnakan menjadi *layout* akhir, yaitu desain yang memenuhi kebutuhan dan harapan yang

telah ditetapkan. Desain akhir mencakup bentuk elemen produk, perhitungan teknik, pemilihan bentuk dan ukuran.

4. Perancangan Terperinci (*Detail Design*)

Pada tahap final desain, hasil perancangan yang sudah terperinci disusun dalam bentuk dokumen. Kemudian, produk dievaluasi kembali untuk memastikan bahwa spesifikasi yang telah ditentukan benar-benar terpenuhi. Dokumen produk ini dapat meliputi :

- a. Gambar Mesin
- b. Detail Gambar Mesin
- c. Sistem Pengoperasian
- d. Pemilihan Komponen dari Standar yang Sudah Ada

E. Menguji Kelayakan

Untuk menilai kelayakan alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch*, penulis melakukan validasi rancangan melalui penyebaran angket tertutup kepada tiga orang evaluator yang merupakan ahli teknik berpengalaman dalam *maintenance* sistem *thermal anti-icing* pada pesawat Boeing 737-300. Angket disusun secara sistematis untuk menilai elemen performa, keamanan, efisiensi dan kesesuaian alat dengan kebutuhan teknis di lapangan.

Angket yang digunakan terdiri atas pernyataan-pernyataan yang dijawab dengan empat pilihan alternatif, yaitu: sangat setuju, setuju, kurang setuju, dan sangat tidak setuju. Model ini dinilai tepat untuk mengevaluasi pendapat ahli secara tegas tanpa memberikan opsi netral. Menurut Sugiyono, (2013), angket adalah alat pengumpulan data yang dibantu pernyataan tertutup dengan pilihan jawaban alternatif yang menunjukkan tingkat kecenderungan responden terhadap objek yang dinilai. Lebih lanjut, Nurcahyadi, (2011) menegaskan bahwa angket alternatif bertingkat sangat berguna untuk mengukur kuantitatif tingkat respons berdasarkan pemahaman atau pengalaman profesional responden.

1. Konversi Skor Jawaban

Setiap jawaban diberi bobot nilai, akan dijelaskan sebagai berikut:

Sangat Setuju	(SS)	:	4
Setuju	(S)	:	3
Tidak Setuju	(TS)	:	2
Sangat Tidak Setuju	(STS)	:	1

2. Rumus Persentase Kelayakan

Perhitungan kuantitatif diperlukan untuk menentukan tingkat kelayakan alat berdasarkan hasil penilaian para evaluator. Salah satu cara untuk melakukan ini adalah menghitung persentase kelayakan. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan persentase kelayakan sebagai berikut:

$$\text{Persentase Kelayakan} = \frac{\text{Skor Total Diperoleh}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100\% \quad (7)$$

3. Interpretasi Persentase Kelayakan

Nilai yang diperoleh, selanjutnya diinterpretasikan berdasarkan kriteria yang dapat dilihat pada Tabel III. 1. Alat dinyatakan layak jika memperoleh persentase $\geq 71\%$.

Tabel III. 1 Persentase Kelayakan

Persentase Kelayakan	Kategori
86% - 100%	Sangat Layak
71% - 85%	Layak
56% - 70%	Cukup Layak
41% - 55%	Kurang Layak
$\leq 40\%$	Tidak Layak

(Sumber: Riduwan (2022, dalam Septiadi, 2024))

4. Instrumen Kuesioner

Instrumen kuesioner terdiri dari 10 pernyataan yang dibagi menjadi empat kategori penilaian, yaitu: fungsional alat, aspek keselamatan

kerja, kemudahan dan efisiensi penggunaan dan kelayakan umum. Instrumen kuesioner dapat dilihat pada Tabel III. 2.

Tabel III. 2 Instrumen Kuesioner

No.	Aspek Penelitian				
	12. Aspek Fungsionalitas	SS	S	TS	STS
1.	Alat dapat menghasilkan tekanan 65 PSI secara stabil dan terkontrol				
2.	Alat dapat mengaktifkan <i>pressure switch</i> sesuai fungsi normal				
3.	Sistem <i>indicator</i> bekerja secara tepat saat tekanan tercapai				
	13. Aspek Keselamatan Kerja	SS	S	TS	STS
4.	Alat ini aman digunakan dan melindungi pengguna dari risiko sengatan listrik				
5.	Konstruksi alat tidak menimbulkan risiko bahaya saat digunakan				
	14. Aspek Efisiensi dan Operasional	SS	S	TS	STS
6.	Alat dapat digunakan oleh satu teknisi tanpa bantuan tambahan				
7.	Alat mempercepat proses <i>functional check</i> dibanding metode sebelumnya				
8.	Komponen alat mudah dibawa untuk pemeliharaan				
	15. Aspek Kelayakan Umum	SS	S	TS	STS
9.	Alat ini layak digunakan dalam prosedur perawatan pesawat Boeing 737-300				
10.	Saya merekomendasikan alat ini untuk digunakan saat <i>maintenance</i> pesawat				

(Sumber: Data Pribadi)

Evaluator diminta untuk memberikan tanda centang pada kolom yang sesuai dengan tingkat persetujuan, kemudian hasil akan dihitung sesuai dengan runtutan. Selain bagian penilaian kuantitatif, penulis menyediakan kolom komentar terbuka sebagai ruang untuk saran dan masukan teknis dari evaluator.

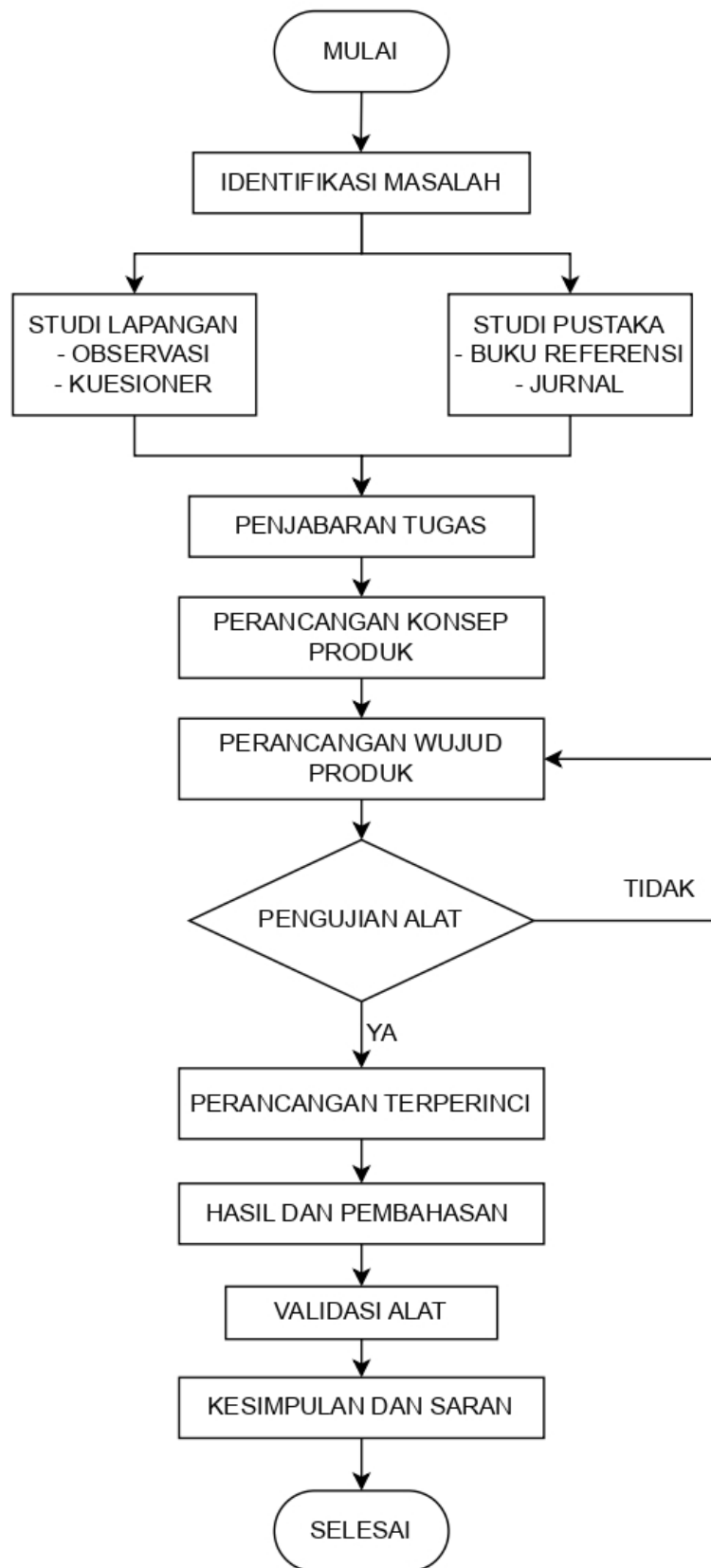
F. Kerangka Berpikir

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah terkait keterbatasan metode *functional check inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* pada pesawat Boeing 737-300. Hal ini, terutama terkait dengan kebutuhan tekanan uji 65 PSI yang stabil, faktor keselamatan kerja, dan efisiensi penggunaan. Untuk mendapatkan landasan teknis dan spesifikasi yang relevan, tahap ini dilanjutkan dengan studi lapangan dengan melakukan observasi dan kuesioner kepada teknisi, serta studi pustaka dengan membaca dan menganalisis buku referensi dan jurnal. Hasil kedua studi ini menjadi dasar dalam penyusunan spesifikasi desain pada tahap penjabaran tugas.

Pendekatan VDI 2221 digunakan dalam proses desain produk, yang dimulai dengan perancangan konsep produk dengan menyusun beberapa alternatif solusi teknis. Ide yang paling cocok kemudian dikembangkan pada tahap perancangan wujud produk, di mana pemilihan komponen, penentuan material, dan pengaturan tata letak sistem dilakukan. Setelah itu, desain difinalisasi pada tahap perancangan terperinci, yang mencakup gambar teknik, detail dimensi, daftar komponen, dan prosedur operasi.

Setelah dirancang, prototipe yang telah selesai masuk ke tahap pengujian alat untuk memastikan bahwa fungsi teknis memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Setelah pengujian, alat divalidasi melalui angket tertutup oleh teknisi ahli yang menilai fitur fungsionalitas, keamanan, efisiensi, dan kelayakan umum. Hasil divalidasi menentukan kelayakan alat.

Tahap akhir mencakup hasil dan pembahasan, di mana data pengujian dan validasi dianalisis dan dibandingkan dengan spesifikasi awal. Dari temuan ini, dibuat kesimpulan dan saran yang mencakup pencapaian tujuan penelitian, masalah yang ada, dan saran untuk penelitian selanjutnya. Proses ini memastikan bahwa seluruh proses, dimulai dari identifikasi kebutuhan hingga pembuatan produk akhir, diselesaikan secara sistematis sesuai dengan prinsip R&D dengan pendekatan VDI 2221.



Gambar III. 2 Kerangka Berpikir
(Sumber: Data Pribadi)

BAB IV

PEMBAHASAN

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

Dalam tahapan ini, penulis membuat parameter rancangan yang disusun berdasarkan permasalahan yang ada di lapangan, kemudian akan disesuaikan dengan kebutuhan dari teknisi, mohon lihat Lampiran G. Terbagi menjadi dua kelompok yaitu *demands* dan *wishes*. Terdapat beberapa ide untuk perancangan dari alat sebelumnya:

1. Alat mudah dioperasikan
2. Alat dapat bekerja dengan aman
3. Alat bersifat portabel dan tahan terhadap getaran ringan
4. Alat dapat menghasilkan *output pressure* sebesar 65 ± 3 PSI

Dari data yang didapat, penulis akan membuat daftar kehendak yang merupakan kumpulan hal yang dirumuskan sebagai dasar dalam proses perancangan, bertujuan untuk memastikan bahwa alat yang dihasilkan mampu menjawab permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya (Mahesyogi, 2023). Terdapat ide untuk perancangan alat *bench test*, sebagai berikut:

1. Alat mudah dioperasikan
2. Alat dapat bekerja dengan aman
3. Alat dapat dioperasikan oleh 1 operator
4. Model alat harus sederhana dan tidak terlalu rumit
5. Alat bersifat portabel
6. Material isolator, tahan panas dan tahan getaran
7. Alat dapat menghasilkan *output pressure* sebesar 65 ± 3 PSI
8. Alat memiliki cara kerja yang simpel dan handal dalam melakukan *functional test*
9. Alat dapat digunakan untuk pesawat Boeing 737-300
10. Bahan untuk membuat alat mudah ditemukan dan tersedia di pasaran.

Kemudian dari kehendak yang tidak teratur di atas, penulis akan menyusun secara sistematis ke dalam daftar yang akan disebut daftar kehendak. Setiap spesifikasi dibagi menjadi 2 kategori yaitu D (*demands*) yang merupakan keharusan atau kebutuhan utama yang harus terpenuhi, dan W (*wishes*) yang merupakan keinginan atau tambahan yang diinginkan dalam alat namun tidak bersifat utama atau wajib, seperti pada Tabel IV. 1 berikut :

Tabel IV. 1 Daftar Spesifikasi *Demands and Wishes*

Parameter	Spesifikasi	D/W
Geometri	Penempatan benda uji harus benar	D
	Tinggi alat 10 cm	W
	Panjang alat 20 cm	W
	Lebar alat 25 cm	W
Kinematika	Posisi alat tetap, tidak bergerak	D
Gaya	Kapasitas tekanan uji sebesar 65 ± 3 PSI	D
	Tersedia <i>pressure gauge</i> digital	D
Energi	Daya <i>input</i> maksimum $28V\ DC \leq 5A$	D
Material	Badan alat menggunakan akrilik	D
	Material yang mudah didapat di pasaran	W
Keamanan dan ergonomi	Aman dan mudah dioperasikan	D
Perakitan	Desain sederhana dan mudah dikerjakan	D
	Menggunakan <i>part-part</i> standar	W
	Tingkat ketelitian koneksi tetap terjaga	W
Transportasi	Mudah dipindahkan	D
Pengoperasian	Tidak memerlukan keahlian khusus	D
Perawatan	Perawatan relatif mudah	D
	Komponen dapat diganti satu persatu jika terjadi kerusakan	D
Biaya	Biaya produksi murah	W
	Biaya pengoperasian rendah	W

(Sumber: Data Pribadi)

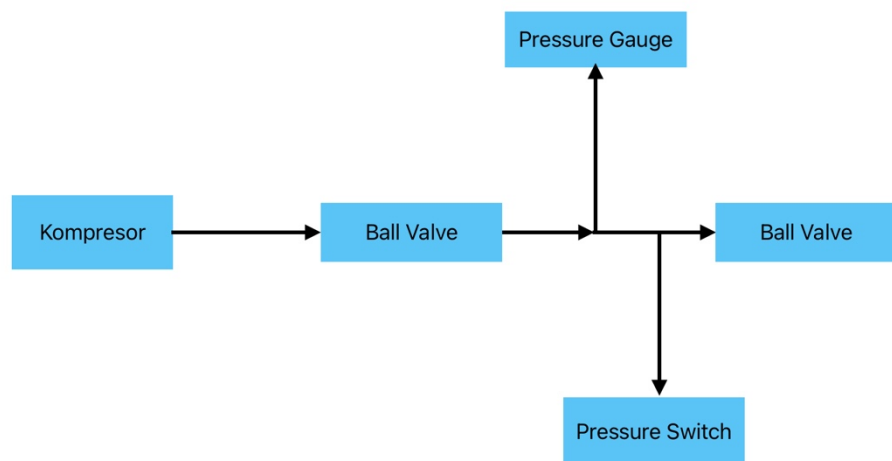
B. Perancangan Konsep Produk (*Conceptual Design*)

Pada langkah ini, penulis akan melakukan abstraksi atau merumuskan masalah dan menganalisis daftar kehendak. Sebelum itu, penulis akan menjelaskan konsep kedua sistem yang akan dipakai pada rancangan ini, yaitu sistem tekanan dan sistem kelistrikan, sebagai berikut:

1. Konsep Sistem Tekanan

Pada sistem tekanan penulis menggabungkan seluruh komponen yang berfungsi dalam mekanisme aliran dan pengaturan tekanan menjadi satu sistem yang disebut sistem tekanan. Sistem ini dirancang untuk mengalirkan udara dari kompresor ke *pressure switch* melalui rangkaian tertutup yang terdiri dari beberapa komponen utama, seperti *pressure gauge*, selang, *fitting*, dan *ball valve*.

Masing-masing komponen melakukan fungsi tertentu, tetapi mereka saling berhubungan. *Pressure* masuk dari kompresor yang akan menuju ke *ball valve* yang berfungsi sebagai pengontrol manual untuk membuka atau menutup aliran udara dan *pressure* akan terbaca pada *pressure gauge* dan menunjukkan tekanan dalam waktu nyata untuk operator melihat kestabilan tekanan yang ada dalam sistem tekanan, kemudian *pressure* akan mengalir ke *pressure switch* untuk menyalakan sistem. Sebagai konsep dasar, diagram sistem tekanan ini dapat dilihat pada Gambar IV. 1.

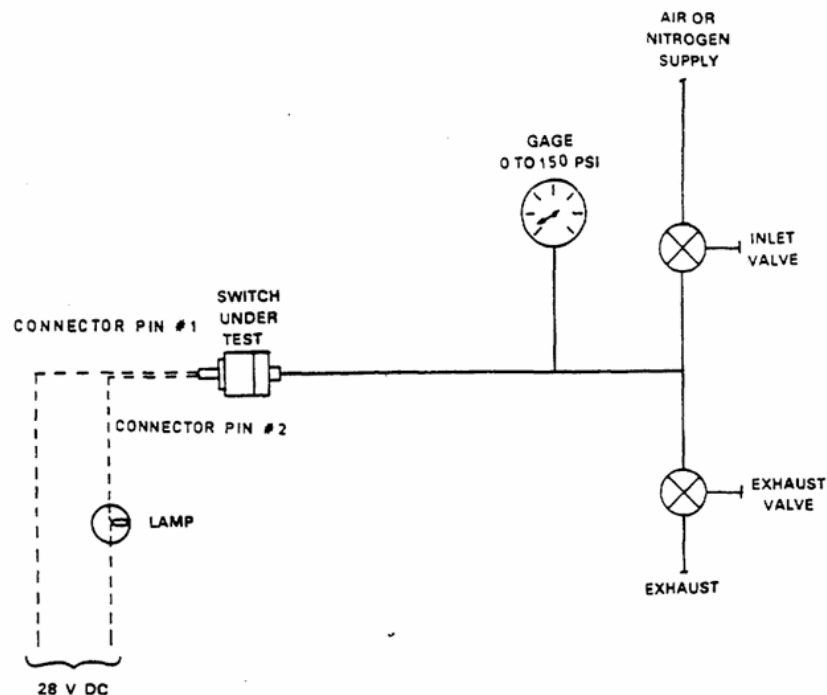


Gambar IV. 1 Diagram Sistem Tekanan
(Sumber: Data Pribadi)

2. Konsep Sistem Kelistrikan

Alat *bench test pressure switch* menggunakan sistem kelistrikan yang dirancang untuk melakukan fungsi utamanya, yaitu mengaktifkan lampu indikator berdasarkan kondisi kerja *pressure switch*. Komponen kelistrikan sistem ini terdiri dari sumber tegangan 28V DC, kabel penghantar, *pressure switch*, lampu indikator, dan *electrical connector* 3 pin. Semua komponen ini dirangkai menjadi satu kesatuan sistem kelistrikan untuk mendukung proses *functional check*.

Sebelum pembuatan *wiring diagram* untuk rancangan bench test, penulis mengamati *wiring diagram* yang terdapat pada *component maintenance manual* yang biasa disebut dengan CMM *pressure switch*, yang terdapat pada Gambar IV. 2.

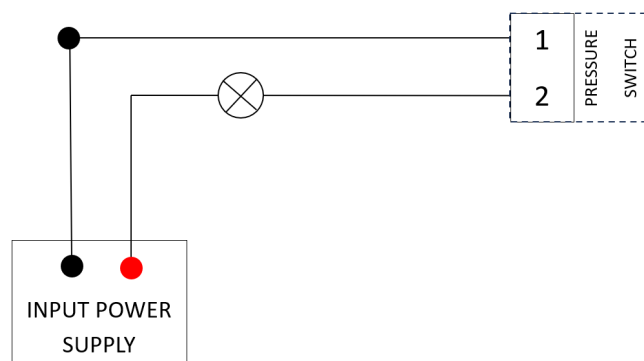


Gambar IV. 2 *Wiring Diagram CMM Pressure Switch*
(Sumber: CMM Pressure Switch)

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan dan diskusi bersama *engineer*, penulis menemukan bahwa *pin connector* 3 hanya digunakan

untuk melakukan *continuity test* dan *insulation test*, sedangkan *pin 1* dan *2* *normally open*. Jalur kelistrikan dibangun berdasarkan prinsip dasar rangkaian *normally open* (NO), di mana arus hanya akan mengalir apabila *pressure switch* aktif pada *pressure* tertentu, yaitu 65 ± 3 PSI.

Dengan konfigurasi ini, sistem kelistrikan dapat bekerja secara otomatis dan aman dalam mendeteksi perubahan status *pressure switch* dan menampilkan kondisi ON/OFF melalui lampu indikator yang menyala. Sistem kelistrikan ini diawali oleh *input power supply*, terdapat dua *pin*, *pin* positif dan negatif, *pin* positif berwarna merah yang akan langsung mengalirkan aliran listrik ke lampu dan dilanjutkan ke *pin 2* pada *pressure switch*. *Pin* negatif berwarna hitam langsung mengalirkan aliran listrik ke *pin 1* pada *pressure switch*. Sebagai konsep dasar, adapun *wiring diagram* yang telah penulis buat untuk menjadi dasar dalam sistem kelistrikan ini, dapat dilihat pada Gambar IV. 3.



Gambar IV. 3 *Wiring Diagram*
(Sumber: Data Pribadi)

Selanjutnya, penulis akan melakukan langkah abstraksi dalam merumuskan masalah dan menganalisis daftar kehendak. Berikut adalah 5 langkah abstraksi:

1. Menghapus semua pernyataan bersifat *wishes* (W).
Pada penjabaran tugas dijelaskan parameter beserta spesifikasi yang bersifat *Demand and Wishes*, selanjutnya adalah menghilangkan

pernyataan yang bersifat *Wishes*. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menghilangkan pengaruh preferensi pribadi atau kehendak individu dalam perumusan masalah, sehingga fokus tetap tertuju pada aspek teknis dan fungsional dari produk yang akan dirancang. Pendekatan ini bertujuan untuk meminimalkan unsur subjektivitas yang dapat memengaruhi keakuratan dan objektivitas hasil akhir perancangan, yang ditampilkan pada Tabel IV. 2 berikut ini:

Tabel IV. 2 *Demands and Wishes* Abstraksi 1

Parameter	Spesifikasi	D/W
Geometri	Penempatan benda uji harus benar	D
Kinematika	Posisi alat tetap, tidak bergerak	D
Gaya	Kapasitas tekanan uji sebesar 65 ± 3 PSI	D
	Tersedia <i>pressure gauge</i> digital	D
Energi	Daya <i>input</i> maksimum 28V DC ≤ 5 A	D
Material	Badan alat menggunakan akrilik	D
Keamanan dan ergonomi	Aman dan mudah dioperasikan	D
Perakitan	Desain sederhana dan mudah dikerjakan	D
Transportasi	Mudah dipindahkan	D
Pengoperasian	Tidak memerlukan keahlian khusus	D
Perawatan	Perawatan relatif mudah	D
	Komponen dapat diganti satu persatu jika terjadi kerusakan	D

(Sumber: Data Pribadi)

2. Mengabaikan kehendak yang tidak berhubungan langsung dengan fungsi dan batasan utama.

Langkah ini bertujuan untuk mengabaikan kehendak-kehendak yang tidak memiliki kaitan langsung dengan fungsi utama maupun batasan dari produk yang sedang dirancang. Dengan mengesampingkan aspek-aspek yang tidak relevan, proses perancangan dapat difokuskan pada elemen-elemen yang benar-benar esensial, sehingga upaya dan sumber daya tidak terbuang pada hal-hal yang kurang berkontribusi terhadap keberhasilan desain. Yang tidak memiliki hubungan langsung pada fungsi dan kendala pokok akan penulis sebutkan di bawah dan hasil dari abstraksi dapat dilihat pada Tabel IV. 3:

- a. Posisi alat tetap, tidak termasuk dalam kendala pokok.
- b. Tersedia *pressure gauge* digital, tidak termasuk dalam kendala pokok.
- c. Material akrilik, tidak termasuk dalam kendala pokok.
- d. Tidak memiliki keahlian khusus, tidak termasuk dalam kendala pokok.
- e. Perawatan relatif mudah, tidak termasuk dalam kendala pokok

Tabel IV. 3 *Demands and Wishes* Abstraksi 2

Parameter	Spesifikasi	D/W
Geometri	Penepatan benda uji harus benar	D
Gaya	Kapasitas tekanan uji sebesar 65 ± 3 PSI	D
Energi	Daya <i>input</i> maksimum 28V DC $\leq 5A$	D
Keamanan dan ergonomi	Aman dan mudah dioperasikan	D
Perakitan	Desain sederhana dan mudah dikerjakan	D
Transportasi	Mudah dipindahkan	D
Perawatan	Komponen dapat diganti satu persatu jika terjadi kerusakan	D

(Sumber: Data Pribadi)

3. Mengubah data yang berbentuk kuantitatif menjadi data yang berbentuk kualitatif

Selanjutnya langkah ini bertujuan untuk mengubah data kuantitatif menjadi data kualitatif apabila diperlukan, kemudian menyusunnya menjadi pernyataan yang relevan dan bermakna. Selanjutnya, data yang telah diolah akan direduksi menjadi elemen-elemen yang paling signifikan, sehingga dapat menyederhanakan pemahaman terhadap permasalahan yang ada. Dengan demikian, proses ini memungkinkan perancang untuk lebih fokus pada aspek-aspek utama yang perlu diperhatikan dalam tahap perancangan, dapat dilihat pada Tabel IV. 4.

Tabel IV. 4 *Demands and Wishes* Abstraksi 3

Parameter	Spesifikasi	D/W
Gaya	Kapasitas tekanan uji sebesar 65 ± 3 PSI	D
Keamanan dan ergonomi	Aman dan mudah dioperasikan	D
Perakitan	Desain sederhana dan mudah dikerjakan	D

(Sumber: Data Pribadi)

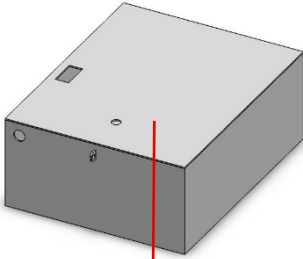
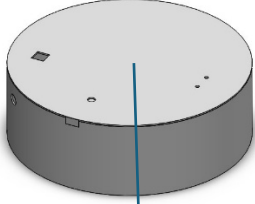
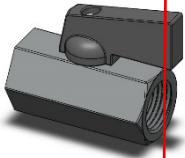
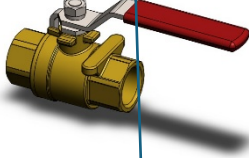
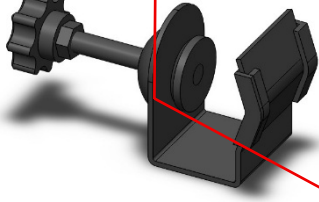
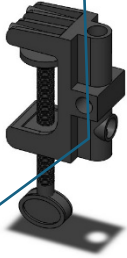
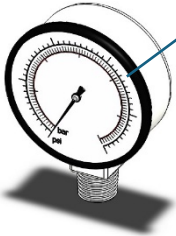
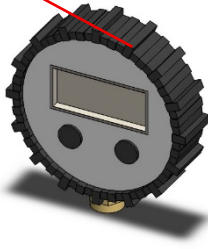
4. Hasil dari langkah ke 3 dibuat menjadi lebih umum
Langkah ini bertujuan untuk menggeneralisasi hasil yang diperoleh dari langkah ketiga agar dapat diterapkan dalam konteks yang lebih luas. Pendekatan ini membantu membangun pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap permasalahan, sekaligus mengidentifikasi pola atau elemen-elemen kunci yang memiliki relevansi dan dapat diterapkan dalam berbagai kondisi perancangan.
 - a. Alat dapat berfungsi untuk *pressure* sebesar 65 ± 3 PSI
 - b. Alat aman dan mudah dalam pengoperasian

5. Pembuatan struktur fungsional
Struktur fungsi adalah keterkaitan secara keseluruhan antara *input* dan *output* dari suatu sistem, bertujuan untuk menjalankan tugas tertentu. Untuk rangka *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* untuk *functional check*, akan dibagi menjadi empat struktur fungsi:
 - a. Rangka utama : Sebagai komponen utama alat
 - b. *Connector valve* : Sebagai penghubung keluar masuknya udara
 - c. *Clamp* : Sebagai penopang komponen
 - d. *Pressure gauge* : Sebagai alat pemantau tekanan

Setelah struktur dari masing-masing fungsi bagian diketahui, langkah selanjutnya adalah membuat prinsip solusi untuk setiap sub-fungsi. Hal ini dilakukan dengan menyusun berbagai kombinasi solusi yang memungkinkan. Semakin banyak alternatif kombinasi yang dibuat, semakin besar peluang untuk menemukan solusi yang memenuhi

kondisi dan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya. Kombinasi prinsip solusi dapat dilihat pada Tabel IV. 5.

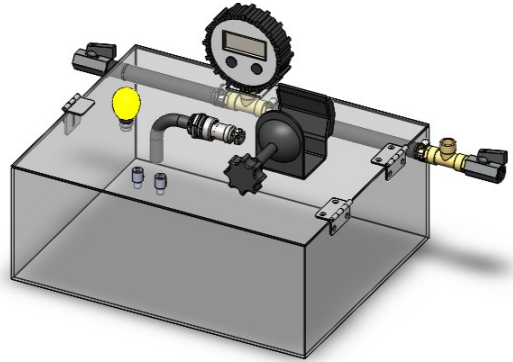
Tabel IV. 5 Pemilihan Sub-Fungsi

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

(Sumber: Data Pribadi)

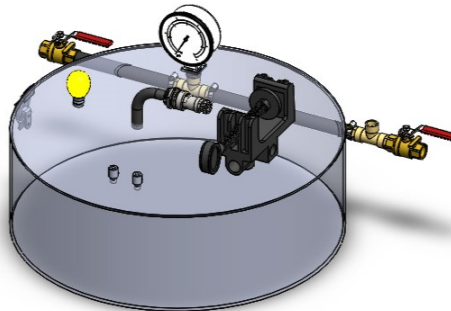
Kemudian dari tabel di atas didapat 2 kombinasi yang bisa dijadikan sebagai variasi dalam pemilihan struktur fungsi yaitu:

- a. Variasi 1 (Merah) : 1-1, 2-1, 3-1, 4-2



Gambar IV. 4 Variasi 1
(Sumber: Data Pribadi)

- b. Variasi 2 (Kuning) : 1-2, 2-2, 3-2, 4-1



Gambar IV. 5 Variasi 2
(Sumber: Data Pribadi)

6. Pemilihan Kombinasi

Pada tahap ini, penulis mengevaluasi variasi berdasarkan kriteria perancangan yang telah ditetapkan pada tahap penjabaran tugas dan

disesuaikan dengan daftar kehendak yang mendukung tujuan perancangan. Tabel pemilihan kombinasi prinsip dapat dilihat pada Tabel IV. 6 untuk mengevaluasi alternatif desain terbaik dengan mempertimbangkan fungsionalitas, keandalan, biaya produksi, keselamatan, kinerja dan faktor lainnya.

Tabel IV. 6 Pemilihan Kombinasi Prinsip

	TABEL PEMILIHAN KOMBINASI RANCANGAN ALAT BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH									
VARIASI PRINSIP SOLUSI (Sv)	Kriteria pemilihan (+) Ya (-) Tidak (?) Kurang Informasi (!) Periksa Spesifikasi				Keputusan (+) Ya (-) Tidak (?) Kurang Informasi (!) Periksa Spesifikasi				KEPUTUSAN	
	Sesuai fungsi keseluruhan									
	Sesuai daftar kehendak									
	Dalam batas anggaran									
	Pengetahuan konsep memadai									
	Sesuai keinginan perancang									
	Secara prinsip dapat direalisasikan									
	Memenuhi syarat keamanan									
	A	B	C	D	E	F	G	KETERANGAN		
	V1	+	+	+	+	+	+	+		OK
V2	+	-	+	-	-	+	-	Tidak sesuai desain	-	
Tanggal : 1 Juli 2025				Perancang : GHEFIRA ROSALLIE SALSABIELA SETIAWAN				TPU 16B PPIC		

(Sumber: Data Pribadi)

Dengan menggunakan tabel ini, masing-masing kombinasi dapat diukur dan dibandingkan secara objektif terhadap persyaratan desain. Berdasarkan hasil evaluasi dalam tabel pemilihan kombinasi prinsip solusi, diketahui bahwa Variasi 1 memiliki tingkat kesesuaian tertinggi terhadap fungsi keseluruhan rancangan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa Variasi 1 merupakan alternatif terbaik

dibandingkan dengan Variasi 2 dan dipilih sebagai dasar dalam proses perancangan yang akan dilakukan.

C. Tahapan Perancangan Wujud Produk (*Embodiment Design*)

Sebelum merancang alat, dilakukan penentuan desain gambar menggunakan aplikasi *solidworks* dalam menampilkan desain 3D. sebelum desain 3D dibuat, dilakukan proses perancangan menggunakan gambar 2D untuk menentukan ukuran dan dimensi alat yang akan dibuat. Pada penelitian rancangan ini, desain rangka memiliki panjang 25 cm, lebar 20 cm dan tinggi 10 cm. Tampilan desain alat 3D ditampilkan pada Gambar IV. 4.

1. Proses Pemilihan Bahan *Case*

Bahan *case* yang digunakan pada penelitian ini adalah *acrylic* atau akrilik. Karena dalam pengoperasiannya terdapat risiko tersengat listrik yang dapat membahayakan bagi pengguna alat *bench test* ini. Penulis memilih material akrilik karena sifatnya yang dapat menghambat penyebaran arus listrik yang tidak seharusnya terjadi, kuat, ringan, tahan karat dan juga mudah ditemukan di pasaran. Bisa dilihat pada Gambar IV. 6 adalah proses pemotongan dilakukan secara manual dengan bantuan penggaris logam dan penjepit (*C-clamp*) untuk menjaga posisi lembaran tetap stabil saat dipotong.



Gambar IV. 6 Proses Pemotongan Akrilik
(Sumber: Data Pribadi)

Kemudian seluruh potongan akrilik dijadikan satu menggunakan perekat dan disusun membentuk struktur balok, yang akan dijadikan *case* alat pada rancangan ini. Dapat dilihat pada Gambar IV. 7.



Gambar IV. 7 Hasil Akhir Pembuatan *Case* Rancangan
(Sumber: Data Pribadi)

2. Menentukan Material, Bahan dan Pembuatan Sistem Tekanan
 - a. Menentukan *Pressure Gauge*

Dalam proses perancangan sistem tekanan pada alat ini, penulis mempertimbangkan spesifikasi teknis dari komponen utama yang digunakan selama proses perancangan. Khususnya, *pressure switch*, yang memiliki batas kerja sebesar $65 \text{ PSI} \pm 3 \text{ PSI}$. Karena *pressure switch* hanya memerlukan tekanan operasional dalam rentang tersebut, pemilihan *pressure gauge* tidak memerlukan perhitungan khusus tentang tekanan tinggi atau variabel ekstrem lainnya. Oleh karena itu, penulis menetapkan *pressure gauge* dengan kapasitas maksimum 100 PSI sebagai komponen yang sesuai dan memadai untuk sistem ini. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya *overpressure* ketika tekanan yang masuk ke dalam sistem melebihi $65 \pm 3 \text{ PSI}$. *Pressure gauge* yang penulis gunakan memiliki sifat ringan dan digital, agar pembacaan pada *pressure gauge* lebih akurat. *Pressure gauge* yang saya pilih dapat dilihat pada Gambar IV. 8:



Gambar IV. 8 Pressure Gauge
(Sumber: Data Pribadi)

Untuk spesifikasi *output* yang dihasilkan oleh kompresor pada hangar PT. Mulya Sejahtera Technology Bandung dapat dilihat pada Gambar IV. 9 dan Gambar IV. 10:

KAESER KOMPRESSOREN		KAESER KOMPRESSOREN GmbH Carl-Kaesar-Str. 26, 96460 Coburg GERMANY Telefon +49 9561 640-0 Fax +49 9561 640-130		
Screw compressor		ASD 37		
Part no.		ASD		
Serial no.		6321		
Year of manufacture		2010		
Rated power		22,0 kW		
Motor rotat.speed		2945 1/min		
Max. work.press.(g)		8,0 bar		
Ambient temperature		3°C/45°C		
Option		K1 _____		C3 _____

Gambar IV. 9 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 1/4	65	580
	10	2.72	11					
	13	2.09	15					
ASD 37	7.5	3.90	8	22	1350 x 921 x 1505	G 1 1/4	66	655
	10	3.12	11					
	13	2.65	15					

Gambar IV. 10 Spesifikasi Kaeser Kompresoren
(Sumber: *Manual Book* Kaeser Kompresoren)

Pada Gambar IV. 9 dan Gambar IV. 10 dapat diketahui, tekanan maksimum yang dihasilkan kompresor pada PT. Mulya Sejahtera Technology sebesar 10 bar dengan debit aliran 3,90 m³/min.

b. Menghitung Tekanan Maksimum di dalam Sistem Tekanan

Karena sistem tekanan hanya menggunakan tekanan tanpa aliran fluida, hukum pascal dapat digunakan untuk menganalisis tekanan yang terjadi di dalamnya. Dengan demikian, penulis tidak perlu menghitung *looses pressure* pada sistem tekanan yang tidak memiliki *output* untuk menghasilkan gerak, untuk menghitung *pressure* data digunakan persamaan (2):

$$70 \text{ PSI} = 70 \text{ PSI}$$

$$5 \text{ bar} = 5 \text{ bar}$$

c. Pemilihan Selang dan Diameter Selang

Dalam pemilihan selang dan diameter selang yang sesuai dengan kebutuhan sistem, penulis akan melakukan perhitungan menggunakan persamaan (4). Dengan data yang diketahui:

$$Q = 3,90 \text{ m}^3/\text{min} = 0,065 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 5 \text{ m/s}$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,065}{\pi \cdot 5}}$$

$$D = \sqrt{\frac{0,26}{15,708}} = \sqrt{0,01655}$$

$$D \approx 0,1286 \text{ m} = 128,6 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis, untuk menjamin aliran kontinu pada kecepatan 5 m/s, dengan debit udara sebesar 3,90 m³/min dibutuhkan selang berdiameter 128,6 mm. Namun dikarenakan sistem bekerja dalam kondisi tekanan tertutup (bukan aliran kontinu), dengan pengisian tekanan sesaat pada volume kecil ($\pm 0,3$ m selang), penggunaan selang berdiameter 1/4 inch dengan diameter ± 6 mm masih memenuhi syarat teknis. Perhitungan akan dihitung menggunakan persamaan (3):

$$Q = A \cdot V \frac{\pi(D \cdot D)}{4} \cdot V$$

$$Q = A \cdot V = \frac{\pi(0,006)(0,006)}{4} \cdot 5 = \frac{(3,1216)(0,000036)}{4} \cdot 5$$

$$Q = (0,00002827) \cdot 5 = 0,00014135 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \approx 0,00848 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q = 8,5 \text{ liter}/\text{min}$$

Maka selang yang akan penulis gunakan pada alat *bench test* berukuran diameter 6 mm atau 1/4 inch yang bisa dilihat pada Gambar IV. 11.



Gambar IV. 11 Selang *Pressure*
(Sumber: Data Pribadi)

d. Pemilihan Bahan *Fitting* dan *Ball Valve*

Pada pemilihan bahan *fitting* dan *ball valve*, penulis akan fokus pada maksimal *pressure* 100 PSI, penulis akan menggunakan *fitting* dan *ball valve* berbahan kuningan seperti pada Gambar IV. 12 dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Lampiran E. Karena selang tidak bisa dipasang langsung pada *fitting* maupun *ball valve*, penulis menggunakan *hose nepel* seperti pada Gambar IV. 13 sebagai penghubung di antara selang dengan *fitting* dan *ball valve*.



Gambar IV. 12 *Fitting* dan *Ball Valve*
(Sumber: Data Pribadi)



Gambar IV. 13 *Hose Nepel*
(Sumber: Data Pribadi)

3. Proses Pemasangan Sistem Tekanan

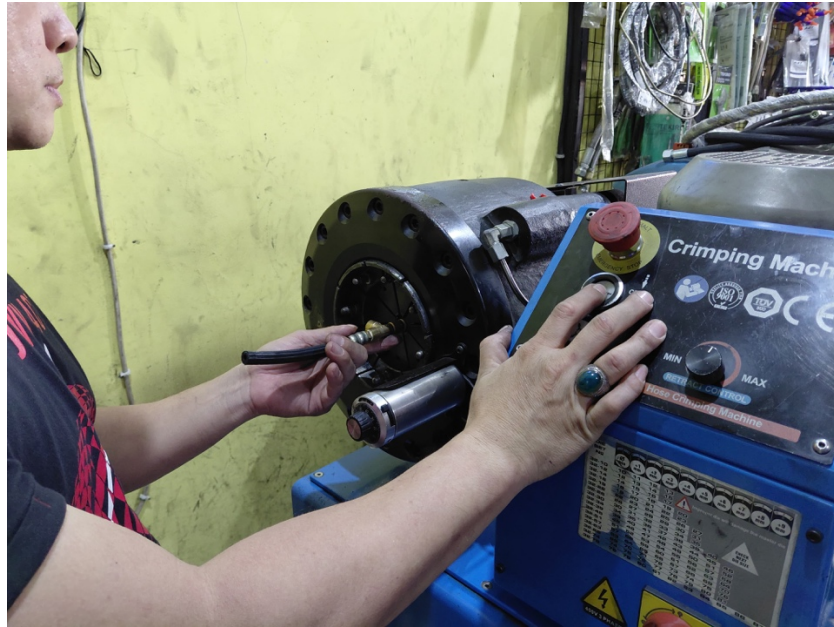
Proses pemasangan sistem tekanan dilakukan setelah seluruh komponen pendukung seperti selang, *pressure gauge*, *fitting*, dan *ball valve* telah tersedia.

a. Pemotongan Selang Bertekanan

Tahap pertama yang dilakukan adalah memotong selang bertekanan sesuai dengan panjang yang dibutuhkan untuk menghubungkan jalur dari kompresor ke *pressure switch*. Perancangan ini penulis memotong selang dengan ukuran 12 cm.

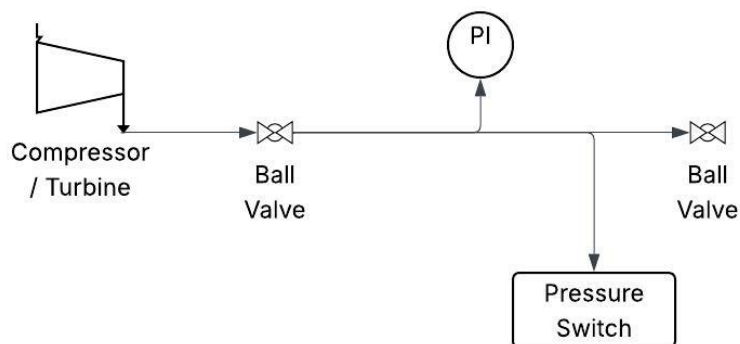
b. Pemasangan *Fitting* dan *Ball Valve*

Selanjutnya, dilakukan pemasangan *fitting* pada kedua selang di masing-masing ujung selang. Pada proses penyambungan selang dengan *fitting*, penulis memakai *hose nepel* yang kemudian penulis memilih teknik *crimping* atau biasa disebut dengan *press*, agar selang bisa tersambung dengan kuat pada *hose nepel* dan tidak terjadi kebocoran saat ada *pressure* masuk ke dalam sistem. Dapat dilihat pada Gambar IV. 14.

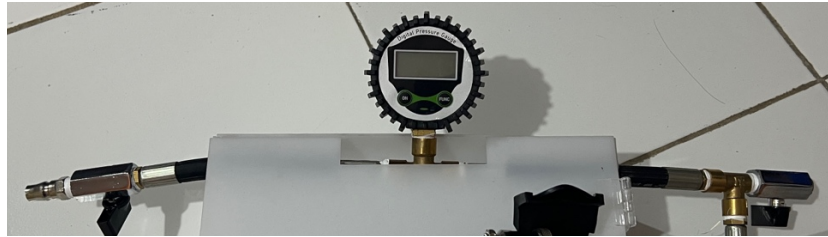


Gambar IV. 14 Proses *Press* Selang
(Sumber: Data Pribadi)

Setelah dilakukannya *press* pada selang, penulis memasang *fitting* pada ujung selang. Setelah itu, *ball valve* dipasang pada jalur utama di kedua ujung selang sebagai pengatur aliran masuk dan keluar aliran secara manual, diikuti dengan pemasangan *pressure gauge* yang berfungsi untuk memantau besarnya tekanan yang masuk ke dalam secara *real-time*. Seluruh rangkaian kemudian dirakit secara menyeluruh, digambarkan melalui diagram pada Gambar IV. 15 dan dipastikan setiap sambungan kedap tekanan seperti yang bisa dilihat pada Gambar IV. 16.



Gambar IV. 15 Hidrolik *Line Diagram*
(Sumber: Data Pribadi)



Gambar IV. 16 Sistem Tekanan
(Sumber: Data Pribadi)

4. Menentukan Material dan Bahan pada Sistem Kelistrikan

a. Menentukan Lampu Indikator

Pada CMM, tertera bahwa *pressure switch* dapat menahan maksimum 0,5A *lamp-load*. Dengan diketahui arus total pada rancangan alat *bench test* sebesar 0,5A dan lampu sebanyak satu buah, penulis dapat menentukan daya total lampu pada rangkaian, menggunakan persamaan (6):

Diketahui

$$V = 28V \text{ DC}$$

$$I = 0,5A$$

$$P = 28 \times 0,5 = 14 \text{ watt}$$

Dalam rancangan *bench test* ini, penulis akan menggunakan lampu indikator 28V dengan 0,1A bisa dilihat pada Gambar IV. 17 dengan *lamp load* yang terdapat pada lampu masih bisa digunakan sesuai dengan yang tertera pada CMM.



Gambar IV. 17 Lampu Indikator
(Sumber: Data Pribadi)

b. Menentukan Jenis Kabel

Untuk menentukan jenis kabel yang akan digunakan, penulis akan menghitung seberapa besar beban arus (ampere) maksimal yang akan ditanggung kabel penghantar tersebut. Dengan adanya nilai beban arus maksimal dapat menghindarkan kerusakan yang terjadi pada kabel dan alat *bench test*. Pada CMM *pressure switch* tertera bahwa *pressure switch* dapat menahan maksimum 0,5 A. Maka arus total keseluruhan tidak boleh lebih dari 0,5 A.

Dalam menentukan jenis kabel, arus total pada satu lampu pada saat melakukan *functional test* sebelum adanya alat *bench test* diketahui sebesar 0,1A dengan sumber 28V DC, dapat dilihat pada gambar Gambar IV. 18.



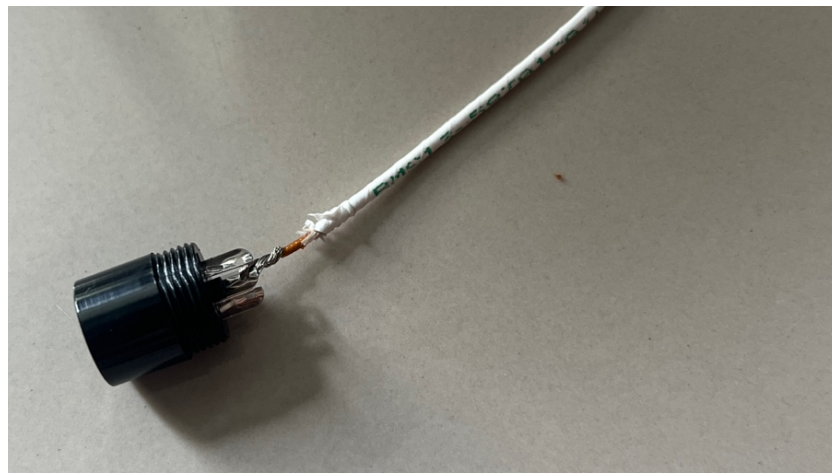
Gambar IV. 18 Hasil Arus Yang Dihasilkan Dengan 1 lampu
(Sumber: Data Pribadi)

Pada rancangan ini penulis hanya menggunakan satu buah lampu, yang artinya arus total yang digunakan sebesar 0,1A. Maka penulis dapat memilih ukuran kabel berdasarkan hasil tersebut,

penulis memilih menggunakan kabel BMS 13-58 dengan *wire size* 20, kabel ini biasa digunakan untuk pesawat Boeing 737 dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Lampiran D.

c. Membuat *Electrical Connector*

Pada tahap ini, penulis melakukan proses perakitan *connector* listrik sebagai bagian dari sistem kelistrikan alat *bench test*. *Connector* yang digunakan adalah jenis *connector 3 pin* universal yang tersedia secara luas dan dipilih karena kemudahan pemasangannya dan kompatibilitasnya dengan konfigurasi *pin* pada *switch* tekanan yang diuji. Setelah kabel dipotong, setiap ujung di *stripping* (kupas) dan disambungkan ke masing-masing *pin* pada *connector* sesuai dengan nomor *pin* yang telah ditentukan pada *Wiring Diagram*, proses ini dapat dilihat pada Gambar IV. 19.



Gambar IV. 19 Pembuatan *Electrical Connector* 1
(Sumber: Data Pribadi)

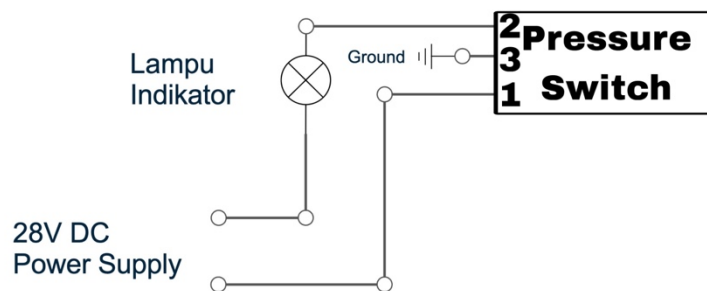
Setiap sambungan dilindungi menggunakan material *heat shrink tubing* untuk menjamin keamanan sambungan dan mencegah terjadinya sengatan listrik akibat kabel terbuka. Ini dapat memperkuat sambungan secara mekanis dan memberikan tampilan yang lebih rapi, seperti pada Gambar IV. 20.



Gambar IV. 20 Pembuatan *Electrical Connector 2*
(Sumber: Data Pribadi)

5. Proses Pemasangan Sistem Kelistrikan

Alat *bench test pressure switch* menggunakan sistem kelistrikan yang dirancang untuk melakukan fungsi utamanya, yaitu mengaktifkan lampu indikator berdasarkan kondisi kerja *pressure switch*. Komponen kelistrikan sistem ini terdiri dari sumber tegangan 28V DC, kabel penghantar, *pressure switch*, lampu indikator, dan *connector elektrik* 3 *pin*. Semua komponen dirangkai menjadi satu kesatuan sistem kelistrikan, seperti diagram yang penulis buat pada Gambar IV. 21.



Gambar IV. 21 *Wiring Diagram 2*
(Sumber: Data Pribadi)

Setelah seluruh sambungan kabel dirakit, koneksi dilindungi menggunakan *heat shrink tubing* untuk mencegah kontak langsung dan memperkuat insulasi antar jalur, bisa dilihat pada Gambar IV. 22



Gambar IV. 22 Sistem Kelistrikan Alat *Bench Test*
(Sumber: Data Pribadi)

D. Perancangan Terperinci (*Detail Design*)

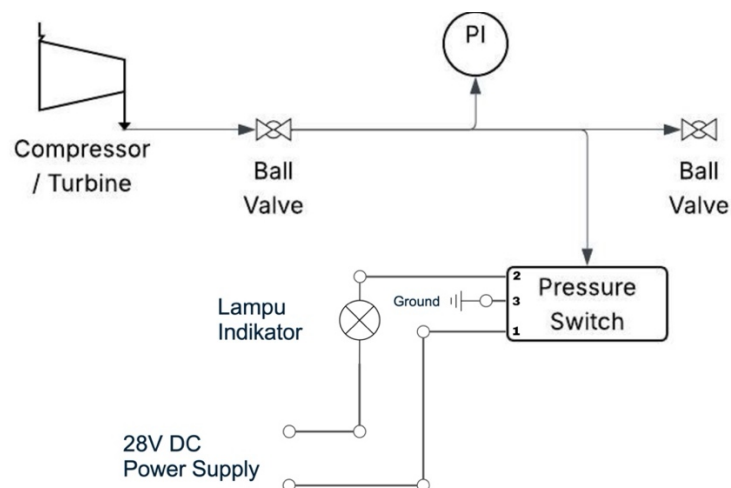
Dalam proses perancangan alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch*, penulis mengikuti seluruh tahapan VDI 2221. Tahapan pertama dimulai dengan penjabaran tugas, penulis bersama teknisi mencari kekurangan metode pengujian sebelumnya, yang masih dilakukan secara manual yang berisiko terhadap keselamatan kerja dan efisiensi kerja. Dari hasil diskusi tersebut, menghasilkan sejumlah kebutuhan teknis untuk alat. Kebutuhan ini kemudian dibagi menjadi dua kategori, yaitu kebutuhan utama (*demands*) dan keinginan tambahan (*wishes*).

Untuk menyusun spesifikasi perancangan, daftar *demands* dan *wishes* digunakan sebagai acuan utama. Tahapan berikutnya adalah perancangan konsep produk, yang dilakukan melalui serangkaian langkah abstraksi untuk menyaring elemen-elemen krusial dari daftar kebutuhan, mulai dari menghilangkan preferensi yang tidak relevan, menggeneralisasi data teknis, dan menyusun struktur fungsional berdasarkan fungsi utama alat. Konsep sistem tekanan dan kelistrikan dibahas secara khusus, dan masing-masing menunjukkan alur kerja dari komponen utama seperti *ball valve*, *pressure gauge*, lampu indikator, serta konfigurasi koneksi listrik berdasarkan prinsip *normally open*. Setelah itu, kombinasi prinsip solusi dibuat untuk

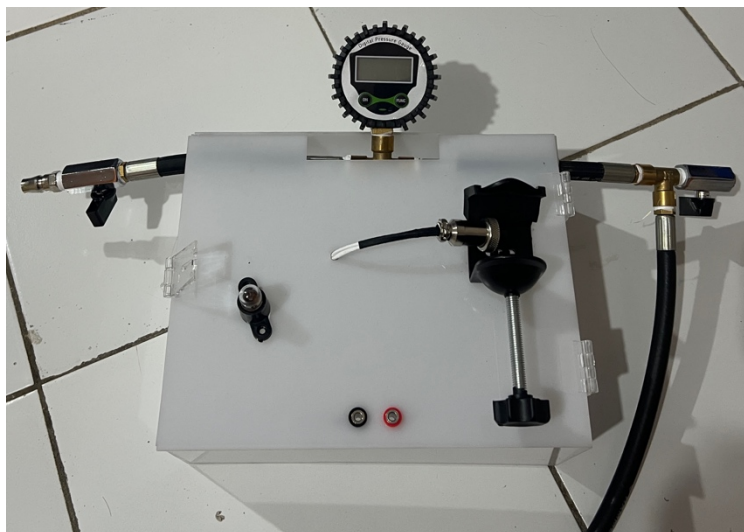
mengevaluasi semua fungsi tersebut yang menghasilkan satu variasi struktur terbaik sebagai dasar perancangan selanjutnya.

Selanjutnya, tahap perancangan wujud produk secara fisik atau desain model, penulis mulai memodelkan alat dalam 2D dan 3D menggunakan aplikasi *SolidWorks*. Pemilihan material dilakukan secara selektif berdasarkan sifat mekanik dan fungsional masing-masing komponen, seperti *case* menggunakan akrilik, *fitting* dan *ball valve* menggunakan kuningan, dan kabel BMS 13-58 untuk koneksi listrik. Metode ini dilakukan untuk merancang alat untuk memenuhi standar keamanan, kemudahan pengguna, dan efektivitas uji fungsi yang diperlukan oleh pesawat Boeing 737-300.

Tahapan terakhir adalah membuat rancangan dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan untuk membuat alat yang tepat. Hasil perancangan ditunjukkan dalam bentuk produk, dengan diagram keseluruhan yang dapat dilihat pada Gambar IV. 23, dan rancangan dapat dilihat pada Gambar IV. 24, yang mencakup detail alat, spesifikasi material dan sistem kerja yang sesuai. Selanjutnya, produk dievaluasi untuk mengetahui apakah benar-benar memenuhi spesifikasi. Beralih dari langkah sebelumnya, konsep rancangan alat, setelah melakukan perhitungan di Bab IV.



Gambar IV. 23 *Schematic Diagram*
(Sumber: Data Pribadi)



Gambar IV. 24 Hasil Akhir Alat *Bench Test*
(Sumber: Data Pribadi)

E. Rekapitulasi Perhitungan

Dengan menggunakan metode yang digunakan, penulis merekapitulasi hasil perhitungan secara menyeluruh, rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel IV. 7.

Tabel IV. 7 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)

F. Hasil Uji Fungsi

Uji fungsi rancangan dilakukan untuk memastikan bahwa rancangan dapat memenuhi syarat perancangan. Setiap bagian digabungkan untuk membuat rancangan *bench test inlet cowl pressure switch*. Terlebih dahulu, pengujian terhadap kontinuitas dilakukan pada *electrical connector*, sebelum dilanjutkan dengan pengujian terhadap lampu. Ini dilakukan dua kali untuk mendapatkan hasil terbaik dan untuk memastikan bahwa seluruh komponen

bekerja dengan baik, penulis melakukan uji alat mohon lihat Lampiran K. Hasil uji coba ditunjukkan dalam Tabel IV. 8 dan Tabel IV. 9

Tabel IV. 8 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 IV. 9 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*. Berikut adalah tahapan untuk melakukan *functional check pressure switch*:

1. *Functional check* Menggunakan Alat *Bench Test*

Pada tahap ini, *pressure switch* dihubungkan ke alat *bench test* dan diberi tekanan sesuai dengan yang disebutkan oleh CMM. Selain itu,

diberikan *output power supply* dan keadaan lampu harus mati. Jika pada saat *pressure switch* diberikan arus listrik sebesar 28V DC dengan *pressure* tertentu dan lampu menyala, maka *pressure switch* dapat dinyatakan tidak layak untuk digunakan. Proses pengujian ini dilakukan sebanyak 9 pengujian menggunakan komponen yang sama, bertujuan agar dapat mengukur fungsionalitas alat bench test. *Functional check* alat bench test dapat dilihat pada Lampiran K dan hasil *functional check* menggunakan alat bench test dilihat pada Tabel IV. 10.

Tabel IV. 10 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

(Sumber: Data Pribadi)

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan maka, didapatkan hasil sebagai berikut:

- Pada saat tidak ada tekanan udara atau 0 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat bench test mati.
- Pada saat diberi tekanan sebesar 10 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat bench test tetap mati.

- c. Pada saat diberi tekanan sebesar 20 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat *bench test* tetap mati.
- d. Pada saat diberi tekanan sebesar 30 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat *bench test* tetap mati.
- e. Pada saat diberi tekanan sebesar 40 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat *bench test* tetap mati.
- f. Pada saat diberi tekanan sebesar 50 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat *bench test* tetap mati.
- g. Pada saat diberi tekanan sebesar 60 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat *bench test* tetap mati.
- h. Pada saat diberi tekanan sebesar 65 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat *bench test* mati.
- i. Pada saat diberi tekanan sebesar 66 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat *bench test* menyala.
- j. Pada saat diberi tekanan sebesar 70 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat *bench test* mati.
- k. Pada saat diberi tekanan sebesar 75 PSI yang mengalir *pressure switch*, lampu pada alat *bench test* tetap mati.

Uji coba yang dilakukan terhadap *pressure switch* dengan menggunakan alat *bench test inlet cowl pressure switch* menunjukkan bahwa *pressure switch* dapat dinyatakan layak karena memenuhi syarat yang disebutkan dalam CMM.

G. Interpretasi

Uji coba yang dilakukan pada rancangan alat *bench test inlet cowl pressure switch* menunjukkan bahwa desain yang dirancang untuk membantu perawatan pesawat Boeing 737-300F berhasil. Rancangan alat *bench test inlet cowl pressure switch* dapat berfungsi dengan baik karena lampu dan *pressure regulator* bekerja dengan baik. Dengan ini, menunjukkan bahwa rancangan memiliki kemampuan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Interpretasi hasil uji coba rancangan terdapat pada Tabel IV. 11.

Tabel IV. 11 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 IV. 12.

Tabel IV. 12 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> , <i>Lampu</i> 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>	Membutuhkan 1 orang dalam pengoperasian alat <i>bench test</i>

No	Keterangan	Menggunakan Metode <i>Jumper Wire</i> , Lampu dan <i>Masking Tape</i>	Menggunakan Alat <i>Bench Test</i>
		- 1 orang memegang kabel <i>input power supply</i> - 1 orang memastikan sambungan <i>jumper</i> dan melakukan pengecekan	
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 yang telah dilampirkan pada Lampiran M. Meskipun *bench test* ini tergolong alat yang sederhana, namun aspek keselamatan harus tetap diperhatikan saat pengoperasian. Dengan ini, penulis membuat prosedur pengoperasian dan perawatan untuk *bench test inlet cowl thermal anti icing pressure switch*, mohon lihat pada Lampiran L.

H. Perhitungan Kelayakan

Seperti yang sudah penulis jelaskan pada Bab III, alat dapat dinyatakan layak jika memperoleh hasil persentase $\geq 71\%$, nilai kelayakan ini didapat dari hasil perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan (1), perhitungan dapat dilihat pada Lampiran N. Nilai validasi ahli memiliki total keseluruhan 90,825%, maka alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure switch* dinyatakan sangat layak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil rancangan dan penelitian yang dilakukan maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan alat *bench test* untuk *functional check pressure switch* pada *inlet cowl thermal anti-icing system* berhasil dilakukan menggunakan metode VDI 2221. Alat dirancang agar dapat menghasilkan tekanan sebesar 65 ± 3 PSI, sesuai dengan kebutuhan *pressure switch* pada pesawat Boeing 737-300. Desain alat dibuat sederhana, portabel, aman, serta mudah dioperasikan oleh satu teknisi, dengan menggabungkan sistem tekanan dan kelistrikan.
2. Hasil pengujian dan validasi menunjukkan bahwa alat bekerja dengan baik dan memenuhi fungsinya. lampu indikator menyala sesuai dengan tekanan kerja *pressure switch*, tidak terjadi kebocoran pada sistem tekanan, dan tidak ada kerusakan pada komponen elektrik. Berdasarkan kuesioner yang diisi oleh tiga evaluator ahli, alat ini mendapat nilai sebesar 90,825% pada kategori “sangat layak” untuk digunakan dalam proses *functional check pressure switch*.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang dibuat, penulis menyarankan:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan *case* tertutup agar alat lebih fleksibel dan awet.
2. Penulis menyarankan untuk memakai *connector* yang dikhususkan untuk komponen pesawat agar lebih aman ketika pengerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. N., & Maulina, I. (2024). Sistem Kerja Kelistrikan Pada Engine Pesawat Terbang Tipe Crj-1000. *Elektriese: Jurnal Sains Dan Teknologi Elektro*, 14(01), 13–24. <https://doi.org/10.47709/Elektriese.V14i01.3739>
- Aircraft Systems Part 3 – Protection Systems Book 1 Easa Part 66*. (2013).
- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2017). *Electricity: Electric Circuits*.
- Aziz, A., Nahak, I. A. F., Rismayanti, I., Ramadian, A. A., Kusumoaji, 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>
- Balaji, D., Logesh, M., Prakash, K., & Kumaran, M. (2023). Design Of Universal Test Bench For The Pneumatic System. *International Journal Of Scientific Research In Mechanical And Materials Engineering*, 7, 14–20. www.ijrmme.com
- Benedict, R. P. (1977). *Fundamentals Of Temperature, Pressure, And Flow Measurements* (Second Edi). A Wiley-Interscience Publication.
- Branch, R. M. (2009a). Instructional Design: The Addie Approach. In *Department Ofeducational Psychology And Instructional Technology*. Springer Science. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Branch, R. M. (2009b). Instructional Design: The Addie Approach. In *Department Ofeducational Psychology And Instructional Technology*. Springer Science. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Caliskan, F., & Hajiyeve, C. (2013). 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(December 2017), 353–385. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2017.12.028>

- Dermawan, R., & Wibowo, A. (2023). Perancangan Mesin Pengupas Kulit Kentang Dengan Metode Vdi 2221. *Sainstech: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 33(3), 96–104. <https://doi.org/10.37277/Stch.V33i3.1737>
- Dindorf, R. (2023). Measurement Of Pneumatic Valve Flow Parameters On The Test Bench With Interchangeable Venturi Tubes And Their Practical Use. *Sensors*, 23(13). <https://doi.org/10.3390/S23136042>
- Ficalora, J., & Cohen, L. (2010). *A Qfd Handbook Quality Function Deployment And Six Sigma* (Issue July).
- 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>
- G.F.Moore. (1997). Electric Cables Handbook. In *Electronics And Power*.
- Imam Assyafiq Syahputra, M., 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>
- Kaufman, A. A., & Anderson, B. I. (2010). The Electric Field, Current Density, And Potential In A Conducting Medium. In *Methods In Geochemistry And Geophysics* (1st Ed., Vol. 44, Issue C). Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S0076-6895\(10\)44003-2](https://doi.org/10.1016/S0076-6895(10)44003-2)
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2022). *Textbook Of Machine Design* (Reprint). S Chand.
- Li, S., & Paoli, R. (2022). Aircraft Icing Severity Evaluation. *Encyclopedia*, 2(1), 56–69. <https://doi.org/10.3390/Encyclopedia2010005>
- M. Ikhwanus. (2014). Rangkaian Listrik I. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- 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 Agustus 2023*.

- Marwiyah, M. (2024). Penggunaan Arus Searah / Direct Current (Dc) Pada Rangkaian Listrik Masringgit Marwiyah Nst Program Studi Teknik , Politeknik Adiguna Maritim Indonesia (Poltek Ami) Medan. *Journal Of Maritime And Education*, 6(2), 676–680.
- 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>
- Mills, D. (2016). Pipelines And Valves. In *Pneumatic Conveying Design Guide* (Third Edit, Pp. 183–195). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100649-8.00008-1>
- Mousavi, S. M., Sotoudeh, F., Chun, B., Lee, B. J., Karimi, N., & Faroughi, S. A. (2024). The Potential For Anti-Icing Wing And Aircraft Applications Of Mixed-Wettability Surfaces - A Comprehensive Review. *Cold Regions Science And Technology*, 217(October 2023), 104042. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2023.104042>
- Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2012). *Fundamentals Of Fluid Mechanics. 7th Editio*, 747. <https://doi.org/10.1201/B11709-7>
- Niculescu, F., Vasile, M. L., & Lale, D. (2024). *Test Bench For Pneumatic Starter Used In Naval Propulsion*. <https://doi.org/10.13140/Rg.2.2.24021.84960>
- Nim, N., & Ramadhani, M. R. (2024). *Sistem Monitoring Arus Tegangan Dan Daya Energi Listrik Berbasis Internet Of Things (Iot) Skripsi Program Studi Teknik Informatika*.
- Nogmov, M. K., Lianov, I. M., Lysenko, V. R., & Dmitrichenko, N. V. (2023). Development Of A Flow-Measuring Hydropneumatic Bench For Testing Pipeline Valves. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 9(1), 166–182. <https://doi.org/10.28991/cej-2023-09-01-013>
- Nur, R., & Suyuti, M. A. (2018). *Perancangan Mesin-Mesin Industri*. Deepublish.
- Nurchayadi, H. A. (2011). *Pengaruh Experiential Marketing Terhadap Tingkat Kepercayaan Dan Loyalitas Pelanggan Pada Ef (English First) Jember Tingkat Kepercayaan Dan Loyalitas Pelanggan Pada Ef (English First) Jember*.

- Pahl, G., & Beitz, W. (2006). Engineering Design : A Systematic Approach. In *Constructing The Future: Nd Modelling*. <https://doi.org/10.4324/9780203967461>
- Parent, O., & Ilinca, A. (2011). Anti-Icing And De-Icing Techniques For Wind Turbines: Critical Review. *Cold Regions Science And Technology*, 65(1), 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2010.01.005>
- 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*. September.
- Ramdhani, M. (2008). *Rangkaian Listrik* (G. Sagara & L. Simarmata, Eds.). Erlangga Publisher.
- Samlawi, A. K. (2016). Material Teknik. *Martensitic Ss*, 48.
- Sandy Ari, D. (2017). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Perubahan Suhu, Kelembaban Udara Dan Tekanan Udara. *Skripsi*, 1–99.
- Sari, N., Widiyani, A., Nurhamidah, N., & Sairi, A. P. (2023). Perbandingan Tegangan Dan Kuat Arus Listrik Pada Sifat Asam Buah Nanas Dan Jeruk. *Optika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 121–127. <https://doi.org/10.37478/Optika.V7i1.2762>
- Septiadi, D. Y. (2024). *Perancangan Fireman Sebagai Media Informasi Navigasi Kendaraan Pkp-Pk Berbasis Website Di Bandara Fatmawati Soekarno Bengkulu Tugas Akhir*.
- Shen, X., Guo, Q., Lin, G., Zeng, Y., & Hu, Z. (2020). Study On Loose-Coupling Methods For Aircraft Thermal Anti-Icing System. *Energies*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/en13061463>
- Shinkafi, A., & Lawson, C. (2014). Enhanced Method Of Conceptual Sizing Of Aircraft Electro-Thermal De-Icing System. *International Journal Of Mechanical, Aerospace, Industrial And Mechatronics Engineering*, 8(6), 1065–1072.

- Smith, P. (2007). Piping Codes, Standards, And Specifications. *The Fundamentals Of Piping Design*, 1–48. <https://doi.org/10.1016/B978-1-933762-04-3.50010-2>
- 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. *Ieee Aerospace Conference Proceedings, 2015-June*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/Aero.2015.7119206>
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*.
- Sutton, I. (2017). Piping. In *Plant Design And Operations* (Second Edi, Pp. 139–163). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812883-1.00004-8>
- Taufiq, M., Zatik, A., & Firdaus, J. (2023). Teknologi Hidrolik: Dasar, Aplikasi, Dan Inovasi. *Penerbit Tahta Media*.
- Training, M. P., & Aviators, U. (2020). Maintenance Pre-Ops Training For Un-Tracked Aviators. *Flightfax*.
- Velasco, D. C. R., Gonçalves, V. P. D., Oliveira, M. P., Simonassi, N. T., Lopes, F. P. D., & Vieira, C. M. F. (2025). Industrial Piping System: Design And Corrosion Protection. *Surfaces*, 8(1), 1–28. <https://doi.org/10.3390/Surfaces8010018>
- Vukits, T. J. (2002). Overview And Risk Assessment Of Icing For Transport Category Aircraft And Components. *40th Aiaa Aerospace Sciences Meeting And Exhibit, January*. <https://doi.org/10.2514/6.2002-811>
- Wang, L., Jiang, G., Zhu, D., Tian, Z., Chen, C., Hu, X., Peng, R., Li, D., Zhang, H., Zhao, H., Fan, P., & Zhong, M. (2023). Self-Driven Droplet Motions Below Their Icing Points. *Small*, 19(41). <https://doi.org/10.1002/Smll.202302339>

LAMPIRAN

Lampiran A. *Aircraft Maintenance Manual Inlet Cowl Anti-Icing System*



737-300/400/500 AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL

INLET COWL ANTI-ICING SYSTEM - DESCRIPTION AND OPERATION

1. General

(Figure 1)

- A. The inlet cowl anti-icing system is a thermal system using engine hot bleed air from the 5th and 9th-stages of the high pressure compressor (HPC) section. The function of the system is to maintain ice free inlet cowl surfaces during flight and ground operations.
- B. The system consists of ducting, a dual purpose pressure regulating and shutoff valve, a pressure switch and an overheat switch downstream of the valve, an anti-icing distribution spray ring located in the lip of the inlet cowl, and an exhaust port located at the 6 o'clock position on the inlet cowl.
- C. Each engine anti-ice system operates independently. Each valve is pneumatically operated and electrically controlled by a switch located on the pilots' overhead panel. The associated valve position indicator lights and warning lights are located adjacent to the switches.

EFFECTIVITY
GEF ALL

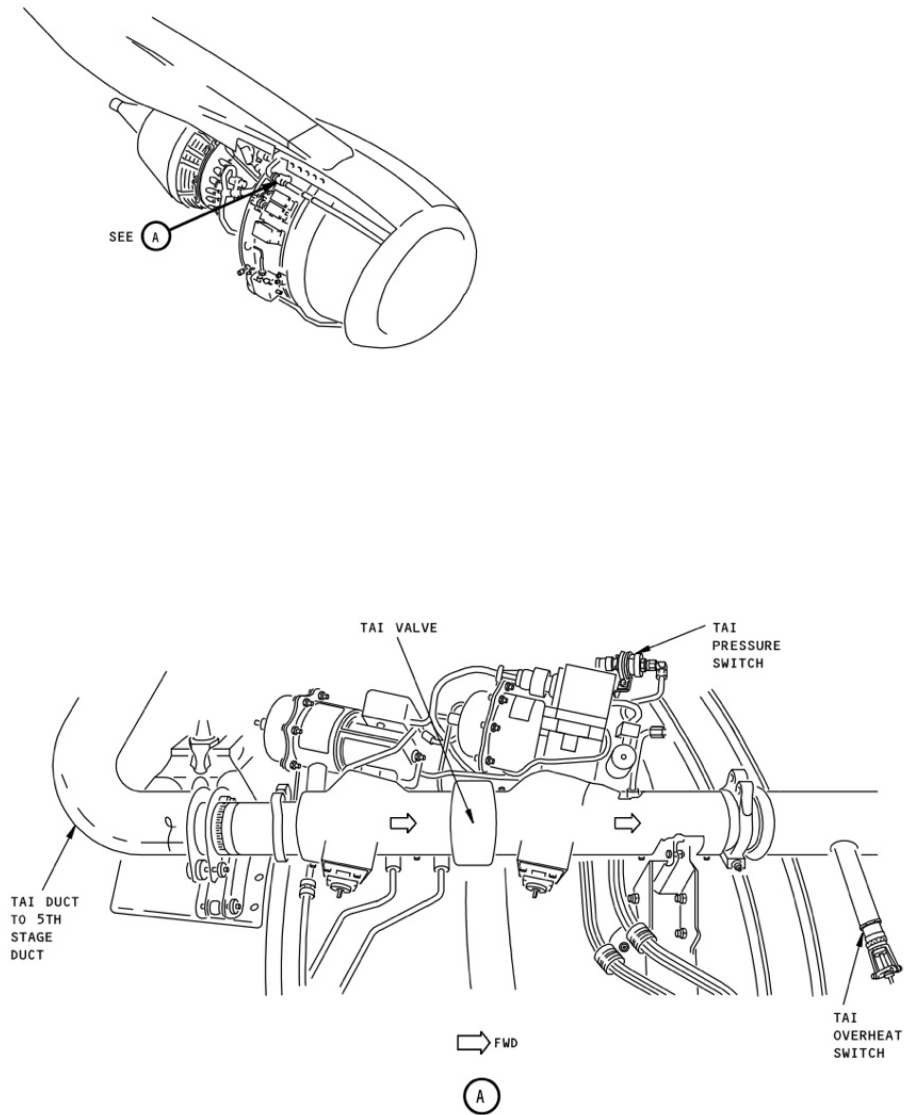
D6-37621

ECCN 9E991 BOEING PROPRIETARY - See title page for details

30-21-00

Page 1
Mar 25/2015

BOEING
737-300/400/500
AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL



118223 S00041224536_V1

Inlet Cowl Anti-Icing System Component Location
Figure 1/30-21-00-990-801

EFFECTIVITY
GEF ALL

D6-37621

ECCN 9E991 BOEING PROPRIETARY - See title page for details

30-21-00

Page 2
Mar 25/2015



**737-300/400/500
AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL**

3. Thermal Anti-Ice (TAI) Pressure Switch

- A. The TAI pressure switch senses pressure from a pressure tap in the TAI ducting downstream of the valve. The function of the switch is to act as a check on the operation of the valve to prevent overpressurization of the inlet cowl. The switch is set to activate at 65 ± 3 PSI, and provides cowl overpressure warning indication by illuminating an amber COWL ANTI-ICE warning light in the cockpit.

4. Thermal Anti-Ice (TAI) Overheat Switch

- A. The TAI overheat switch senses temperature in the TAI ducting downstream of the valve. The switch is set to activate at $825 \pm 20^\circ\text{F}$ and will indicate an overtemperature condition by illuminating the master caution, anti-ice annunciator lights, and an amber COWL ANTI-ICE warning light in the cockpit. The unit consists of a thermostatic sensor that actuates a single-pole, single-throw switch.

5. Operation

(Figure 3)

A. Functional Description

- (1) When the ENG ANTI-ICE switch is positioned to ON for the selected engine, 28v dc is supplied to the TAI valve. The valve solenoid is energized and hot air is directed through the valve to the air distribution spray ring which contains holes that direct the anti-icing air to the inner lip of the inlet cowl. The air is circulated around the inlet cowl and vented overboard through the TAI exhaust port.
- (2) When the ENG ANTI-ICE switch is positioned to OFF, the valve solenoid is de-energized and the valve closes.
- (3) When the ENG ANTI-ICE switch is first positioned to ON, the blue COWL VALVE OPEN light comes on bright to indicate valve in transit.
When the valve reaches the full open position, the light dims.
- (4) When the ENG ANTI-ICE switch is moved to OFF, the blue COWL VALVE OPEN light comes on bright to indicate valve in transit, then goes off to indicate valve closed.
- (5) When a pressure of 65 ± 3 psi is sensed by the TAI pressure switch, the switch is activated causing the amber COWL ANTI-ICE warning light to come on.
- (6) When a temperature of $825 \pm 20^\circ\text{F}$ is sensed by the TAI overheat switch, the switch is activated causing the amber COWL ANTI-ICE warning light to come on.
- (7) If the engine is not running and the ENG ANTI-ICE switch is set to ON, the COWL VALVE OPEN light will come on bright and will stay on.

Under these conditions, if the pneumatic system is pressurized, the COWL VALVE OPEN light may become dim momentarily.

EFFECTIVITY
GEF ALL

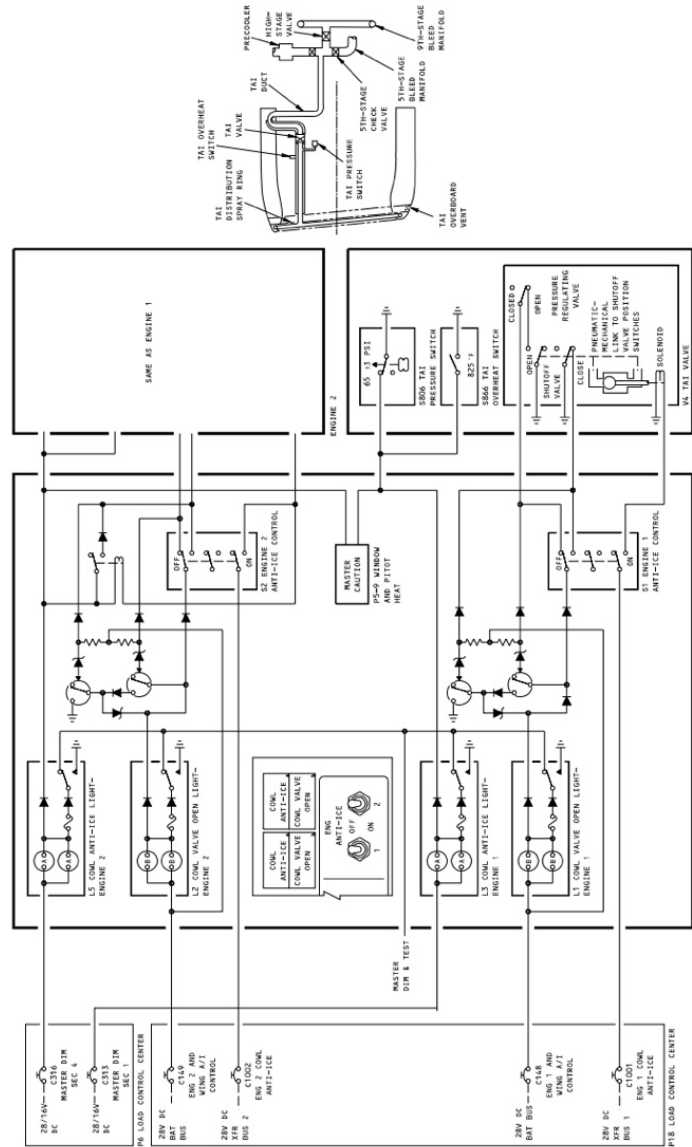
D6-37621

ECCN 9E991 BOEING PROPRIETARY - See title page for details

30-21-00

Page 6
Mar 25/2015

BOEING
737-300/400/500
AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL



Inlet Cowl Anti-Icing System Schematic
Figure 3/30-21-00-990-803

EFFECTIVITY
GEF ALL

30-21-00

Page 7
Mar 25/2015

D6-37621

ECCN 9E991 BOEING PROPRIETARY - See title page for details

165902 S00041224539_V1

Lampiran B. *Inlet Cowl Anti-Icing System-Trouble Shooting*



737-300/400/500 AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL

INLET COWL ANTI-ICING SYSTEM - TROUBLE SHOOTING

1. General

- A. The Inlet Cowl Anti-Icing System uses engine hot bleed air from the 5th and 9th-stages of the high pressure compressor (HPC) to maintain ice-free inlet cowl surfaces during flight and ground operations.
- B. The system consists of ducting, a dual purpose pressure regulating and shutoff valve, an anti-icing distribution spray ring located in the lip of the inlet cowl, and an exhaust port located at the 6 o'clock position on the inlet cowl.
- C. Each engine anti-icing system operates independently. Each anti-ice valve is pneumatically operated, and is controlled electrically by a switch on the pilot's overhead panel P5-11. The associated valve position indicator lights and warning lights are located adjacent to the switches.
- D. The inlet cowl anti-ice system is dependent upon the operation of the engine bleed air distribution system, since the cowl anti-ice valve is pneumatically operated. An improperly operating engine bleed air distribution system could cause the inlet cowl anti-ice system to operate improperly. If the engine bleed air distribution system is suspected to be causing cowl anti-ice system faults, trouble shoot per MM 36-11-05/101.
- E. All trouble shooting procedures are based on the following assumptions:
 - (1) Double failures do not exist.
 - (2) The faulty system was fully operational prior to the fault indication with all equipment properly installed.
 - (3) All relevant circuit breakers were checked.
 - (4) All applicable airplane/engine operating procedures were accomplished.
 - (5) The airplane is on the ground, it has been shut down in accordance with normal operating procedures and all power is off.
 - (6) Fault was accurately described.
 - (7) Generally, electrical wiring is satisfactory and power is available.
- F. If the corrective action in the procedure does not correct the problem, check wiring using the wiring diagram. Prior to trouble shooting, check master Dim and Test circuits to ensure panel lights are operable.

EFFECTIVITY
GEF ALL

D6-37621

ECCN 9E991 BOEING PROPRIETARY - See title page for details

30-21-00

Page 101
Mar 25/2015



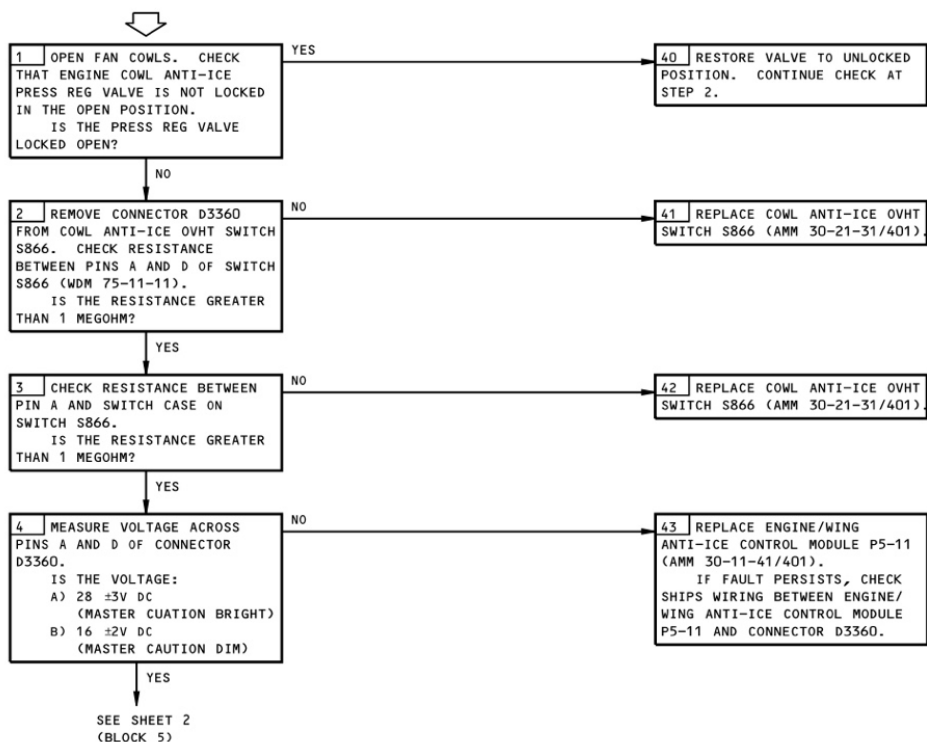
737-300/400/500
AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL

AMBER "COWL
ANTI-ICE" LIGHT
ILLUMINATED WITH
ENG ANTI-ICE SWITCH
SELECTED ON

PREREQUISITES

ELECTRICAL POWER (AMM 24-22-00/201)

CB'S: 6C13,6D13,18A1,18A2,18A3,18A4



650092 S00041224542_V1

Amber COWL ANTI-ICE Light Illuminated with Engine Anti-Ice Switch Selected On
Figure 101/30-21-00-990-804 (Sheet 1)

EFFECTIVITY
GEF ALL

D6-37621

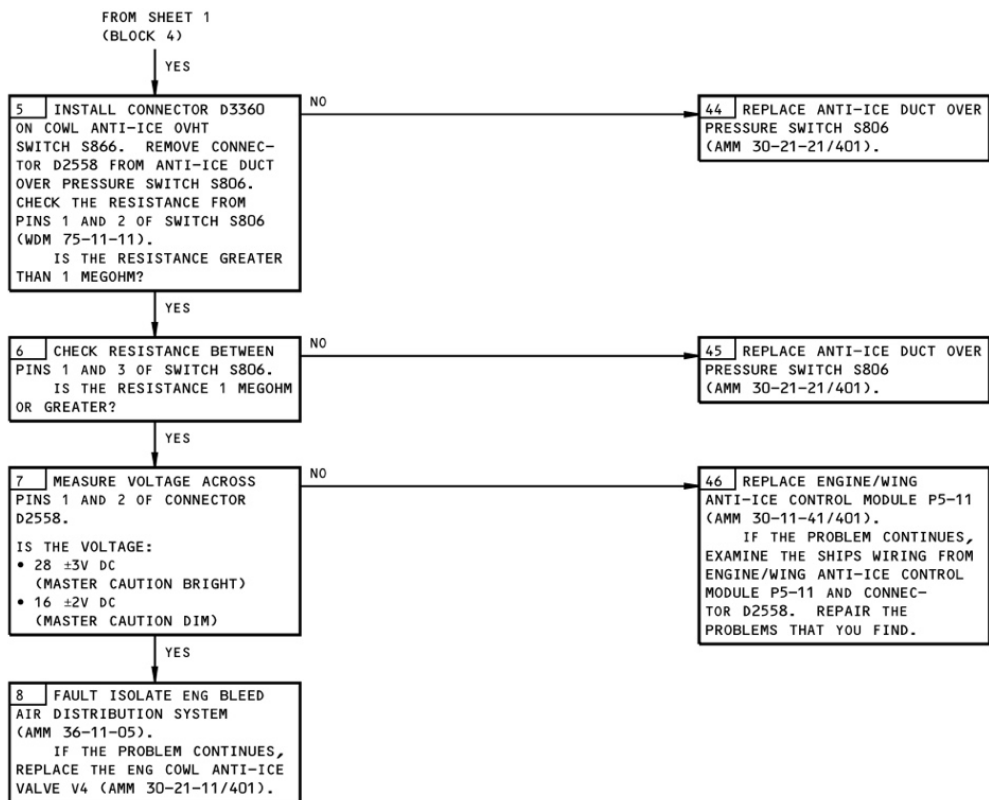
ECCN 9E991 BOEING PROPRIETARY - See title page for details

30-21-00

Page 102
Mar 25/2015



737-300/400/500
AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL



650082 S00041224543_V1

Amber COWL ANTI-ICE Light Illuminated with Engine Anti-Ice Switch Selected On
Figure 101/30-21-00-990-804 (Sheet 2)



D6-37621

ECCN 9E991 BOEING PROPRIETARY - See title page for details

30-21-00

Page 103
Mar 25/2015



PRESSURE SWITCH

PART NUMBERS

21SN41-42

21SN41-52

21SN41-84

**COMPONENT MAINTENANCE MANUAL
WITH
ILLUSTRATED PARTS LIST**

80-21-03 ^{T-1}
May 1/89



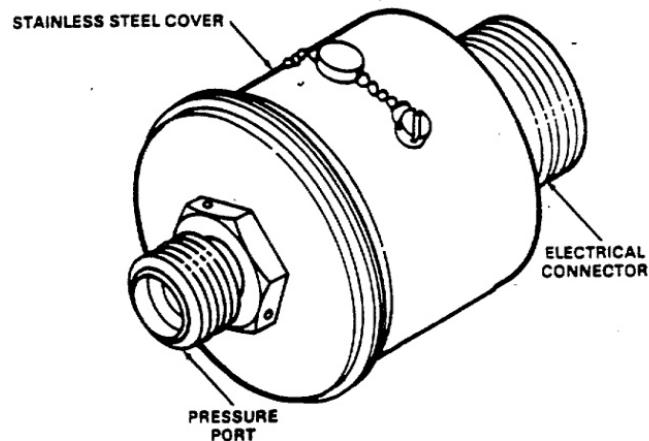
PRESSURE SENSORS DIVISION

COMPONENT MAINTENANCE MANUAL WITH ILLUSTRATED PARTS LIST 21SN41

DESCRIPTION AND OPERATION

1. Description.

- A. The pressure switch consists of a pressure element, snap action spring system, snap action electrical switch, and cover assembly.
- B. The pressure element is a stainless steel diaphragm, which is sandwiched between the upper and lower housing and heliarc welded around its circumference. This creates a hermetically sealed, leakproof, and flameproof assembly. A flat plate is spot welded to the diaphragm to support the center section and to act as a stop during over-pressure conditions.
- C. The spring system is a Belleville-type snap action, negative rate disc spring which restricts the motion of the diaphragm until the applied pressure reaches the actuation value. The actuation value is adjustable by means of an adjusting screw in the pressure port fitting. A self-locking heli-coil insert is used to maintain the adjustment.



Pressure Switch Assembly
Figure 1

80-21-03 Page 1
May 1/89



PRESSURE SENSORS DIVISION

COMPONENT MAINTENANCE MANUAL WITH ILLUSTRATED PARTS LIST
21SN41

- D. The electrical switch is a snap action type meeting MIL-S-8805 and rated at 400°F for continuous operation and 425°F for 230 minutes. The electrical rating is 2 amperes resistive or 0.5 ampere lamp-load at 24 V dc.
- E. The electrical connector is attached to a stainless steel cover with four drilled fillister head screws which are lockwired. The cover assembly, in turn, is fastened to the housing with drilled fillister head screws which are lockwired. Overtorquing the connector or damage to the cover will not affect the operation of the pressure switch.
2. Operation. When pressure applied to the pressure fitting is enough to overcome the spring force holding down the diaphragm (refer to Table 1 for actuation value), there is an instantaneous snap and the diaphragm jumps 0.010 inches. When the diaphragm jumps, it carries with it the actuator which, in turn causes the electrical switch to operate. When the pressure applied to the pressure fitting is decreased (refer to Table 1 for deactuation value), the diaphragm jumps in the reverse direction, and the electrical switch reverts to its original position.
3. Leading Particulars.

	21SN41-42, -84	21SN41-52
Pressure:		
Maximum System Pressure.....	149 psi	60 psi
Proof Pressure.....	223 psi	150 psi
Burst Pressure.....	300 psi	225 psi
Actuation:		
Increasing Pressure.....	34.5 ± 4.5 psi	65 ± 3 psi
Deactuation:		
Decreasing Pressure.....	30 psi	65 ± 3 psi
Electrical Rating.....	2 amperes resistive or 0.5 amperes lamp load at 24 V dc	
Temperature.....	-65 to +400°F continuous; +425°F intermittent	

Leading Particulars
Table 1

80-21-03 ^{Page} May 1/8



COMPONENT MAINTENANCE MANUAL WITH ILLUSTRATED PARTS LIST
21SN41

TESTING AND FAULT ISOLATION

1. Testing.

- A. Environmental Conditions. Conduct all tests under the following ambient conditions:

Room Temperature..... +60 to +90°F

Room Ambient Pressure..... 28 to 32 inches of mercury, absolute

Relative Humidity..... 90 percent maximum

CAUTION: DO NOT AT ANY TIME USE HAND PUMP OR APPLY VACUUM TO PRESSURE PORT. DO NOT APPLY EXTERNAL PRESSURE TO UPPER HOUSING.

- B. Test Equipment.

NOTE: The following equipment is preferred; however, equipment of equivalent nature may be used providing the accuracy is the same or better than specified.

Hy-Pot Tester ± 0.5 percent, Model 411, Associated Research Co.

Megohmmeter ± 6 percent, Model L-6B, Industrial Instruments.

Multimeter ± 1 percent.

28 V dc Power Supply, ± 0.5 volt.

Pressure Gage 0 to 100 psi, ± 0.25 percent, Type 1082 Series, 8 1/2 inch, Ashcroft (21SN41-42 only).

Indicator Light, Type 313, 28 V dc or equivalent, 178 ma nominal.

Needle Valves, Type 21214Y, Hoke.

Micrometer, Depth Type, 0 to 1 inch, Type 463, Starrett.

Dial Indicator, 0 to 0.5 inch, Number 25-231 Starrett.

Pressure Gage 0 to 100 psi, $\pm 0.10\%$, Heise (21SN41-52 only).

Pressure Gage 0 to 150 psi, $\pm 0.25\%$ Ashcroft (21SN41-42 and -84).

Pressure Gage 0 to 250 psi, $\pm 0.25\%$, Ashcroft (21SN41-52 only).



PRESSURE SENSORS DIVISION

**COMPONENT MAINTENANCE MANUAL WITH ILLUSTRATED PARTS LIST
21SN41**

C. Proof and Leakage Test.

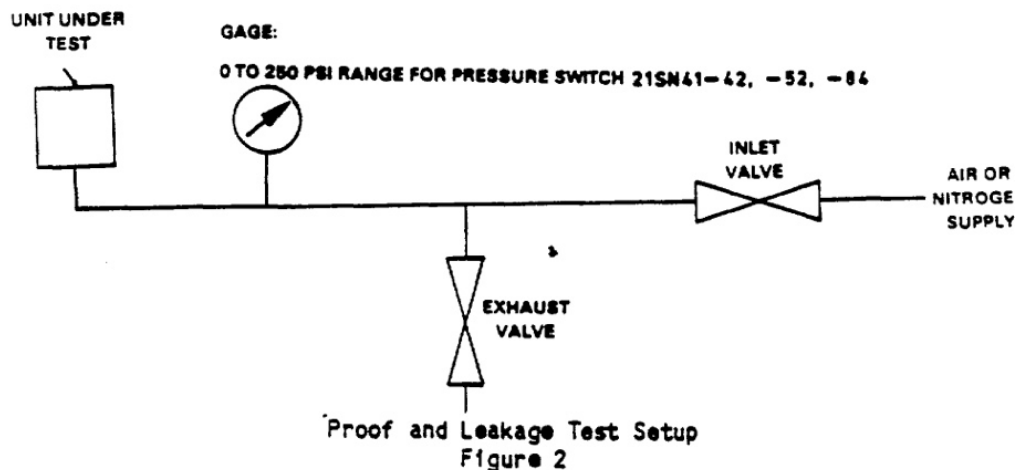
- (1) Hook up pressure switch assembly as shown in Figure 2.
- (2) For pressure switch 21SN41-42 and -84 apply air or nitrogen pressure at 225-230 psi to pressure port. For pressure switch 21SN41-52 apply air or nitrogen pressure of 150 to 155 psi to the pressure port. Shut off valves to trap pressure in switch. Observe gage for pressure valve, hold for 1 minute (minimum), then observe gage for loss of pressure. No pressure loss is permitted.

D. Operational Test for Pressure Switches 21SN41-42 & -84.

- (1) Hook up pressure switch assemblies 21SN41-42 & -84 as shown in Figure 3.
- (2) Apply air or nitrogen pressure to the pressure port. Increase pressure from 0 to 149 psi, then decrease pressure to zero.

NOTE: Rate of pressure change on increasing and decreasing pressure through switch actuation and deactuation points shall not exceed 10 psi per minute. Rate of pressure change above and below the switch actuation points may be at any convenient rate.

- (3) During pressure excursions, observe and record actuation and deactuation values. On increasing pressure, lamp shall come on at 35 4 psi. On decreasing pressure, lamp shall extinguish at least 0.5 psi less than the actuation pressure and shall not exceed 30 psi minimum.
- (4) Remove pressure switch assembly from test setup.





PRESSURE SENSORS DIVISION

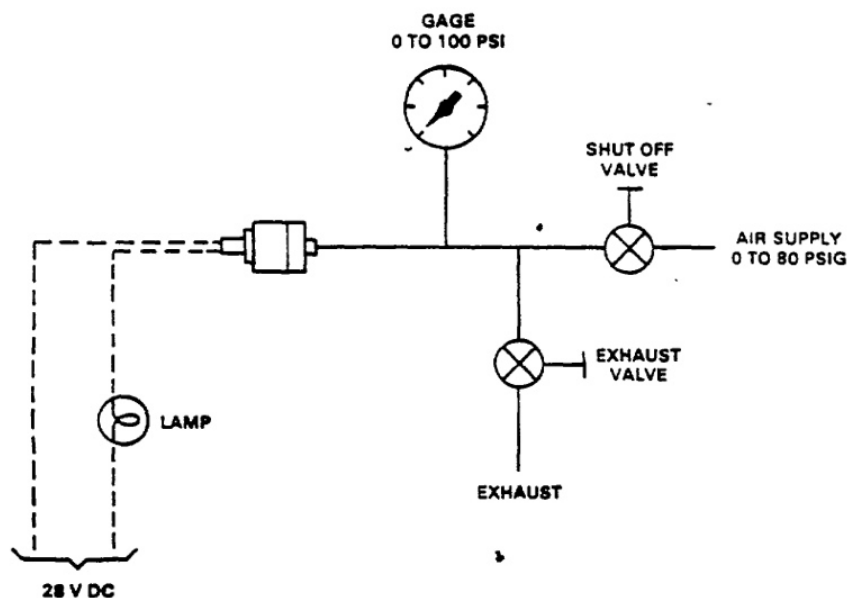
COMPONENT MAINTENANCE MANUAL WITH ILLUSTRATED PARTS LIST 21SN41

E. Operational Test for Pressure Switch 21SN41-52.

- (1) Hook up pressure switch assembly 21SN41-52 as shown in Figure 4.
- (2) Apply air or nitrogen pressure to the pressure port. Increase pressure from 0 to 80 psi, then decrease pressure to zero.

NOTE: Rate of pressure change on increasing and decreasing pressure through switch actuation and deactuation points shall not exceed 10 psi per minute. Rate of pressure change above and below the switch actuation points may be at any convenient rate.

- (3) During pressure excursions, observe and record actuation and deactuation values. On increasing pressure, lamp shall come on at 65 ± 3 psi. On decreasing pressure, lamp shall extinguish at 65 ± 3 psi.
- (4) Remove pressure switch assembly from test setup.



Operational Test Setup, Pressure Switch 21SN41-52
Figure 4

COMPONENT MAINTENANCE MANUAL WITH ILLUSTRATED PARTS LIST
21SN41

F. Electrical Tests.

NOTE: The electrical tests shall be performed in the sequence set forth below. The application of voltages and measurements shall be between pins 1 and 2 of the connector tied together at any convenient location on the cover.

(1) Insulation Resistance Test.

- (a) Using a megohmmeter, apply 500 V dc and measure the resistance.
- (b) Observe that resistance is 200 megohms minimum for pressure switch assembly 21SN41-42, 21SN41-52, or 21SN41-84.

(2) Dielectric Test.

- (a) Using a Hy-Pot Tester increase voltage from 0 to 1500 V ac rms, 60 Hz, at a rate of 250 to 500 volts per second.
- (b) Hold at 1500 V ac for 1 minute.
- (c) Observe the current leakage does not exceed 0.5 milliamperes.

(3) Repeat insulation resistance test in step (1), above.

G. Actuation Procedure Adjustment.

CAUTION: DO NOT FORCE ADJUSTING SCREW.

NOTE: Access to the adjusting screw is through the pressure port.

- (1) To lower the amount of pressure needed to actuate the switch, use a 1/8-inch Allen wrench to turn the adjusting screw clockwise. Ensure that actuation pressure is not too low by electrically connecting pins 1 and 2 of connector. With 0 psi at the port, the circuit shall remain open.
- (2) To raise the amount of pressure needed to actuate the switch, use the 1/8-inch Allen wrench to turn the adjusting screw counter-clockwise.

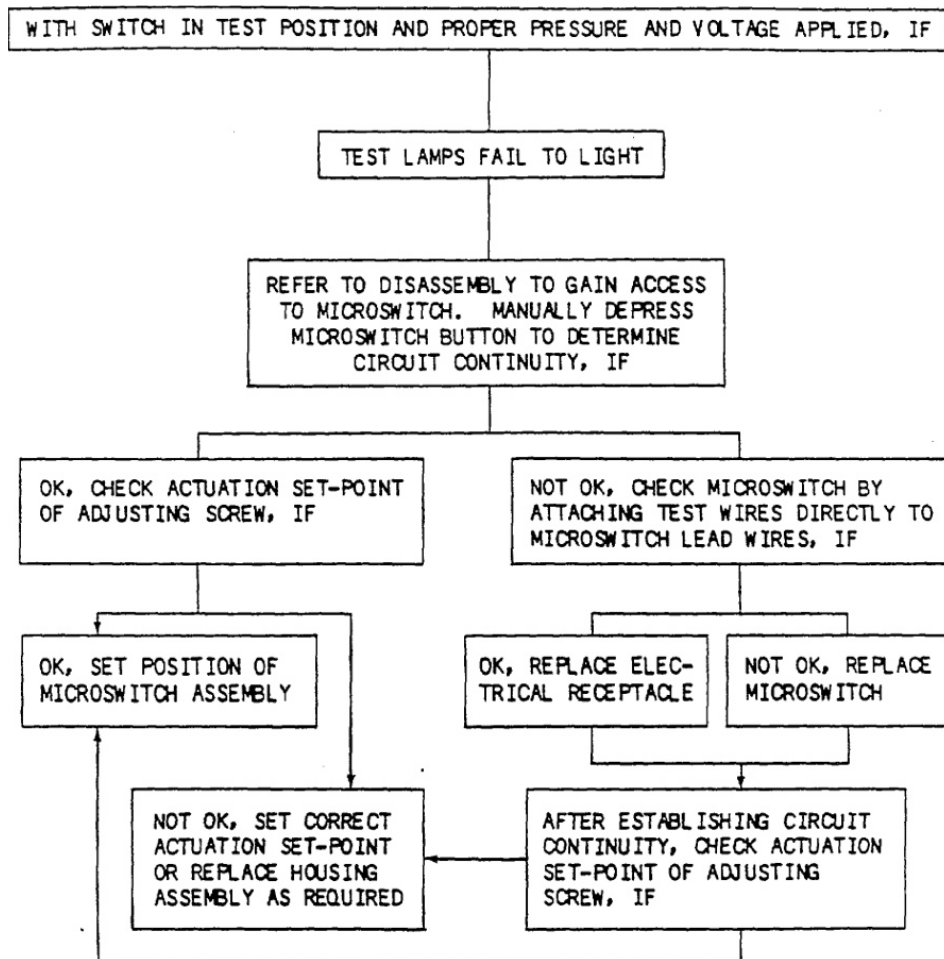
2. Fault Isolation.

- A. Troubleshooting of the pressure switch is restricted to fault isolation during testing (see Figure 5).
- B. Attach the pressure switch to the test equipment (Figure 3 for pressure switch 21SN41-42 and -84 and Figure 4 for switch 21SN41-52).



PRESSURE SENSORS DIVISION

COMPONENT MAINTENANCE MANUAL WITH ILLUSTRATED PARTS LIST
21SN41



Troubleshooting *
Figure 5

80-21-03 Page 8
May 1/89

Lampiran D. Spesifikasi Kabel

BMS 13-58

Extreme environment, nickel coated copper conductor, 600V, wire and cable. Intended for use in areas where exposure to thermal changes and corrosive fluids are normal.

TYPE	CLASS		WIRE SIZE (AWG)		INSULATION THICKNESS (MIL)	CONDUCTOR		SHIELD		JACKET	TEMPERATURE RATING (DEGREES C)	
	MIN	MAX	MIN	MAX		MATERIAL	COATING	MATERIAL	COATING		MIN	MAX
1	1	8	24	4/0	22	Annealed Copper	Nickel	--	--	--	-65	260
				8								
				12								
2	1	4	24	12	22	Annealed Copper	Nickel	Copper Braid	Nickel	--	-65	260
3	1	4	24	12	22	Annealed Copper	Nickel	--	--	PTFE/Tape	-65	260
4	2	4	24	12	22	Annealed Copper	Nickel	--	--	PTFE/Tape	-65	260
5	1	8	24	12	22	High Strength Copper Alloy	Nickel	Copper Braid	Nickel	--	-65	260
				16								
6	1	4	24	16	22	High Strength Copper Alloy	Nickel	Copper Braid	Nickel	--	-65	260
7	1	4	24	16	22	High Strength Copper Alloy	Nickel	Copper Braid	Nickel	PTFE/Tape	-65	260
8	2	4	24	16	22	High Strength Copper Alloy	Nickel	--	--	PTFE/Tape	-65	260
9	1	3	24	18	22	High Strength Copper Alloy	Nickel	Copper Braid	Nickel	PTFE/Tape	-65	260

Standard jacket color: Light gray. Multi-conductor standard colors = Red, blue, yellow, green, black, purple, orange, brown, white.

Lampiran E. Spesifikasi Selang, Ball Valve, Brass Tee

INTER
The Hose Specialist.

FUEL/OIL HOSE SAE J30 R6 ID* WP 300

Ukuran (inch)	I.D. (mm)	O.D. (mm)	Tekanan Kerja		Tekanan Pecah		Panjang (m)
			bar	PSI	bar	PSI	
5/32	4	11	20	300	60	900	50
3/16	5	12	20	300	60	900	50
1/4	6.3	13.3	20	300	60	900	50
5/16	8	15	20	300	60	900	50
3/8	9.5	16.5	20	300	60	900	50
1/2	12.7	20	20	300	60	900	50
5/8	16	24	20	300	60	900	50
3/4	19	29	20	300	60	900	50
1	25.4	36	20	300	50	750	50

Jaya Maju Mandiri
☎ 0819-0881-3779

AEROVALVE PNEUMATICS

MINI BRASS BALL VALVE

FEMALE - FEMALE
DRAT DALAM - DRAT DALAM 1/4"

-20 to 120° **0 - 16 BAR** **BEST QUALITY PRODUCT**
WORKING TEMPERATURE WORKING PRESSURE **VARIAN**

AEROVALVE PNEUMATICS

FITTING KUNINGAN FEMALE

BRASS TEE
FITTING KUNINGAN FEMALE
SAMBUNGAN PIPA KOMPRESOR CABANG 3 - FFP

HIGH-STRENGTH MATERIAL
BEST QUALITY

Berfungsi sebagai penghubung tiga jalur pipa dengan konfigurasi berbentuk huruf "T". Cocok untuk sistem distribusi air, gas, atau cairan lainnya.

Lampiran F. Surat Rekomendasi



SURAT REKOMENDASI

Yang bersangkutan dibawah ini adalah :

Nama : Rahmat Budianto
Jabatan : Engineering

Dengan ini menyatakan dengan benar kepada :

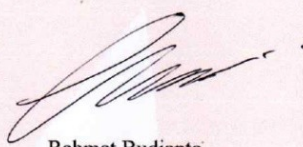
Nama : Tar(i). Ghefira Rosallie Salsabiela Setiawan
NIT : 16022130034

Bahwa yang bersangkutan adalah Taruna Politeknik Penerbangan Indonesia Curug (PPIC) telah melakukan penelitian secara langsung di Asia Cargo Airlines dalam rangka menyelesaikan tugas akhir Diploma IV Program Studi Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug.

Sesuai dengan permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir tersebut memang benar adanya bahwa unit kami memerlukan alat *bench test inlet cowl thermal anti-icing pressure* dalam proses *functional test*. Dikarenakan tujuan penelitian ini dapat mempermudah dan membantu pada saat perbaikan dan pemeliharaan, maka kami menyetujui dalam pembahasan tugas akhir yang dibuat oleh bersangkutan untuk keperluan perawatan pesawat di Asia Cargo Airlines.

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Tangerang, 24 Maret 2025
Engineering


Rahmat Budianto



Halim Perdikusuma International Airport
Terminal Building 2nd Floor Room A 02-03/PK
Jakarta Timur 13610 Indonesia



+6221 80872119



+6221 80872122



info@asiacargoairlines.com

LEMBAR DATA PARAMETER RANCANGAN

**“MODIFIKASI ALAT BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING
PRESSURE SWITCH DENGAN PRESSURE 65 PSI PADA PESAWAT BEOING 737-
300 DI ASIA CARGO AIRLINES”**

Telah dilakukan diskusi teknis antara:

Nama : Tar(i). Ghefira Rosallie Salsabiela Setiawan
NIT : 16022130034

Dengan:

Nama : Rahmat Budianto
Jabatan : Engineering

Sebagai upaya untuk mengklarifikasi permasalahan teknis pada metode pengujian *pressure switch* yang digunakan sebelumnya, serta merumuskan ide awal pengembangan alat *bench test* yang lebih efisien dan sesuai kebutuhan teknis di lapangan.

Adapun hasil diskusi menyimpulkan bahwa metode pengujian sebelumnya yang menggunakan *jumper wire*, *masking tape*, dan tiga orang personil, memiliki beberapa kelemahan, yaitu:

1. Risiko terjadinya *short circuit* akibat sambungan terbuka.
2. Kebutuhan sumber daya manusia yang tidak efisien.
3. Potensi *human error* yang tinggi karena sistem manual.

Sebagai solusi, dirumuskan beberapa ide awal perancangan alat modifikasi, yaitu:

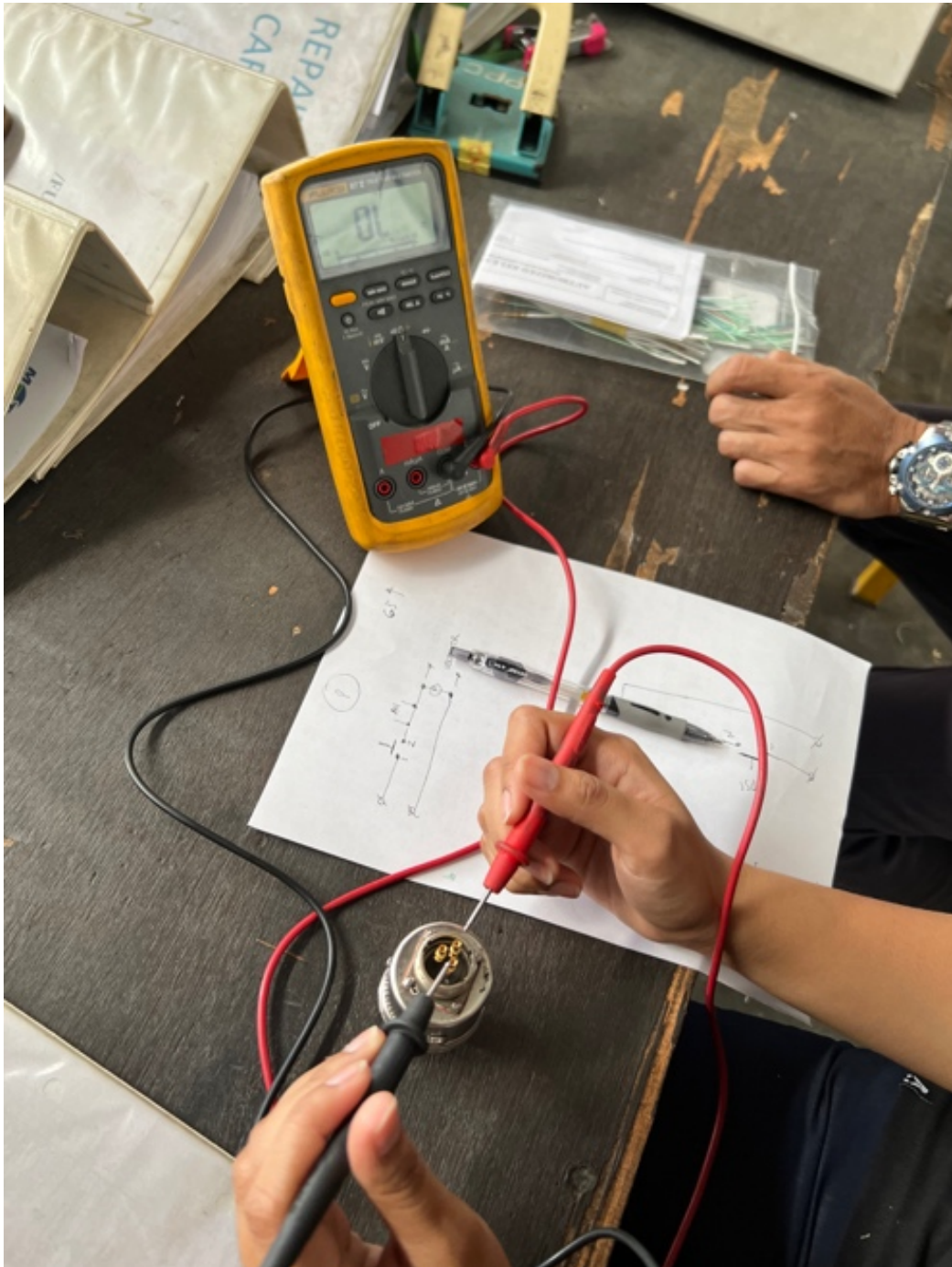
1. Alat dirancang agar mudah dioperasikan oleh satu orang.
2. Rangka bersifat portabel dan tahan terhadap getaran ringan.
3. Alat dapat menghasilkan *output pressure* sebesar 65 ± 3 PSI.
4. Menambahkan struktur pelindung untuk keamanan pengguna.

Diskusi ini menjadi acuan utama dalam menyusun daftar spesifikasi *Demand and Whishes*, serta menjadi dasar konseptual dalam pengembangan desain alat *bench test* yang dirancang pada tugas akhir ini.

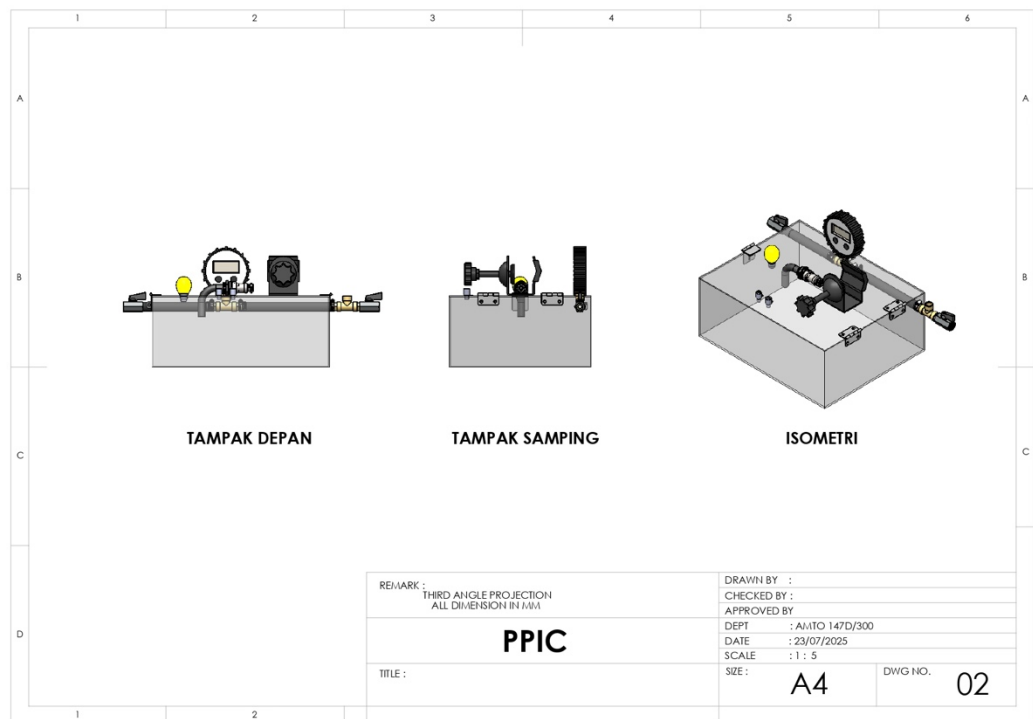
Jakarta, 12 May 2024
Engineering


ASIA CARGO AIRLINES
(Rahmat Budianto)

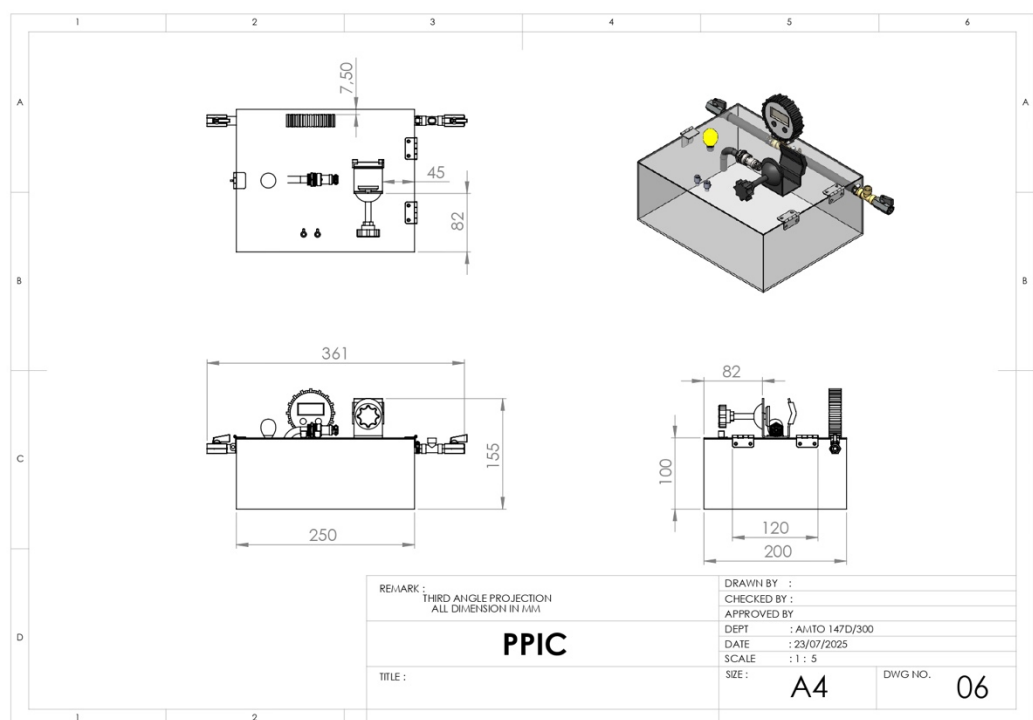
Lampiran H. Uji Coba Kontinuitas *Pressure Switch Connector*



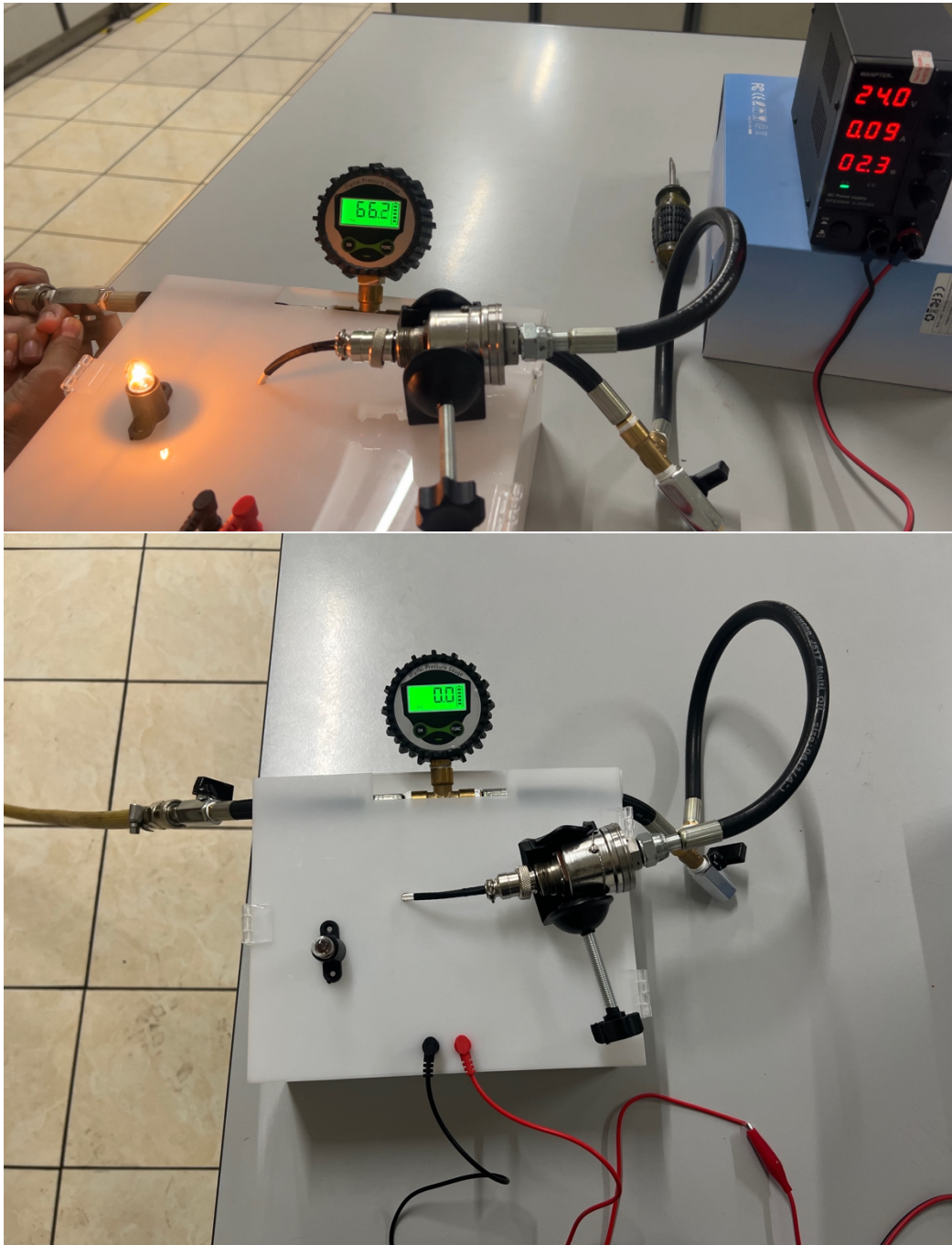
Lampiran I. Gambar Teknik Isometri



Lampiran J. Gambar Teknik Ukuran *Bench Test*



Lampiran K. Pengujian Alat *Bench Test*



PROSEDUR PENGGUNAAN ALAT BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING PRESSURE SWITCH

SAFETY PRECAUTIONS:

1. Hindari kontak langsung dengan sumber tegangan. Tegangan yang tinggi dapat menyebabkan cedera yang serius.
2. Selalu berhati-hati dalam penggunaan.

PERALATAN YANG DIPERLUKAN:

1. Kompresor dengan tekanan minimal 70 PSI.
2. Lampu Indikator 28V DC.
3. DC Power Supply 28V DC.

PROSEDUR PENGETESAN TERHADAP PRESSURE SWITCH

1. Pastikan terlebih dahulu bahwa semua katup *ball valve* dalam posisi tertutup.
2. Pasang selang kompresor yang telah terpasang dari sumber ke *input pressure* dan pasang selang kompresor menuju *pressure switch*. Pastikan semua selang kompresor terpasang dengan baik.
3. Sambungkan konektor pada *pressure switch* dengan nomor 1 sebagai patokan.
4. Pasang selang kompresor yang menuju ke *input pressure* dan selang yang menuju ke *pressure switch*.
5. Letakkan *pressure switch* yang telah terpasang selang dan *socket connector* pada *clamp* yang tersedia.
6. Hubungkan kabel dari *power supply* ke alat. Pastikan kabel terpasang dengan baik. Kabel positif berwarna merah dan kabel negatif berwarna hitam.
7. Sebelum *power supply* dihubungkan untuk pengetesan *pressure switch*, periksa dan pastikan kembali sambungan dari *power supply*.
8. Nyalakan *power supply* dan atur tegangan sebesar 28V DC.

9. Buka katup *input* secara perlahan, lampu akan menyala ketika *pressure* mencapai 65 PSI dengan toleransi ± 3 PSI.

Note: Jika lampu tidak menyala, maka komponen *pressure switch* dapat dinyatakan sudah tidak layak dipakai.

10. Tutup *input* katup *pressure* secara perlahan, matikan *power supply*.
11. Lepaskan kabel *power supply*. Terlebih dahulu lepaskan kabel negatif lalu diikuti oleh kabel positif.
12. Lepaskan *connector pin socket* dari *pressure switch* secara perlahan agar menghindari terjadinya kebengkokan pada *pin pressure switch*.
13. Lepaskan selang kompresor yang terhubung pada *pressure switch*.
14. Pastikan bahwa semua komponen pengetesan telah terlepas dan tidak terhubung ke alat *bench test*.
15. Simpan kembali alat *bench test* yang telah digunakan.

Mengetahui,


ASIA CARGO AIRLINES
Rahmat Budianto

LEMBAR VALIDASI AHLI UJI ALAT BENCH TEST
"MODIFIKASI ALAT BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING
PRESSURE SWITCH DENGAN PRESSURE 65 PSI PADA PESAWAT BEOING 737-
300 DI ASIA CARGO AIRLINES"

A. Identitas

Nama : Abdul Muttholib
 Profesi : Manager Technics
 Instansi : Asia Cargo Airlines

B. Pengantar

Lembar penilaian ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi mengenai kualitas alat *bench test inlet cowl anti-icing pressure switch* di Asia Cargo Airlines.

C. Petunjuk Pengisian

- Berilah tanda *check* (✓) pada alternatif jawaban yang telah disediakan.
- Jawaban yang diberikan berupa skor dengan kriteria penilaian sebagai berikut:
 4 = Sangat Setuju
 3 = Setuju
 2 = Tidak Setuju
 1 = Sangat Tidak Setuju
- Komentar atau saran perbaikan mohon ditulis pada kolom yang telah disediakan
- Kesimpulan akhir berupa kriteria kelayakan dari perancangan *Bench Test Pressure Switch*.

D. Item Pertanyaan

No.	Aspek Penilaian				
	A. Aspek Fungsionalitas	SS	S	TS	STS
1.	Alat dapat menghasilkan tekanan 65 PSI secara stabil dan terkontrol	✓			
2.	Alat dapat mengaktifkan <i>pressure switch</i> sesuai fungsi normal	✓			
3.	Sistem <i>indicator</i> bekerja secara tepat saat tekanan tercapai	✓			
Komentar : Secara umum, alat sudah bekerja sesuai dengan tujuan. Sistem pengaturannya tekanan 65 PSI berjalan baik dan indikator dapat bekerja dengan baik.					
	B. Aspek Keselamatan Kerja	SS	S	TS	STS
4.	Alat ini aman digunakan dan melindungi pengguna dari risiko sengatan listrik		✓		
5.	Konstruksi alat tidak menimbulkan risiko bahaya saat digunakan		✓		
Komentar : Kabel sudah diberi pelindung dan tidak ada bagian yang terbuka. Desain casing alat juga memberikan mengurangi risiko terkena tersengat listrik.					

No.	Aspek Penilaian				
	C. Aspek Efisiensi dan Operasional	SS	S	TS	STS
6.	Alat dapat digunakan oleh satu teknisi tanpa bantuan tambahan	✓			
7.	Alat mempercepat proses <i>functional check</i> dibanding metode sebelumnya		✓		
8.	Komponen alat mudah dibawa untuk pemeliharaan	✓			
Komentar : Dibanding metode <i>jump start</i> biasa, alat ini jauh lebih efisien dan cepat. Satu orang cukup untuk melakukan test tanpa bantuan tambahan.					
	D. Aspek Kelayakan Umum	SS	S	TS	STS
9.	Alat ini layak digunakan dalam prosedur perawatan pesawat Boeing 737-300	✓			
10.	Saya merekomendasikan alat ini untuk digunakan saat <i>maintenance</i> pesawat		✓		
Komentar : Alat ini sangat cocok digunakan untuk mendukung proses <i>maintenance</i> harian. Sederhana, praktis dan mudah dibawa oleh teknisi.					

E. Saran Umum

Kawat bisa, Sediakan petunjuk teknis petunjuk penggunaan alat (manual kawat), agar teknisi baru bisa langsung memahami dan menggunakannya.

F. Kesimpulan

Media ini dinyatakan :

1. Layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

*) Lingkari salah satu

Jakarta, 24 juli 2025
Validator

 **ASIA CARGO AIRLINES**

(Abdul Muttholib)



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
BADAN LAYANAN UMUM
POLITEKNIK PENERBANGAN INDONESIA CURUG

JL. RAYA PLP CURUG
TANGERANG 15820

Telp. (021) 598-2203 04 05
Fax. (021) 598-2234

email : ppi@ppicurug.ac.id
website : www.ppicurug.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI UJI ALAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Abdul Muttholib
Jabatan : Manager Technics
Perusahaan : Asia Cargo Airlines

Menyatakan bahwa hasil uji alat penelitian Tugas Akhir atas nama:

Nama : Ghafira Rosallie Salsabiela Setiawan
NIT : 16022130034
Judul Tugas Akhir : "Modifikasi Alat Bench Test Inlet Cowl Thermal Anti-Icing Pressure Switch Dengan Pressure 65 PSI Pada Pesawat Boeing 737-300 di Asia Cargo Airlines"

Setelah pelaksanaan uji alat pada tanggal 23 Juli 2025 pukul 14.00 s.d 20.00 WIB di Asia Cargo Airlines. Dengan pernyataan sebagai berikut:

1. Alat dapat bekerja dengan baik
2. Kemampuan alat dapat mencapai requirement pengujian (65 ± 3 PSI)
3. Persiapan dan pengetesan tidak membutuhkan waktu lama (10 menit)

Jakarta, 24 juli 2025

Engineering

 **ASIA CARGO AIRLINES**

(Abdul Muttholib)

LEMBAR VALIDASI AHLI UJI ALAT BENCH TEST
“MODIFIKASI ALAT BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING
PRESSURE SWITCH DENGAN PRESSURE 65 PSI PADA PESAWAT BEOING 737-
300 DI ASIA CARGO AIRLINES”

A. Identitas

Nama : Rahmat Budianto
 Profesi : Engineering
 Instansi : Asia Cargo Airlines

B. Pengantar

Lembar penilaian ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi mengenai kualitas alat bench test inlet cowl anti-icing pressure switch di Asia Cargo Airlines.

C. Petunjuk Pengisian

1. Berilah tanda *check* (✓) pada alternatif jawaban yang telah disediakan.
2. Jawaban yang diberikan berupa skor dengan kriteria penilaian sebagai berikut:
 4 = Sangat Setuju
 3 = Setuju
 2 = Tidak Setuju
 1 = Sangat Tidak Setuju
3. Komentar atau saran perbaikan mohon ditulis pada kolom yang telah disediakan
4. Kesimpulan akhir berupa kriteria kelayakan dari perancangan *Bench Test Pressure Switch*.

D. Item Pertanyaan

No.	Aspek Penilaian	SS	S	TS	STS
A. Aspek Fungsionalitas					
1.	Alat dapat menghasilkan tekanan 65 PSI secara stabil dan terkontrol	✓			
2.	Alat dapat mengaktifkan pressure switch sesuai fungsi normal	✓			
3.	Sistem indicator bekerja secara tepat saat tekanan tercapai		✓		
Komentar : Fungsi utama alat sudah sesuai. Indikator digital sangat membantu untuk membaca tekanan secara langsung.					
B. Aspek Keselamatan Kerja					
4.	Alat ini aman digunakan dan melindungi pengguna dari risiko sengatan listrik		✓		
5.	Konstruksi alat tidak menimbulkan risiko bahaya saat digunakan		✓		
Komentar : Alat cukup aman, terutama karena tidak ada kabel terbuka. Finishing bisa sedikit dirapikan agar tampak lebih rapi					

No.	Aspek Penilaian				
	C. Aspek Efisiensi dan Operasional	SS	S	TS	STS
6.	Alat dapat digunakan oleh satu teknisi tanpa bantuan tambahan	✓			
7.	Alat mempercepat proses <i>functional check</i> dibanding metode sebelumnya		✓		
8.	Komponen alat mudah dibawa untuk pemeliharaan	✓			
Komentar : <i>fungsional alat oleh satu orang teknisi membuat pekerjaan lebih cepat selesai. ukurannya juga cukup ringkas</i>					
	D. Aspek Kelayakan Umum	SS	S	TS	STS
9.	Alat ini layak digunakan dalam prosedur perawatan pesawat Boeing 737-300		✓		
10.	Saya merekomendasikan alat ini untuk digunakan saat maintenance pesawat		✓		
Komentar : <i>alat digunakan untuk kebutuhan functional check, bisa digunakan oleh teknisi baru</i>					

E. Saran Umum

Pertahankan kesederhanaan alat ini. Kalau bisa dibuat juga dengan case tertutup supaya lebih aman.

F. Kesimpulan

Media ini dinyatakan :

1. Layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

*) Lingkari salah satu

Jakarta, 24 juli 2025
Validator


ASIA CARGO AIRLINES
(Rahmat Budianto)



KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
BADAN LAYANAN UMUM
POLITEKNIK PENERBANGAN INDONESIA CURUG

JL. RAYA PLP CURUG
TANGERANG 15820

Telp. (021) 598-2203/04/05
Fax. (021) 598-2234

email : ppi@ppicurug.ac.id
website : www.ppicurug.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI UJI ALAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmat Budianto
Jabatan : Engineering
Perusahaan : Asia Cargo Airlines

Menyatakan bahwa hasil Uji alat penelitian Tugas Akhir atas nama:

Nama : Ghefira Rosallie Salsabiela Setiawan
NIT : 16022130034
Judul Tugas Akhir : "Modifikasi Alat Bench Test Inlet Cowl Thermal
Anti-Icing Pressure Switch Dengan Pressure 65
PSI Pada Pesawat Boeing 737-300 di Asia Cargo
Airlines"

Setelah pelaksanaan uji alat pada tanggal 23 Juli 2025 pukul 14.00 s.d 20.00 WIB di
Asia Cargo Airlines. Dengan pernyataan sebagai berikut:

1. Alat dapat bekerja dengan baik
2. Kemampuan alat dapat mencapai requirement pengujian (65 $\pm$ 3 PSI)
3. Persiapan dan pengetesan tidak membutuhkan waktu lama (10 menit)

Jakarta, 24 juli 2025

Engineering


ASIA CARGO AIRLINES
Rahmat Budianto

LEMBAR VALIDASI AHLI UJI ALAT BENCH TEST
"MODIFIKASI ALAT BENCH TEST INLET COWL THERMAL ANTI-ICING
PRESSURE SWITCH DENGAN PRESSURE 65 PSI PADA PESAWAT BEOING 737-
300 DI ASIA CARGO AIRLINES"

A. Identitas

Nama : Dicky Tarwin
 Profesi : Avionics Engineer
 Instansi : Asia Cargo Airlines

B. Pengantar

Lembar penilaian ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi mengenai kualitas alat *bench test inlet cowl anti-icing pressure switch* di Asia Cargo Airlines.

C. Petunjuk Pengisian

5. Berilah tanda *check* (✓) pada alternatif jawaban yang telah disediakan.
6. Jawaban yang diberikan berupa skor dengan kriteria penilaian sebagai berikut:
 4 = Sangat Setuju
 3 = Setuju
 2 = Tidak Setuju
 1 = Sangat Tidak Setuju
7. Komentar atau saran perbaikan mohon ditulis pada kolom yang telah disediakan
8. Kesimpulan akhir berupa kriteria kelayakan dari perancangan *Bench Test Pressure Switch*.

D. Item Pertanyaan

No.	Aspek Penilaian				
E. Aspek Fungsionalitas		SS	S	TS	STS
1.	Alat dapat menghasilkan tekanan 65 PSI secara stabil dan terkontrol	✓			
2.	Alat dapat mengaktifkan <i>pressure switch</i> sesuai fungsi normal	✓			
3.	Sistem <i>indicator</i> bekerja secara tepat saat tekanan tercapai	✓			
Komentar : Alat sudah bisa menjalankan fungsinya untuk men-trigger <i>pressure switch</i> . digital gauge membantu pembacaan meter alat di uji di waktu dengan perencanaan terbalas					
No.	F. Aspek Keselamatan Kerja	SS	S	TS	STS
4.	Alat ini aman digunakan dan melindungi pengguna dari risiko sengatan listrik	✓			
5.	Konstruksi alat tidak menimbulkan risiko bahaya saat digunakan	✓			
Komentar : posisi kabel sudah tertata, namun akan lebih aman lagi jika ada pengaman atau kait karet pada bawah alat agar tidak mudah bergeser saat dipakai					

No.	Aspek Penilaian				
	G. Aspek Efisiensi dan Operasional	SS	S	TS	STS
6.	Alat dapat digunakan oleh satu teknisi tanpa bantuan tambahan	✓			
7.	Alat mempercepat proses <i>functional check</i> dibanding metode sebelumnya	✓			
8.	Komponen alat mudah dibawa untuk pemeliharaan	✓			
Komentar : dengan desain yang sederhana, teknisi bisa langsung mengerti cara penggunanya. pengujian jadi lebih cepat.					
	H. Aspek Kelayakan Umum	SS	S	TS	STS
9.	Alat ini layak digunakan dalam prosedur perawatan pesawat Boeing 737-300		✓		
10.	Saya merekomendasikan alat ini untuk digunakan saat <i>maintenance</i> pesawat		✓		
Komentar : Untuk kebutuhan <i>Internal maintenance</i> , alat ini cukup mungil, terutama saat tidak terdapat test kit dari pabrikan					

E. Saran Umum

Prosa tambahkan tempat kecil untuk menyimpan kabel atau binding agar lebih praktis saat dipindahkan

F. Kesimpulan

Media ini dinyatakan :

1. Layak digunakan
2. Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

*) Lingkari salah satu

Jakarta, 24 juli 2025
Validator



(Dicky Tarwin)



**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
BADAN LAYANAN UMUM
POLITEKNIK PENERBANGAN INDONESIA CURUG**

Jl. RAYA PLP CURUG
TANGERANG 15820

Telp. (021) 598-2203 04 05
Fax. (021) 598-2234

email : ppi@ppicurug.ac.id
website : www.ppicurug.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI UJI ALAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dicky Tarwin
Jabatan : Avionics Engineer
Perusahaan : Asia Cargo Airlines

Menyatakan bahwa hasil uji alat penelitian Tugas Akhir atas nama:

Nama : Ghafira Rosallie Salsabiela Setiawan
NIT : 16022130034
Judul Tugas Akhir : "Modifikasi Alat Bench Test Inlet Cowl Thermal Anti-Icing Pressure Switch Dengan Pressure 65 PSI Pada Pesawat Boeing 737-300 di Asia Cargo Airlines"

Setelah pelaksanaan uji alat pada tanggal 23 Juli 2025 pukul 14.00 s.d 20.00 WIB di Asia Cargo Airlines. Dengan pernyataan sebagai berikut:

1. Alat dapat bekerja dengan baik
2. Kemampuan alat dapat mencapai requirement pengujian (65 ± 3 PSI)
3. Persiapan dan pengetesan tidak membutuhkan waktu lama (10 menit)

Jakarta, 24 juli 2025
Avionics Engineer

(Dicky Tarwin)

PERHITUNGAN SKOR VALIDASI AHLI

1. Perhitungan Skor Validasi *Engineering*

No.	Aspek Penelitian	
Aspek Fungsionalitas		
1.	Alat dapat menghasilkan tekanan 65 PSI secara stabil dan terkontrol	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
2.	Alat dapat mengaktifkan <i>pressure switch</i> sesuai fungsi normal	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
3.	Sistem indikator bekerja secara tepat	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
JUMLAH : (100% + 100% + 80%) : 3 = 93,3%		
Aspek Keselamatan Kerja		
4.	Alat aman digunakan dan melindungi pengguna dari risiko sengatan listrik	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
5.	Konstruksi alat tidak menimbulkan risiko bahasa saat digunakan	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
JUMLAH : (80% + 80%) : 2 = 80%		
Aspek Efisiensi dan Operasional		
6.	Alat dapat digunakan oleh satu teknisi tanpa bantuan tambahan	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
7.	Alat mempercepat proses <i>functional check</i> dibandingkan metode sebelumnya	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
8.	Komponen alat mudah dibawa untuk pemeliharaan	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
JUMLAH : (100% + 80% + 100%) : 3 = 93,3%		
Aspek Kelayakan Umum		
9.	Alat ini layak digunakan dalam prosedur perawatan pesawat Boeing 737-300	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
10.	Saya merekomendasikan alat ini untuk digunakan saat <i>maintenance</i> pesawat	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
JUMLAH : (80% + 80%) : 2 = 80%		
TOTAL SKOR: (93,3% + 80% + 93,3% + 80%) : 4 = 86,65 %		

2. Perhitungan Skor Validasi *Manager Technics*

No.	Aspek Penelitian	
Aspek Fungsionalitas		
1.	Alat dapat menghasilkan tekanan 65 PSI secara stabil dan terkontrol	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
2.	Alat dapat mengaktifkan <i>pressure switch</i> sesuai fungsi normal	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
3.	Sistem indikator bekerja secara tepat	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
JUMLAH : (100% + 100% + 100%) : 3 = 100%		

No.	Aspek Penelitian	
Aspek Keselamatan Kerja		
4.	Alat aman digunakan dan melindungi pengguna dari risiko sengatan listrik	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
5.	Konstruksi alat tidak menimbulkan risiko bahasa saat digunakan	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
JUMLAH : (80% + 80%) : 2 = 80%		
Aspek Efisiensi dan Operasional		
6.	Alat dapat digunakan oleh satu teknisi tanpa bantuan tambahan	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
7.	Alat mempercepat proses <i>functional check</i> dibandingkan metode sebelumnya	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
8.	Komponen alat mudah dibawa untuk pemeliharaan	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
JUMLAH : (100% + 80% + 100%) : 3 = 93,3%		
Aspek Kelayakan Umum		
9.	Alat ini layak digunakan dalam prosedur perawatan pesawat Boeing 737-300	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
10.	Saya merekomendasikan alat ini untuk digunakan saat <i>maintenance</i> pesawat	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
JUMLAH : (100% + 80%) : 2 = 90%		
TOTAL SKOR: (100% + 80% + 93,3% + 90%) : 4 = 90,825 %		

3. Perhitungan Skor Validasi *Avionics Engineer*

No.	Aspek Penelitian	
Aspek Fungsionalitas		
1.	Alat dapat menghasilkan tekanan 65 PSI secara stabil dan terkontrol	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
2.	Alat dapat mengaktifkan <i>pressure switch</i> sesuai fungsi normal	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
3.	Sistem indikator bekerja secara tepat	$\frac{5}{5} \times 100\% = 80\%$
JUMLAH : (100% + 100% + 100%) : 3 = 100%		
Aspek Keselamatan Kerja		
4.	Alat aman digunakan dan melindungi pengguna dari risiko sengatan listrik	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
5.	Konstruksi alat tidak menimbulkan risiko bahasa saat digunakan	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
JUMLAH : (100% + 100%) : 2 = 100%		
Aspek Efisiensi dan Operasional		
6.	Alat dapat digunakan oleh satu teknisi tanpa bantuan tambahan	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
7.	Alat mempercepat proses <i>functional check</i> dibandingkan metode sebelumnya	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$
8.	Komponen alat mudah dibawa untuk pemeliharaan	$\frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$

No.	Aspek Penelitian	
JUMLAH : (100% + 100% + 100%) : 3 = 100%		
Aspek Kelayakan Umum		
9.	Alat ini layak digunakan dalam prosedur perawatan pesawat Boeing 737-300	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
10.	Saya merekomendasikan alat ini untuk digunakan saat <i>maintenance</i> pesawat	$\frac{4}{5} \times 100\% = 80\%$
JUMLAH : (80% + 80%) : 2 = 80%		
TOTAL SKOR: (100% + 100% + 100% + 80%) : 4 = 95 %		

Nilai total skor dari seluruh validator =

$$(86,65\% + 90,825\% + 95\%) : 3 = \underline{90,825\%}$$

Lampiran O. Diskusi Parameter Rancangan



RIWAYAT HIDUP



GHEFIRA ROSALLIE SALSABIELA SETIAWAN, lahir di Tangerang pada tanggal 20 Januari 2003, anak pertama dari pasangan Bapak Iwan Setiawan dan Ibu Imas Nurhayati. Lulus Sekolah Dasar pada tahun 2015 di SDN Periuk 06, kemudian melanjutkan Pendidikan Menengah Pertama di SMPN 12 Kota Tangerang hingga lulus pada tahun 2018. Lulus Sekolah Menengah Atas pada tahun 2021 di SMAN 11 Kabupaten Tangerang. Pada tahun 2021 mulai mengikuti pendidikan sebagai Taruna

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug – Tangerang pada Program Studi Diploma IV Teknik Pesawat Udara Angkatan ke-16 Bravo. Selama pendidikannya, penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan, termasuk pelatihan *Jungle and Sea Survival* yang dibina oleh Polisi Udara. Penulis juga mendapatkan kesempatan untuk menjabat sebagai anggota Resimen Koprs Taruna pada tahun 2023. Pada tahun 2024 penulis melaksanakan OJT (*On the Job Training*) di Batam Aero Technic dan PT. Mulya Sejahtera Technology Bandung.