

Merancang Prototype Sistem Anti Icing Pada Leading Edge Wing Airfoil Clark Y Berbasis Arduino

Nurwijayanti KN¹, Rifqi Herlambang²

^{1,2}Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma
Jl. Protokol Halim Perdanakusuma, Komplek Bandara Halim P, Jakarta 13610
Email: nurwijayanti_kn@yahoo.com¹, rifqiherlambang8@gmail.com²

ABSTRAK

Pesawat udara beroperasi dengan berbagai kondisi, diantaranya pada ketinggian terbang dan temperatur udara yang bervariasi. Variasi ketinggian dan temperatur ini mengakibatkan adanya temperatur rendah bahkan dapat mencapai minus ($^{\circ}\text{C}$). Hal ini dapat mengakibatkan timbulnya kristal-kristal es pada permukaan pesawat dan sistem pesawat dapat mengganggu performa terbang. Oleh karena itu diperlukan sistem Anti icing untuk melindungi komponen dalam sistem pesawat. Anti icing adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mencegah sebelum terjadinya kristal-kristal es. Maka dibuatlah rancangan hardware dan software untuk sebuah rancangan electrical anti icing pada Air Foil Clark Y Berbasis Arduino, lalu diuji dengan beberapa test case secara bervariasi, hasil pengujian measurement ampere dilakukan sebanyak 5 kali, yang dimana pengujiannya dimulai dari suhu 9°C sampai 5°C dan rata-rata nilai arus yang diperoleh sebesar 16,85 Ampere, lamanya waktu pada saat penurunan suhu stabil selama 3 detik, selama pengujian diperoleh tegangan sebesar 10,4 volt.

Kata Kunci : Pesawat udara, Temperature, Arduino, Performa, Anti Icing, Air Foil Clark Y.

ABSTRACT

Aircrafts fly in various condition, as well as changing in temperature and altitude, causing extra low temperature reaching up to minus or below zero degree centigrade ($^{\circ}\text{C}$), cruising in this condition aircraft experience icing, a condition where ice crystal grow on the surface of the aircraft skin. This condition affects aircraft flying performance, an anti icing system is required to protect aircraft's component. It is a system that functions to prevent the forming of ice crystals, thus a design of hardware and software is made for anti icing electrical design on Air Foil Clark Y based on arduino, then being tested in several cases variously, ampere measurement test is conducted five times, with starting temperature from 9°C up to 5°C and achieved average current is 16.85A, duration of stable temperature decreasing is 3 seconds, resulted voltage of 10.4 volt during the test.

Keyword: Aircraft, Temperature, Arduino, Performa, Anti Icing, Air Foil Clark Y.

1. PENDAHULUAN

Pesawat udara beroperasi dengan berbagai kondisi, diantaranya pada ketinggian terbang dan temperatur udara yang bervariasi. Variasi ketinggian dan temperatur ini mengakibatkan adanya temperatur rendah bahkan mencapai minus $^{\circ}\text{C}$. Hal ini dapat mengakibatkan

timbulnya kristal-kristal es pada permukaan pesawat dan sistem pesawat yang dapat mengganggu performa terbang. Oleh karena itu diperlukan sistem *Anti icing* untuk melindungi komponen dan sistem pesawat. *Anti icing* adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mencegah sebelum terjadinya kristal-kristal es. Umumnya kristal-kristal es terjadi pada bagian depan sayap (*leading edge wing*). Wing adalah bagian dari pesawat yang

menghasilkan sebuah gaya angkat pada pesawat terbang. Apabila es terbentuk pada bagian tersebut, maka dapat merubah bentuk dari wing yang dapat mengakibatkan perubahan gaya angkat, sehingga performa pesawat menjadi terganggu. Oleh karena itu system *anti icing* yang di gunakan harus memiliki tingkat kehandalan yang baik.

Hujan, salju dan es adalah masalah sejak lama dalam transportasi penerbangan. Penerbangan sangat memperhatikan pengaruh dan masalah yang berhubungan dengan es. Di bawah beberapa kondisi atmosfer es dapat menciptakan pembekuan pada *airfoil* dan *air inlet*. Jika terdapat kelembapan di udara, dapat membentuk es pada permukaan pesawat di ketinggian dimana temperature memulai beku. Tetesan air di udara mengalami pendinginan hingga di bawah titik beku tanpa benar-benar berubah menjadi es sehingga pesawat dapat mengalami kegagalan beberapa sistem. Kejadian ini biasa disebabkan karena suhu yang semakin menurun menyebabkan air tersebut bisa membeku. Kondisi ini biasa menyerang bagian-bagian depan struktur pesawat khususnya bagian sayap (*leading edge*) dan bila tidak di hentikan dapat menyebar keseluruh permukaan pesawat.

2. LANDASAN TEORI

Wing anti icing

Beberapa cara untuk mencegah atau mengendalikan pembentukan es yang digunakan di dalam pesawat terbang pada saat ini:

1. Pemanasan permukaan dengan udara panas
2. Pemanasan dengan elemen listrik
3. Mencegah gumpalan es yang terbentuk, dengan menggunakan coil sebagai bahan pemanas di tepi sayap
4. Aplikasi Mikrokontroler.

Peralatan dirancang untuk memiliki sistem *deicing* atau *anti icing*. Peralatan

anti icing dihidupkan sebelum memasuki kondisi *icing* dan dirancang untuk mencegah terbentuknya es. Suatu permukaan dapat di cegah dari pembekuan dengan menjaganya agar tetap kering, dengan pemanasan sampai suhu yang menguapkan air atau dengan pemanasan permukaan yang cukup untuk mencegah pembekuan, mempertahankannya agar tetap basah. Peralatan *deicing* dirancang untuk menghilangkan es sesudah pembekuan mulai terakumulasi pada *leading edge* sayap dan *stabilizer*. Es dapat dikendalikan pada struktur pesawat



Gambar 1. Wing

Thermo Electric (peltier)

Pendingin *Thermo-Electric* (TEC), juga sering disebut pendingin Peltier atau pompa panas solid-state yang memanfaatkan efek Peltier. Saat TEC / Peltier dilewati arus maka alat ini akan memindahkan panas dari satu sisi ke sisi lain, biasanya menghasilkan perbedaan panas sekitar 40°C - 70°C.

Prinsip pendinginan *Thermo-Electric* ini ditemukan pertama kali pada tahun 1834 oleh Jean Peltier, sehingga hasil penemuannya ini sering disebut "Pendingin Peltier". Ketika dua konduktor dihubungkan kontak listrik, elektron akan mengalir dari satu konduktor yang mempunyai elektron kurang terikat ke konduktor yang mempunyai elektron yang lebih terikat. Bahan semikonduktor *Thermo-Electric* yang paling sering digunakan saat ini adalah *Bismuth Telluride* (Bi₂Te₃). *Thermo-Electric* dibangun oleh dua buah semikonduktor yang berbeda, satu tipe N dan yang lainnya tipe P. Sebuah *Thermo-*

Electric akan menghasilkan perbedaan suhu maksimal 70°C antara sisi panas dan dinginnya.

Apabila *Thermo-Electric* semakin panas maka akan semakin kurang efisiensinya. *Thermo-Electric* mempunyai efisiensi sekitar 10% - 15%, sementara efisiensi model konvensional antara 40% - 60%.

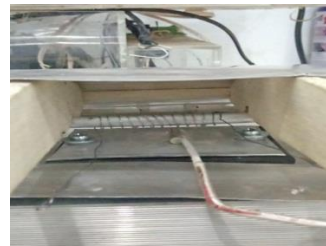
Pendingin *Thermo-Electric* (TEC), juga sering disebut pendingin Peltier atau pompa panas solid-state yang memanfaatkan efek Peltier untuk memindahkan panas. Saat TEC / Peltier dilewati arus maka alat ini akan memindahkan panas dari satu sisi ke sisi lain, biasanya menghasilkan perbedaan panas sekitar 40°C- 70°C dalam perangkat yang *high-end* dapat digunakan untuk mentransfer panas dari satu tempat ke tempat yang lain.



Gambar 2. Thermo Electric (Peltier)

Coil

Suatu mesin dapat hidup salah satu syaratnya adalah adanya panas pada mesin yang dihasilkan [percikan bunga api](#). Dan untuk mengatur percikan bunga api tersebut di gunakanlah sistem pengapian. Beberapa jenis sistem pengapian antara lain adalah dengan [koil](#) pengapian (ignition coil). Dalam hal ini diperlukan [koil](#) pengapian yang nantinya dapat meneruskan pembakaran dari pembakaran motor ke busi pengapian, melalui kabel tegangan tinggi. Fungsi dari [koil pengapian](#) tersebut adalah untuk merubah tegangan rendah listrik yaitu 12 volt menjadi tegangan tinggi 10.000 volt atau lebih yang dapat menghasilkan percikan bunga api pada busi.



Gambar 3. Coil

Kalor dan Perpindahannya

Temperatur merupakan derajat panas suatu benda, sedangkan panas itu sendiri adalah salah satu bentuk energi yang mengalir. Jadi bisa dikatakan definisi kalor merupakan salah satu bentuk perpindahan energi dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Terdapat suatu perbedaan antara kalor (*heat*) dan energi dalam dari suatu bahan. Kalor adalah energi yang dipindahkan akibat adanya perbedaan temperatur. Sedangkan energi dalam (*termis*) adalah energi karena temperaturnya. Bila dua benda atau lebih terjadi kontak termal maka akan terjadi aliran kalor dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah, sehingga terjadinya kesetimbangan termal. Proses perpindahan kalor ini berlangsung dalam 3 mekanisme, yaitu : konduksi, konveksi, dan radiasi.

Cara paling sederhana dalam membedakan benda berdasarkan derajat panasnya adalah melalui pengindraan dengan sentuhan. Bila benda A saat disentuh terasa lebih panas dari benda B, dan benda B terasa lebih panas dari pada benda C, maka dapat disimpulkan bahwa diantara ketiga benda itu, benda A yang memiliki temperatur paling tinggi dan benda C bertemperatur paling rendah. Dalam hal ini, konsep temperaturnya berasal dari pengindraan. Bila dicontohkan pada benda lain, ternyata pengindraan bisa jadi keliru menilai temperatur. Oleh karena itu, diperlukan alat ukur yang dapat digunakan untuk mengukur temperatur dan menyatakan hasilnya dalam bentuk angka. Alat ini dikenal sebagai termometer.

Temperatur dapat dinyatakan sebagai kemampuan benda dalam memberi atau menerima panas. Bila suatu benda dipanaskan maka gerakan-gerakan molekulnya semakin kuat, sehingga kandungan energi kinetiknya bertambah. Dengan demikian temperatur dari benda itu akan naik. Menurut hukum termodinamika, panas adalah energi total dari gerakan-gerakan molekul suatu benda. Makin kuat gerakan molekul-molekul didalamnya, makin tinggi panas benda itu. Maka didapat perbedaan panas-dingin suatu benda, tingkat panas-dingin suatu benda merupakan permulaan faham temperatur. Dapat diketahui juga bahwa pengindraan, dalam hal ini indra peraba, tidak dapat diandalkan untuk pengukuran yang teliti. Karena itu temperatur diukur dengan termometer, tidak oleh perasaan lagi.

Peroses pengukuran temperatur tidak terlepas dari landasan hukum termodinamika. Untuk mengukur temperatur, maka diperlukan suatu sensor temperatur. Ada banyak sensor temperatur, dan masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Sensor yang lazim dihunakan dalam laboratorium riset adalah termokopel, RTD, termistor (NTC dan PTC) dan sensor temperatur dalam bentuk rangkaian terpadu (*integrated circuit*, IC).

Konduksi

Proses transfer energi yang paling jelas berkaitan dengan perbedaan suhu adalah konduksi termal. Dalam proses ini, transfer dapat diwakili pada skala atom sebagai pertukaran energi kinetik antara mikroskopis partikel – molekul, atom, dan elektron. Partikel yang energinya rendah dapat meningkat dengan menumbuk partikel dengan energi yang lebih tinggi.

Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi adalah perpindahan kalor karena berpindahannya partikel-partikel atau materi zat itu sendiri. Contoh jika materi zat itu zat cair atau gas yang berpindah adalah zat

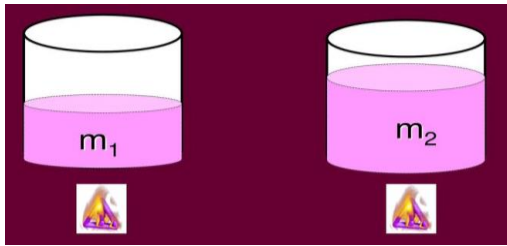
cair atau gas itu sendiri. Tidak seperti perpindahan kalor pada konduksi, dimana zat itu tidak berpindah. Besarnya kalor yang dialirkan tergantung pada luas permukaan (A), jenis fluida (h), dan perbedaan suhu (ΔT). Pada perpindahan kalor secara konveksi ini memiliki 2 jenis aliran kalor, yaitu aliran yang terjadi secara alami dan aliran yang dipaksakan.

Radiasi

Radiasi adalah perpindahan energi kalor dalam bentuk gelombang elektromagnetik dimana cara perambatannya tidak memerlukan medium seperti cara perambatan secara konduksi dan konveksi. Semua benda terus-menerus memancarkan energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh getaran termal dari molekul. Sebuah benda dapat memancarkan (meradiasikan) energi atau kalor dalam bentuk gelombang-gelombang elektromagnetik dengan berbagai panjang gelombang atau frekuensi walaupun benda tersebut memancarkan cahaya atau tidak. Bila pancaran tersebut mengenai permukaan benda maka ada sebagian pula terdapat energi pancaran yang di teruskan memalui benda. Permukaan benda yang hitam sempurna merupakan permukaan yang sifatnya memancarkan atau menyerap radiasi sangat sempurna.

Hubungan Kalor dan Kenaikan Suhu

Banyaknya kalor (Q) yang diperlukan untuk menaikkan suhu dengan massa benda (M) pada gambar diatas yaitu semakin besar massa benda (M) semakin banyak kalor (Q) yang dibutuhkan untuk menaikkan suhunya.



Gambar 4. Hubungan Antara Massa Benda Dengan Kalor Pada Kenaikan Suhu

Kapasitas Es °C ditunjukkan dengan :

$$Q = M.c.\Delta T$$

dengan definisi :

Q = Perubahan Energi Panas (Joule)

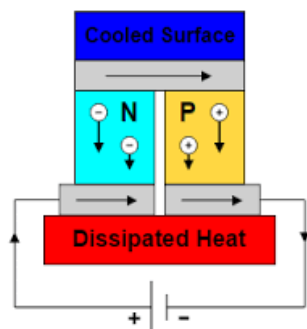
M= Massa dari Molekul (Kg)

c = Kapasitas Panas (J.Kg⁻¹.C⁻¹)

ΔT= Perubahan Suhu (°C)

Efek Peltier

Efek Peltier adalah kebalikan dari efek *Seebeck* dimana arus listrik akan menghasilkan perbedaan temperatur (panas dan dingin) pada *junction* dari dua material logam yang berbeda. Ditemukan pada tahun 1834 oleh fisikawan Perancis, Jean Charles Peltier Athanase berdasarkan inspirasi dari penemuan efek *Seebeck*. Ia mengalirkan arus listrik melalui rangkaian dua logam yang tidak sejenis dan mendapati penurunan temperatur pada salah satu *junction* sementara pada ujung yang lain mengalami peningkatan temperatur.



Gambar 5. Skema Efek Peltier

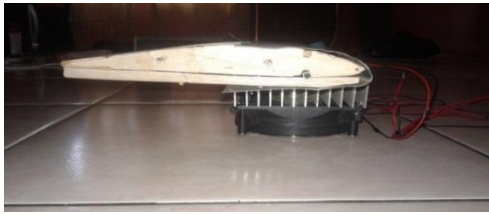
Ketika arus listrik mengalir melalui *junction* dari dua material logam yang berbeda A dan B, panas akan dipindahkan dari sisi dingin dan diserap pada sisi es. Ia mengalirkan arus listrik melalui rangkaian dua logam yang tidak sejenis dan mendapati penurunan temperatur pada salah satu *junction* sementara pada ujung yang lain mengalami peningkatan temperatur.

3. PERANCANGAN ALAT

Pada perancangan alat ini adalah dengan membuat rancangan *electrical anti icing* pada *airfoil clark y* berbasis arduino, agar pada saat pesawat berada di atas ketinggian 10.000 *feet (pressure rise)* dan mencapai temperature rendah (-°C) sehingga mengakibatkan timbulnya kristal-kristal es pada permukaan pesawat dan sistem pesawat akan mengakibatkan terganggunya performa pesawat pada saat terbang.

Oleh karena itu, rancangan *electrical anti icing* ini dibuat untuk melindungi komponen pada sistem pesawat, agar tidak terjadinya sebuah pembekuan pada komponen sistem pesawat tersebut akibat berada di ketinggian yang memiliki temperature rendah dan mencegah agar tidak terjadi timbulnya kristal-kristal es pada komponen sistem pesawat tersebut.

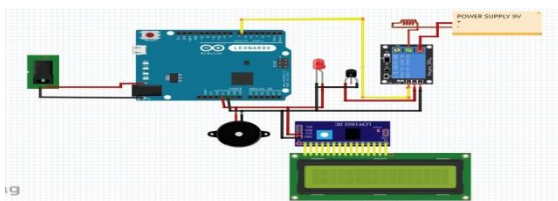
Pada saat arduino telah mendapatkan power dari power supply, pada saat bersamaan komponen lain seperti sensor LM35, relay, dan LCD mendapatkan power sebesar 5v dc dari arduino, ketika sensor suhu membaca suhu (<9°C sampai dengan < 5°C) akan memberikan input data kepada arduino, lalu arduino memberikan data ke relay untuk memanaskan coil. Coil mulai melakukan proses pemanasan. Apabila suhu yang terbaca oleh sensor sudah melebihi batas yang sudah ditentukan relay 1 dan beralih ke relay 2 untuk mengaktifkan ke sistem coil *deicing* .



Gambar 6. Tampak Samping *Prototype Anti Icing Pada Air Foil Clark Y Berbasis Arduino*



Gambar 7. Tampak Atas *Prototype Anti Icing Pada Air Foil Clark Y Berbasis Arduino*



Gambar 8. Wiring Diagram Alat Keseluruhan

4. PENGUJIAN ALAT

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian suhu. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur suhu dengan menggunakan Sensor Suhu LM 35 yang berfungsi untuk mengukur dan mengetahui suhu pada alat.

Di dalam mikrokontroler Arduino Uno terdapat suatu rangkaian regulator 7805 yang berfungsi mengubah tegangan >7.5 Volt DC sampai dengan 20 Volt memberikan daya kesemua komponen yang saling berintegrasi untuk operasional sistem secara keseluruhan.

Masukkan input nilai sudut pada keypad. Keypad akan memberikan data kepada mikrokontroler. Mikrokontroler Arduino akan mengendalikan servo sesuai dengan inputan yang diberikan. Padasaat yang bersamaan, Sensor *suhu* akan mendeteksi suhu, Kemudian data yang didapat selanjutnya diolah oleh mikrokontroler. Adapun nilai output pada sensor suhu LM 35 berupa nilai sudut dan menampilkannya pada LCD.

Pengujian kalibrasi sensor suhu LM 35 dengan sensor thermometer digital

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan sensor suhu LM 35 dengan sensor suhu digital, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui selisih suhu menggunakan sensor LM 35 dengan sensor suhu digital yang digunakan.

Tabel 1. Pengujian Hasil Kalibrasi Sensor LM 35 Dengan Thermometer Digital

No.	Suhu LM 35 (°C)	Suhu thermometer digital (°C)	Error (%)
1	9,3	9,3	0
2	8,5	8,6	1,1
3	7,2	7,5	4
4	6,0	6,2	3,2
5	5,9	6,0	1,6

Berdasarkan pengujian suhu yang diuji berasal objek *Peltier* bahwa nilai error yang dihasilkan mengalami kenaikan dan turunan. Nilai error tertinggi yaitu 4 % didapat pada suhu 7,5⁰C dengan menggunakan thermometer digital serta 7,2⁰C menggunakan sensor suhu LM 35.

Pengujian Measurement Ampere dan tegangan menggunakan thermodigital

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai arus listrik dan tegangan listrik menggunakan thermodigital, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Measurement Ampere Dan Tegangan Menggunakan Thermodigital

SUHU YANG DIUJI (°C)	LAMANYA WAKTU PADA SAAT PENURUNAN SUHU (s)	NILAI ARUS YANG DIPEROLEH (mA)	NILAI TEGANGAN YANG DIPEROLEH (V)
9	4	0.84	3
8	3	0.85	2,8
7	4	0.85	2,6
6	4	0.86	2,4
5	5	0.86	2,2
Rata-Rata	4	0,85	2,6

Pengujian measurement ampere melakukan therrmodigital dilakukan sebanyak 5 kali, yang dimana pengujiannya dimulai dari suhu 9°C sampai dengan 5°C, pada saat suhu 9°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 0,86 mA dan 3 Volt, pada saat suhu 8°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 0.86 mA dan 2,8 Volt, pada saat suhu 7°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 0,85 mA dan 2,6 Volt, pada saat suhu 6°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 0,85 mA dan 2,4 Volt, pada saat suhu 5°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 0,84 mA dan 2,2 Volt serta nilai rata-rata arus dan tegangan yang diperoleh sebesar 0,85 mA dan 2,6 Volt.

Pengujian Measurement Ampere dan tegangan menggunakan sensor suhu LM35

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai arus listrik dan tegangan listrik menggunakan

thermodigital, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Measurement Ampere Menggunakan Sensor Suhu LM35

SUHU YANG DIUJI (°C)	LAMANYA WAKTU PADA SAAT PENURUNAN SUHU detik (s)	NILAI ARUS YANG DIPEROLEH (mA)	NILAI TEGANGAN YANG DIPEROLEH (V)
9	5	8,08	4,98
8	9	8,06	4,95
7	10	8,04	4,91
6	17	8,02	4,86
5	20	8	4,80
Rata-Rata	12,2	8,04	4,9

Pengujian measurement ampere menggunakan sensor suhu LM 35 dilakukan sebanyak 5 kali, yang dimana pengujiannya dimulai dari suhu 9°C sampai dengan 5°C, pada saat suhu 9°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 8,08 mA dan 4,98 Volt, pada saat suhu 8°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 8,06 mA dan 4,95 Volt, pada saat suhu 7°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 8,04 mA dan 4,91 Volt, pada saat suhu 6°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 8,02 mA dan 4,86 Volt, pada saat suhu 5°C nilai arus dan tegangan yang telah diperoleh sebesar 8 mA dan 4,80 Volt serta nilai rata-rata arus dan tegangan yang diperoleh sebesar 8,04 mA dan 4,9 Volt.

HASIL PERHITUNGAN NILAI KALOR YANG DITERIMA ZAT ES PADAPERUBAHAN SUHU MURNI (ΔT)

$$Q = M . C . \Delta T$$

$$Q = 920 . 2.100 . 10$$

$$= 1932. 10^4 \text{ Joule/Kg}^\circ C$$

Keterangan :

- Q = Kalor Yang Diterima Oleh Suatu Zat
- M = Massa Jenis Es (920 kg/m³)
- C = Kalor Jenis Es (2.100 Joule/kg)

$$\begin{aligned} \Delta T &= \text{Perubahan Suhu Murni (Suhu} \\ &\text{Ruangan - Suhu Pada Ketinggian} \\ &\text{10.000 Feet)} \\ &= (25^{\circ}\text{C} - 8,90^{\circ}\text{C}) \\ &= 15,1^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil Nilai Kalor Yang Diterima Zat Es Pada Perubahan Suhu Yang Diuji (Calculate)

Percobaan	$\Delta T = (T \text{ Murni} - T \text{ Yang Diuji})$	Nilai Kalor Yang Diterima
1.	$15,1^{\circ}\text{C} - 9^{\circ}\text{C} = 6,1^{\circ}\text{C}$	$11.785,2 \cdot 10^3$ Joule/Kg $^{\circ}\text{C}$
2.	$15,1^{\circ}\text{C} - 8^{\circ}\text{C} = 7,1^{\circ}\text{C}$	$13.717,2 \cdot 10^3$ Joule/Kg $^{\circ}\text{C}$
3.	$15,1^{\circ}\text{C} - 7^{\circ}\text{C} = 8,1^{\circ}\text{C}$	$15.649,2 \cdot 10^3$ Joule/Kg $^{\circ}\text{C}$
4.	$15,1^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C} = 9,1^{\circ}\text{C}$	$17.581,2 \cdot 10^3$ Joule/Kg $^{\circ}\text{C}$
5.	$15,1^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = 10,1^{\circ}\text{C}$	$19.513,2$ $\cdot 10^3$ Joule/Kg $^{\circ}\text{C}$

Berdasarkan penghitungan rumus kalor yang telah dihitung, pada saat suhu 9°C menghasilkan nilai kalor sebesar 11.785,2.10³Joule/Kg^oC, saat suhu 8°C menghasilkan nilai kalor sebesar 13.717,2.10³Joule/Kg^oC, saat suhu 7°C menghasilkan nilai kalor sebesar 15.649,2.10³Joule/Kg^oC, saat suhu 6°C menghasilkan nilai kalor sebesar 17.581,2.10³Joule/Kg^oC dan pada saat suhu 5°C menghasilkan nilai kalor sebesar 19.513,2.10³Joule/Kg^oC.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian suhu yang diuji berasal objek *Peltier* bahwa nilai error yang dihasilkan mengalami kenaikan dan turunan. Nilai error tertinggi yaitu 4 % didapat pada suhu 7,5^oC dengan menggunakan thermometer digital serta 7,2^oC menggunakan sensor suhu LM 35.

Pengujian measurement ampere menggunakan therrmodigital, pengujiannya dimulai dari suhu 9°C sampai dengan 5°C dan nilai rata-rata lamanya waktu pada saat penurunan suhu, arus dan tegangan yang diperoleh sebesar 4 sekon, 0,85 mA dan 2,6 Volt. Untuk

pengujian measurement ampere menggunakan sensor suhu LM 35 dilakukan sebanyak 5 kali, dengan suhu 9°C sampai dengan 5°C dan nilai rata-rata lamanya waktu pada saat penurunan suhu, arus dan tegangan yang diperoleh sebesar 12,2 sekon, 8,04 mA dan 4,9 Volt.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.D. Jr. 2001 *Fundamental Of Aerodynamics* (3rd ed). New York: Mc Graw-Hill.
- J.B. Huang. 2010. *Study of Control Effects of Vortex Generators on a Supercritical Wing*. Science China Technological Sciences (2010).
- Jebakumar, S.K. 2009. *Aircraft Performance Improvements-A Practical Approach* Centre For Military Airworthiness and Certification (2009), Bangaluru.
- Kartika R.W., Sutardi 2015. *Studi Numerik Tentang Pengendalian Aliran Sekunder Pada Airfoil Nasa Ls-0417 Dengan Vortex Generator Di Dekat End Wall* Master Tesis Jurusan Teknik Mesin, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Mc Ghee, J. Robert all. 1973. *Low Speed Aerodynamic Characteristics Of a 17 Percent Thick Airfoil Section Designed For General Aviation Applications*.