

## Electrical Wing Prototype Anti Icing pada Pesawat Komersil

Elfitra Desifatma\*<sup>1</sup>, Muhammad Irwan<sup>2</sup>, Iftitah Rahmi Kadir<sup>3</sup>, Prihandhanu Mukti Pratomo<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Avionika, Fakultas Teknik, Universitas Nurtanio, Bandung, Indonesia

<sup>4</sup>Fisika, Fakultas MIPA, ITB, Bandung, Indonesia

e-mail: \*[elfitra10@gmail.com](mailto:elfitra10@gmail.com), [muhammadirwan997@gmail.com](mailto:muhammadirwan997@gmail.com), [iftitahkadir@gmail.com](mailto:iftitahkadir@gmail.com),

[Pmukti.pratomo@gmail.com](mailto:Pmukti.pratomo@gmail.com)

### Abstract

*The accumulation of ice on the aircraft's wings can cause a decrease in the aerodynamic properties of the aircraft, increase in weight, and it is difficult to control the aircraft so that it affects aircraft safety. Icing handling on aircraft is growing. One of the newest systems being developed is electrical anti-icing. Therefore, the researcher designed a prototype of an anti-icing electrical wing on a commercial aircraft with advantages in terms of maintenance and lighter components. The purpose of making this prototype is to design an anti-icing electrical wing in the form of a prototype and can be used as an anti-icing. The prototype consists of three parts, namely input, control unit, and heating element. The heating element working system is by attaching the heating element to the surface of the wing, so when the tool is active through the controls, the heating element will work with an indication of the LED on. After testing the Prototype electrical anti-icing function that has been made, it can be used as a de-icing that removes icing that has already frozen on the leading edge.*

**Keywords :** *anti icing, Control unit, De-Icing Boot, heating element*

### PENDAHULUAN

*Icing* merupakan pembentukan formasi es selama penerbangan pesawat melewati awan yang berupa tetesan air yang sangat dingin selama *ground operation* dalam kondisi *visibility* yang rendah dan suhu udara mendekati titik beku. Bagian pada pesawat yang paling rentan terjadinya *icing* adalah *wing* pesawat. Penumpukan es pada sayap pesawat ini dapat menyebabkan penurunan sifat aerodinamis

pesawat, penambahan berat, dan sulit mengendalikan atau memaanuver pesawat sehingga berpengaruh pada tingkat keselamatan pesawat. Pembekuan dalam penerbangan untuk pesawat merupakan perhatian besar bagi semua yang terlibat dalam operasi pesawat. Umumnya, pemanas listrik telah digunakan untuk mencegah terjadinya *icing* dalam penerbangan (Morita *et al.*, 2020) Secara umum, fenomena *icing* sangat bergantung pada banyak faktor. Diantara ada tiga faktor, yaitu kadar air cair (Liquid Water Content, LWC), suhu lingkungan, dan ukuran tetesan, dianggap penting untuk memprediksi *icing*. Di sini, LWC mewakili jumlah air yang terkondensasi per unit volume, sedangkan diameter volumetrik sedang (MVD) mewakili ukuran tetesan yang khas. Suhu lingkungan mempengaruhi karakteristik es. Dengan demikian, lapisan es terbentuk di bawah kondisi suhu lingkungan yang relatif tinggi dan rendah (Uranai *et al.*, 2020).

De-icing pesawat selama *ground operation* sangat penting untuk memaksimalkan keamanan teknis, tetapi juga merupakan tantangan besar bagi orang yang melakukannya (Landau *et al.*, 2017). Selama musim dingin, pesawat di darat terkena kontaminasi akibat cuaca dingin dan keras. Bentuk-bentuk kontaminasi ini, seperti embun beku, salju, hujan beku, dan lain-lain yang mempengaruhi aerodinamis kinerja kendaraan udara dan dapat menyebabkan situasi berbahaya. Untuk mengatasi masalah tersebut, *ground de-icing* dan cairan *anti-icing* digunakan untuk membersihkan pesawat dari kontaminasi yang terkumpul dan melindunginya dari pengendapan yang berkelanjutan sebelum dan selama prosedur lepas landas (Villeneuve *et al.*, 2019). Uji *anti-*

*icing* dilakukan dengan menggunakan terowongan angin *icing* untuk melihat berapa banyak es yang terkumpul di permukaan dalam kondisi dinamis (Sarshar *et al.*, 2018). Kemampuan *de-icing* dari sistem udara hangat diselidiki untuk tipikal bagian ujung bilah rotor. Perbandingan dengan sistem *anti-icing* kontinyu yang biasanya digunakan menunjukkan sistem *de-icing* menawarkan pengurangan yang luar biasa dari konsumsi energi yang diperlukan untuk operasi sistem pencegahan es (Battisti *et al.*, 2006)

Kebutuhan yang luas mengenai penelitian dan pengembangan teknik baru mengenai penghilangan es konduktor transmisi diamati dengan metode yang ada saat ini, sangat tidak dapat diandalkan karena berisiko tidak hanya terhadap stabilitas sistem tenaga tetapi juga kehidupan orang dan operasi dalam muatan pesawat (Verma *et al.*, 2018). Untuk menanggulangi masalah ini digunakan *De-Icing Boot* yang terdiri dari lapisan karet tebal yang terpasang di *leading edge wing*. Saat terjadi penumpukan es, system *pneumatic* mengembangkan *boot* dengan udara terkompresi. Perubahan ukuran *boot* dapat memecahkan es apapun yang menumpuk dan kemudian es tertiuip angin. Setelah itu, *boot* dikempiskan untuk mengembalikan permukaan *wing* kebentuk optimalnya. *De-Icing Boot* ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya *boot* perlu secara berkala diganti dua sampai tiga tahun, membutuhkan perawatan yang intensif, dan lubang pada *boot* dapat membuat kebocoran udara yang menurunkan efektivitas *boot de-icing* ini sehingga diperlukan kehati-hatian dalam pemeriksaan sebelum penerbangan. Pada tingkatan yang sangat parah penggunaan *boot* saja tidak cukup karena es dapat menumpuk lebih cepat atau bahkan menumpuk pada permukaan *non-boot* sehingga mengganggu aliran udara yang berakhir pada gaya angkat (Francis, & Eranga, 2014).

Laboratorium Internasional Bahan Anti-icing (AMIL) telah menguji *anti-icing/ de-icing* SAE AMS1424 dan AMS1428 selama lebih dari 30 tahun. Dengan diperkenalkannya lapisan permukaan baru dan penyelidikannya sebagai sistem perlindungan es pasif yang potensial, atau untuk penggunaan hibrida dengan metode lain, hal yang sangat penting adalah memahami interaksinya dengan *anti-*

*icing/ de-icing* di permukaan tanah sebelum aplikasi di pesawat (Villeneuve *et al.*, 2019). Sistem termal *pneumatic* juga digunakan untuk mencegah pembentukna es atau untuk *de-icing leading edge airfoil*. system ini digunakan pada *wing, leading edge slot, stabilisator horizontal and vertical, inlet* pada mesin, dan lain-lain. Sistem ini memanfaatkan udara panas yang disalurkan pada sepanjang bagian dalam *leading edge airfoild* dan didistribusikan disekitar permukaan dalamnya. Ada beberapa sumber udara panas, yaitu udara panas yang diambil dari kompresor turbin, penukar panas mesin (*engine exhaust heat exchangers*), dan udara luar yang diambil dan dipanaskan oleh pemanas pembakaran (Ramdhani, 2012).

Penanganan *Icing* pada pesawat semakin berkembang. Salah satu sistem terbaru yang dikembangkan adalah *electrical anti-icing*. Sistem ini menggunakan pemanas yang besumber dari arus listrik sehingga dapat melelehkan es untuk kemudian dibuang oleh aliran pesawat terbang. Perkembangan sistem ini sangat bermanfaat dalam dunia penerbangan, oleh karena itu peneliti merancang suatu *prototype* dari alat *electrical wing anti icing* pada pesawat komersil dengan kelebihan dalam segi *maintenance* dan koponen yang lebih ringan.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu alat *electrical wing anti icing* berupa *prototype* dan dapat digunakan sebagai *anti icing maupun de-icing*.

## METODE PENELITIAN

### Prinsip Kerja

Perakitan *prototype electrical wing anti-icing* terdiri dari tiga bagian yang digambarkan melalui diagram yang dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram *prototype electrical wing anti icing* pada Pesawat Komersil

Berdasarkan bagan pada Gambar 1. dapat diketahui bahwa pembuatan *prototype electrical wing anti-icing* ini terdiri dari *input*, *control unit*, dan *heating element*. *Prototype* menggunakan *input* tegangan 220V AC dan 12V DC yang merupakan tegangan rumah yang bertujuan untuk memudahkan pengoperasian.

Bagian kedua dari *prototype* berupa *control unit* sebagai pusat pengendalian sistem pada *prototype electrical wing anti icing* pesawat. Bagian terakhir adalah *heating element* yang berperan sebagai komponen utama yang berfungsi untuk memanaskan permukaan *wing*. Sistem kerja *heating element* ini adalah dengan cara menempelkan *heating element* pada permukaan *wing*, maka ketika alat aktif melalui kontrol, *heating element* akan bekerja dengan indikasi LED yang menyala.

*Control unit* dapat bekerja jika tegangan yang dibutuhkan sudah terhubung (220V AC). Pada bagian *control unit* ini terdapat kontrol yang mengatur pengaktifan dan sistem *automatic wing anti icing*. Indikator aktif dan tidak aktifnya terdapat pada lampu LED. Terdapat tombol *switch* dimana jika ditekan tombol ON maka LED akan menyala yang mengindikasikan tegangan mengalir dan *heater* aktif memanaskan *wing*. Jika *switch* mengarah ke *mode* AUTO maka tegangan masuk pada IC LM 339 dan ULN2003 akan keluar melalui pin 3 yang kemudian menggerakkan *relay* dan menarik kontraktor sehingga alat ini langsung bekerja. Prinsip kerja dari IC ULN2003 ini yaitu bila diberi tegangan inputan pada IC ULN2003 sebesar 3,3 Volt maka pada bagian *output* IC ULN2003 akan terhubung ke tegangan (Ramdhani, 2012). Saat alat bekerja maka *heater element* yang ditempelkan pada media konduktor mulai bekerja memanaskan *wing*. *Prototype* ini juga menggunakan IC LM339 sebagai IC komparator (pembanding) untuk mengatur simulasi perubahan suhu. Perubahan suhu di *ground* tidak terlalu signifikan sehingga peneliti menggunakan simulasi perubahan suhu dengan menggunakan tegangan yang diatur menggunakan variabel resistor. Ada beberapa jenis *variabel resistor* seperti *trimmer* potensiometer (*trimpot*), *slide* potensiometer (*slidepot*) dan *rotary* potensiometer (*potensio*) (Daryanto, 2010).

### Alat dan Bahan

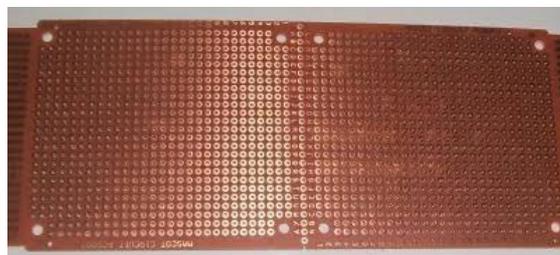
Komponen yang digunakan pada pembuatan *prototipe electrical wing anti-icing* pada pesawat komersil dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Daftar Komponen yang Di Gunakan

No.	Nama Komponen	Jenis	Jumlah
1	Resistor	$10K\Omega \pm 5\% \frac{1}{2} W$	1
		$5K\Omega \pm 5\% \frac{1}{2} W$	1
2	Resistor Variabel	50K $\Omega$	1
3	LED	Kuning	1
4	Relay	12V DC 10A	2
5	Switch	Rotary SW	1
6	IC	Lm 339	1
		UN 2003	1
7	Heating Element	10 watt	1

### Langkah Kerja

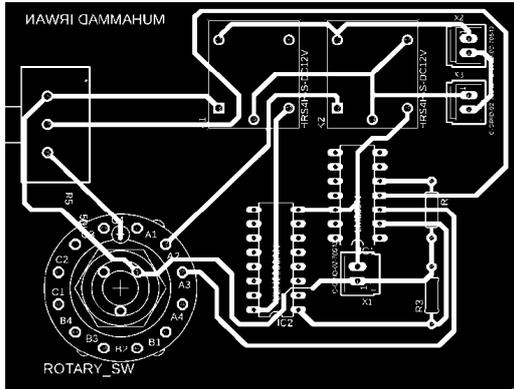
1. Pembuatan Rangkaian Menggunakan PCB *Dot Matrix*  
Printed Circuit Board (PCB) merupakan papan yang digunakan untuk mendukung semua komponen-komponen elektronika yang berada di atasnya. PCB dapat dilihat pada Gambar 2.



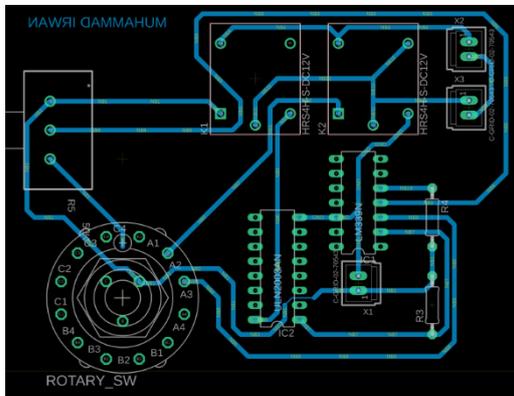
Gambar 2 PCB *Dot Matrix*

PCB *Dot Matrix* memiliki lapisan konduktor yang terbuat dari tembaga dan berfungsi untuk menghubungkan antara satu komponen dengan komponen lainnya dengan cara disolder.

2. *Layout* Rangkaian Tampak Atas dan Bawah  
 Layout Rangkaian Tampak Atas dan Bawah dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



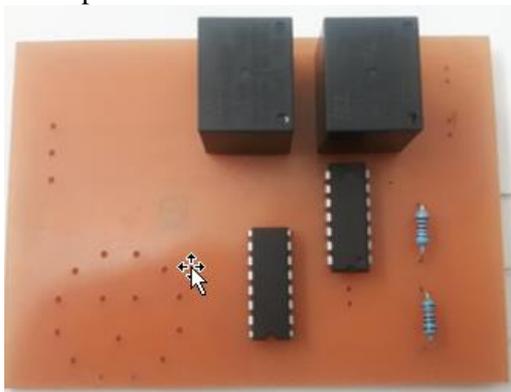
Gambar 3 Tampak Atas Layout Rangkaian



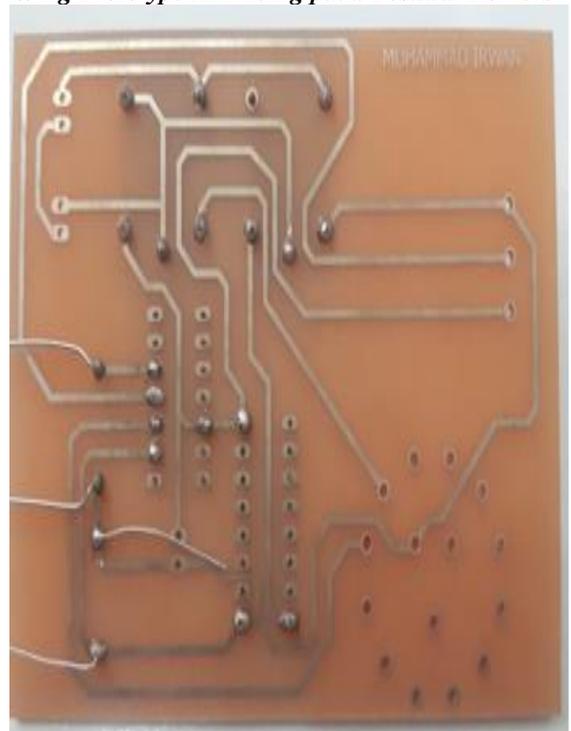
Gambar 4 Tampak Atas Layout Rangkaian

*Layout* tampak atas dan bawah rangkaian *prototype electrical wing anti icing* pada pesawat komersil menggunakan aplikasi Eagle 9.5.1.

3. Pemasangan Komponen  
 Pemasangan komponen pada PCB dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



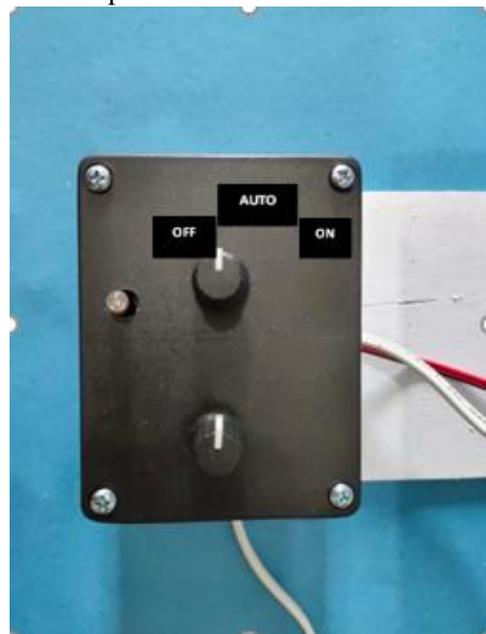
Gambar 5 Pemasangan Komponen pada PCB



Gambar 6 Penyolderan Komponen pada PCB

Setelah pemasangan komponen, selanjutnya dilakukan tahap penyolderan komponen pada papan PCB.

4. Pengemasan dan Peletakan Masing-Masing Bagian
  - a. Kotak Indikator dan Kontrol  
 Rangkaian komponen dilengkapi dengan kotak indikator dan kontrol yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Kotak Pengemasan Peneliti menggunakan kotak sebagai

penempatan komponen seperti Gambar 7. Kotak tersebut memiliki ukuran panjang, lebar, dan tinggi masing-masing 10cm, 10 cm, dan 5 cm.

b. Media Kontrol Wing

Pada *prototype* digunakan suatu media kontrol *wing* seperti pada Gambar 8.

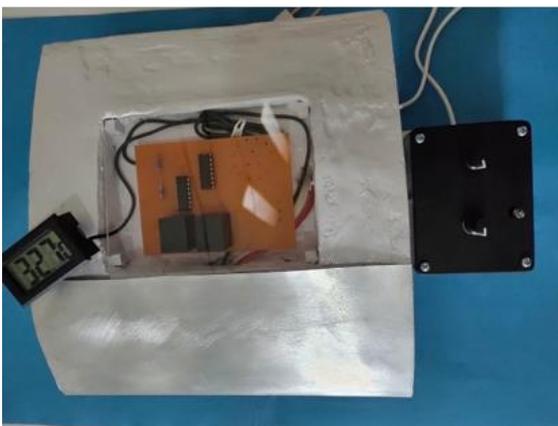


Gambar 8 Media Kontrol

Media konduktor yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari aluminium untuk meletakkan elemen pemanas dengan ukuran panjang, lebar, dan tebal masing-masing 22cm, 4cm, dan 5mm.

c. Hasil Pengemasan

Hasil pengemasan *prototipe electrical wing anti icing* pada pesawat komersil dan komponen penunjangnya semua komponen dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9 Simulasi *Prototype Electrical Wing Anti Icing*



Gambar 10 Rangkaian *Prototype Electrical Wing Anti Icing* dan Komponen Penunjangnya Pengemasan dibuat agar alat terlihat rapi dan leih gampang dalam pengoperasiannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

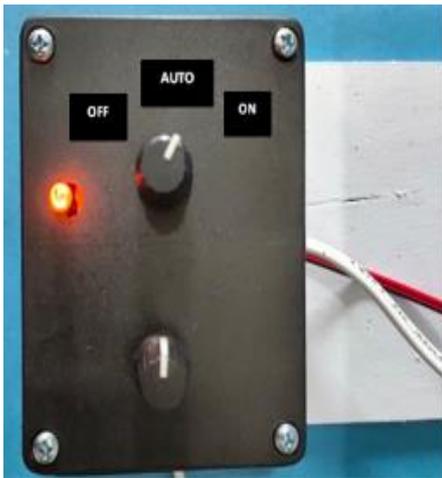
### Uji Fungsi *Prototype Electrical Wing Anti-Icing* pada Pesawat Komersil

Pengetesan alat sangat penting untuk dilakukan untuk melihat apakah komponen-komponen dan peralatan yang dirakit sudah sesuai dengan yang diharapkan atau masih perlu perbaikan. Pengetesan alat dilakukan pada suhu luar ruangan, yaitu sekitar 31,3 °C (Gambar 11).



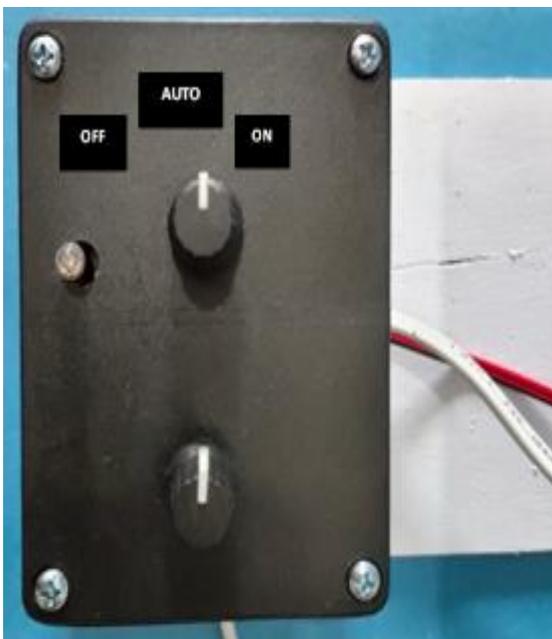
Gambar 11 Suhu Luar Ruangan

Setelah menetapkan suhu luar ruangan, alat dihubungkan pada sumber listrik rumah tangga dengan tegangan 220V AC seperti yang dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Sistem dalam Posisi ON (Indikator LED Menyala)

Setelah alat dihubungkan dengan sumber tegangan, kemudian posisikan *switch* pada posisi ON. Jika alat bekerja dengan baik maka saat ON lampu indikator LED akan menyala yang mengindikasikan alat dalam posisi *heater* sedang bekerja dan *thermometer* menunjukkan kenaikan suhu pada *heater* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 12. *Switch* juga dapat diarahkan pada posisi AUTO seperti yang terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Sistem dalam Posisi ON (Indikator LED Menyala)

Pada posisi AUTO maka LED akan mati secara otomatis yang mengindikasikan bahwa alat ini tidak sedang bekerja karena suhu perlahan turun. Setelah *switch* simulasi perubahan suhu

*Electrical Wing Prototype Anti Icing pada Pesawat Komersil* dialihkan ke 12V DC, maka secara otomatis elemen pemanas bekerja memanaskan permukaan *wing* dan secara bersamaan LED menyala. Jika *switch* simulasi perubahan suhu beralih ke tegangan 6V DC, maka secara otomatis alat tidak bekerja memanaskan permukaan *wing* dan secara bersamaan LED akan mati. Jika arus listrik terputus, maka LED juga akan mati.

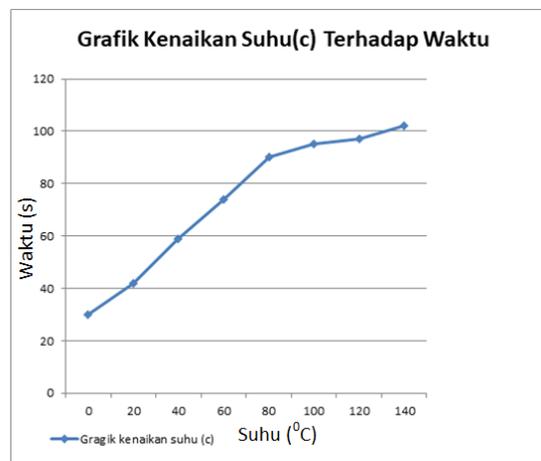
### Hasil Uji Fungsi

Setelah dilakukan Uji fungsi, didapatkan hasil uji fungsi yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Peningkatan Suhu Terhadap Waktu

Waktu (s)	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Suhu ( $^{\circ}\text{F}$ )
0	30	86
20	42	107,6
40	59	138,2
60	74	165,2
80	90	194
100	95	203
120	97	206,6
140	102	215,6

Jika dibuat dalam bentuk grafik, maka didapatkan bentuk grafik pada Gambar 14.



Gambar 15 Grafik Kenaikan Suhu Terhadap Waktu

### Pembahasan

Prinsip kerja pada alat *prototype electrical wing anti icing* ini adalah dengan memanaskan sebuah elemen pemanas yang ditempelkan langsung pada permukaan konduktor *leading edge* pada *wing* pesawat, sistem ini dikontrol secara manual dan otomatis oleh sebuah IC LM339 yang berfungsi membandingkan tegangan yang bekerja pada

alat ini. Alat ini akan menghubungkan atau memutus arus listrik ke elemen pemanas ketika dua tegangan yang memasuki LM339 terdapat perbedaan sebagai simulasi perubahan suhu, dengan nyala dan matinya LED sebagai indikator. Alat ini masih menggunakan rangkaian analog.

Pada uji fungsi yang menggunakan beberapa tegangan untuk meningkatkan suhu pada *heater element*, dapat dilihat dari Tabel 2 dan Grafik 1 bahwa suhu terus naik seiring dengan waktu. Hal ini membuktikan bahwa *prototype* ini dapat berfungsi dengan baik sebagai alat *anti-icing* pada *wing* pesawat komersil. *Heater element* dapat memecah es yang menumpuk pada *wing* pesawat komersil.

Pada saat dilakukan pengetesan dengan keadaan suhu ruangan 31,3°C, peneliti mengamati kenaikan suhu pada saat alat ini baru bekerja dengan menggunakan termometer yang ditempel di elemen pemanas sehingga dapat mengetahui jumlah kenaikan suhu yang terjadi pada saat alat bekerja dari awal dinyalakan sampai alat mati secara otomatis. Hasil kenaikan suhu dari sistem ON atau normal sampai dengan batas waktu yang telah diatur adalah 30°C - 100°C dan rata-rata kenaikan suhu per 20 seconds adalah 10°C. Suhu ruangan berpengaruh dalam proses pemanasan dari *heater element* tersebut.

*Electrical wing anti icing* pada pesawat komersil memiliki *input power*, *wing ice protection controller*, *heating element*, dan *data networ* menggunakan tegangan 235V AC untuk *heater power*, dan 28V DC *control power supply*. Perbandingan dengan *prototype electrical wing anti icing* pada pesawat komersil dibuat dengan bagian-bagian yang terdiri dari *Input*, *Control unit*, dan *Heating Element* menggunakan tegangan 220V AC untuk heater, dan tegangan 12V DC *control unit*.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan uji fungsi *prototype electrical anti-icing* dapat dimanfaatkan sebagai *de-icing* yang menghilangkan *icing* yang sudah terlanjur membeku pada *leading edge*. Pada *prototype* ini digunakan *switch* yang dapat mengatur mode MANUAL dan AUTO dengan menggunakan energi listrik yang

dihubungkan ke *heater element* sebagai sumber panas. Mode AUTO digunakan untuk meningkatkan efektivitas kerja *heater* karena hanya aktif saat diperlukan saja. Tegangan *input* yang digunakan pada *prototype* ini 220V AC yang bertujuan mempermudah simulasi karena sama dengan tegangan rumah tangga.

Pada *prototype* ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk pengembangan selanjutnya disarankan untuk membuat alat dengan menggunakan perubahan suhu yang *real* dan menggunakan *thermostat* sebagai sensor suhu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Battisti, L., Baggio, P., & Fedrizzi, R., (2006). Warm-Air Intermittent De-Icing System for Wind Turbines. *SAGE Journals*, doi.org/10.1260/030952406779502713.
- Daryanto. (2010). Keterampilan Kejuruan Teknik Elektronika. Satu Nusa: Bandung. *Journal of Software*, 6(11 SPEC. ISSUE), 2114–2120. doi:10.4304/jsw.6.11.2114-2120
- Francis, K., & Eranga. (2014). *Anti-Icing & De-Icing System*. Emirates Aviation University
- Landau, K., Nadeau, S., Floch, T. L., & Morency, F. (2017). Ergonomic Time and Motion of Aircraft De-icing Work. *Journal of Ergonomics*, 7(04), doi: 10.4172/2165-7556.1000204
- Morita, K., Kimura, S., & Sakaue, H. (2020). Hybrid System Combining Ice-Phobic Coating and Electrothermal Heating for Wing Ice Protection. *Aerospace*, 7(8), 102, doi.org/10.3390/aerospace7080102
- Ramdhani, I. (2012). *Aplikasi Driver Relay ULN2003 Sebagai Penggerak Konveyor pada Otomatis Pengelompokan Buku Menggunakan Inisialisasi Barcode*. Polsri.
- Sarshar, M. A., Song, D., Swartz, C., Lee, J., & Choi, C. H. (2018). Anti-Icing or De-Icing: Icephobicities of Superhydrophobic Surface with Hierarchical Structures. *ACS Publications*, 2018, 34, 46, 13821–13827, doi.org/10.1021/acs.langmuir.8b02231.
- Uranai, S., Fukudome, K., Mamori, H., Fukushima, N & Yamamoto, M. (2020). Numerical Simulation of the Anti-Icing Performance of Electric Heaters for Icing on the NACA 0012 Airfoil. *Aerospace*,

- 7(9),123,  
doi.org/10.3390/aerospace7090123.
- Villeneuve, E., Brassard, J. D., & Volat, C. (2019). Effect of Various Surface Coatings on De-Icing/Anti-Icing Fluids Aerodynamic and Endurance Time Performances. *Aerospace*, 6(10), 114; doi.org/10.3390/aerospace6100114, (9 October 2019)
- Electrical Wing Prototype Anti Icing pada Pesawat Komersil*  
Verma, P. S., Raj, B. S. S., Sainath, S., & Rao, F. (2018). A Review on Current Methods of De-Icing and an Idea for Designing an Autonomous Robot for De-Icing. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(1.8) page 182-187.