

## Sistem Pendingin Menggunakan *Thermalelectric Cooler* Guna Menstabilkan Temperatur *Box Panel Kontrol Mesin Die Casting*

Wahyu Djalmono<sup>1\*</sup>, Ampala Khoryanton<sup>2</sup> dan Ikhsan Muzaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Program Studi D3 Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Sarjana Terapan TMPP, Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah

\*E-mail [djalmonopolines@gmail.com](mailto:djalmonopolines@gmail.com)

Diterima: 04-12-2019; Direvisi: 20-12-2019; Dipublikasi: 31-12-2019

### Abstrak

PT. Chemco Harapan Nusantara *plant 1* Cikarang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur *automotive brake system* dan *aluminium casting parts*. Pada proses pembuatan *casting part* diperlukan sistem pendinginan, salah satunya pada lemari *box panel kontrol mesin die casting 650T* yang berisi komponen elektrik. Latar belakang permasalahan yang ditemukan terjadi pada sistem pendingin *air conditioner (AC)* konvensional yang digunakan. Kondisi temperatur ruang panel kontrol mesin yang tinggi. Penyebab permasalahan yakni kompresor yang mengalami *overheat* karena temperatur lingkungan *factory II (casting)* yang tinggi. Dampaknya mengakibatkan berkurangnya *lifetime* hingga berujung rusaknya komponen elektrik tersebut. Solusinya adalah dengan pemanfaatan sistem pendingin *thermalelectric* yang digerakkan oleh arus DC yang masuk ke modul. Tujuan penelitian ini adalah pemanfaatan alternatif sistem pendinginan dan menguji performa sistem pendingin *thermalelectric*. Komponen utama pendingin ini meliputi kerangka pendingin, adaptor, modul *thermalelectric*, *thermostat*, *heatsink* dan *fan*. Metode penelitian ini meliputi identifikasi masalah, uji performa pada satu buah modul *thermalelectric*, pengumpulan data pengujian, dan pengolahan data. Parameter pengujian yaitu waktu pada saat pengoperasian dengan mengamati beda temperatur yang dihasilkan oleh satu buah modul *thermalelectric* pada kedua sisi modul guna mengetahui berapa arus yang masuk, panas yang diserap maupun panas yang dipindahkan pada saat pengoperasian pendingin *thermalelectric*. Hasil dari pengaplikasian pendingin panel dengan data pengujian yang telah diolah pada perhitungan performa untuk satu buah modul *thermalelectric* dalam penyerap panas yang telah dirata-rata adalah sebesar 44.89 Watt dengan beban pendinginan yang telah dikaji sebesar 1061.06 Watt. Serta arus dan tegangan pada saat pengoperasian sebesar 4.48 A dan 9.29 V.

**Kata kunci:** panel kontrol mesin; sistem pendingin; *thermalelectric*

### Abstract

PT. Chemco Harapan Nusantara *plan 1* Cikarang is a company engaged in manufacturing *automotive brake systems* and *aluminum casting parts*. a cooling system is needed in the making process of *casting parts*, one of which is in the *die casting machine 650T control panel cabinet* which contains electrical components. The founded Background problem was occurring in the conventional AC cooling system used. High engine control panel room temperature conditions. The problem caused by the overheating compressor due to the high environmental temperature of the *factory II (casting)*. The impact resulted in a reduced lifetime until the electrical components were damaged. The solution is to utilize a *thermoelectric cooling system* driven by DC current entering the module. The purpose of this study is the utilization of alternative cooling systems and test the *Thermoelectric cooling system performance*. The main components of this cooler consist of the cooling framework, Adapter, *Thermoelectric Module*, *thermostat*, *heatsink*, and *fan*. This method includes problem identification, literature study, *thermoelectric module performance test*, collecting test data, and processing data. The test parameter is operation time by observing the temperature difference produced by a *thermoelectric module* on both sides module to find out the incoming current, the heat absorbed and the heat transferred during the *thermoelectric cooler* operation. The results of the cooling panel application with test data have been processed in the performance calculation for one *thermoelectric module* in the averaged heat absorption is 44.89 Watt with the assessed cooling load at 1061.06 Watt. As well as current and voltage during the operation are 4.48 A and 9.29 V.

**Keywords:** machine control panel; cooling system; *thermalelectric*

## 1. Pendahuluan

PT. Chemco Harapan Nusantara adalah perusahaan *joint venture* antara pihak Indonesia dan Jepang yang ahli dalam membuat barang bermutu dan presisi tinggi untuk *brake system*, *aluminium casting part*, dan *casting wheel* pada kendaraan bermotor roda 2 dan 4. Metode yang digunakan pada proses *casting* yaitu *High Pressure Die Casting* (HPDC), dimana dibutuhkan tekanan yang tinggi untuk menginjeksikan aluminium cair ke dalam cetakan atau *dies* pada mesin HPDC. Guna memperlancar proses produksi, mesin dirancang secara otomatis yang dijalankan oleh program *Programmable Logic Control* (PLC) dan komponen elektrik yang terdapat pada lemari *box* panel mesin. Panel mesin HPDC yang berisi komponen elektrik tersebut membutuhkan sistem pendingin untuk mendapatkan temperatur kerja yang optimal dan menjaga komponen elektrik didalamnya agar tidak cepat rusak. Akibat *resistance* dari komponen elektrik tersebut temperatur dalam ruang lemari *box* panel menjadi tinggi, begitu juga karena dipengaruhi temperatur lingkungan sekitar departemen *casting*. Untuk mengurangi panas yang ditimbulkan oleh berlangsungnya proses produksi tersebut, maka kebutuhan sistem pendingin diperlukan, pendingin yang digunakan adalah AC panel konvensional.

Terdapat permasalahan yang terjadi pada AC panel konvensional tersebut. Masalah yang ditemukan adalah temperature yang tinggi pada box panel mesin die casting 650T, indikator temperature AC menunjukkan angka 45°C hingga 47°C. Menurut Supomo, pada kondisi normal suhu yang ada dalam box panel elektrik berkisar 33°C dengan kelembapan 60%. Efek yang ditimbulkan mengakibatkan berkurangnya lifetime dari komponen elektrik tersebut karena terlalu panas. Menurut Ahmad, dkk. [1], pada fasilitas kelistrikan, proses degradasi material dapat menyebabkan terjadinya perubahan sifat konduktor listrik. Dengan naiknya tahanan listrik, maka arus yang mengalir menjadi terhambat. Akibatnya efek Joule menghasilkan panas disipasi berlebihan. Sehingga temperatur operasi meningkat, maka umur pengoperasian suatu komponen berkurang. Penyebab dari permasalahan yakni kompresor AC konvensional yang mengalami overheat karena temperatur lingkungan departemen casting yang tinggi. Sehingga siklus kompresi uap tidak dapat bekerja untuk melakukan pendinginan pada lemari panel mesin tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bangun alternatif sistem pendinginan menggunakan sistem pendingin thermoelectric. Sistem thermoelectric ini mampu melakukan pendinginan karena tidak dipengaruhi lingkungan dan dari segi biaya juga perawatannya relatif lebih murah. Serta mengkaji performa penyerapan panas yang dihasilkan pada penggunaan satu buah modul thermoelectric guna menstabilkan temperatur panel mesin die casting.

Sebuah penelitian “Penggunaan Modul Thermoelectric sebagai Elemen Pendingin Box Cooler” [2], modul thermoelectric digunakan sebagai elemen pendingin untuk mendinginkan sebuah ruang dingin box cooler dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan dari box cooler dengan membandingkan saat diberi beban dan tanpa diberi beban serta waktu yang dibutuhkan untuk mencapai waktu stasioner. Selain itu pada penelitian lain “Method for Thermoelectric Cooler Utilization using Manufacturer’s Technical Information” [3]. Penelitian ini menjelaskan tentang penggunaan modul thermoelectric untuk mempertahankan suhu air pada 24°C dengan volume total air adalah 6,6 liter di dalam wadah. Kapasitas pendinginan diketahui dalam langkah perhitungan hingga pada hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa satu modul TEC cukup untuk sistem pendingin karena beban pendinginan 17,5W sedangkan kapasitas pendinginan 18,87W. Penerapan modul Thermoelectric telah digunakan untuk banyak aplikasi, selanjutnya dalam jurnal penelitian “Applications of Thermoelectric Energy: A Review” [4] Aplikasi energi termoelektrik dirangkum melalui penelitian ini. Konsep energi termoelektrik membuatnya unik karena konversi energi yang dapat dibalikkan, misalnya dari listrik ke termal dan sebaliknya. Energi termoelektrik memiliki beragam aplikasi dalam berbagai bidang seperti pembangkit listrik, pendingin, pendingin udara, perangkat biomedis, perangkat elektronik. Sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan, untuk aplikasi yang digunakan adalah sebagai Electronic Devices

Cooler. Aplikasi sistem pendingin untuk Electronic Devices pernah diteliti pada lemari Radio Base System (RBS) dalam jurnal “Kajian Eksperimen Sistem Pendingin Lemari Radio Base System (RBS) Kombinasi Termoelektrik dan Exhaust Fan” [5] penelitian ini telah dibuat simulasi sistem pendingin RBS menggunakan Solidwork 2009 kemudian dibandingkan dengan prototype lemari RBS dengan pemanas elektrik dan empat buah perangkat pendingin termoelektrik. Masing-masing perangkat terdiri dari 4 dan 6 modul termoelektrik dengan pendingin udara pada sisi panasnya. Dari hasil pengujian didapatkan temperatur kabin dibawah 39,11°C untuk mendinginkan beban panas maksimum 1615 W dengan pemakaian daya listrik sebesar 454 W.

Penelitian kali ini akan membahas mengenai analisis performa dari penggunaan satu buah modul sistem pendingin Thermoelectric untuk aplikasi yang digunakan sebagai Electronic Devices Cooler. Hampir sama dengan penelitian sebelumnya, untuk penggunaan modul adalah seri TEC1-12706. Pada kasus ini modul thermoelectric digunakan untuk menstabilkan temperatur dalam panel yang di dalamnya terdapat perangkat elektrik pada box atau lemari panel mesin die casting 650T. Pembahasan pada penelitian ini mencakup tentang penggunaan satu buah modul untuk mengetahui berapa performa yang dihasilkan dan hasilnya akan dijadikan patokan untuk jumlah modul yang ideal yang dibutuhkan guna proses pendinginan atau kestabilan temperatur panel mesin die casting 650T.

### 1.1 Unit Panel Kendali Mesin Die Casting

Panel kontrol dirancang dan digunakan untuk mengontrol peralatan mekanik. Masing-masing dirancang untuk pengaturan peralatan tertentu dan termasuk perangkat yang memungkinkan operator untuk mengontrol peralatan tertentu. Panel kontrol menggunakan komponen panel listrik yang mengontrol aliran daya ke peralatan fisik (*pump motor, blower rotors, heaters, hydrolic*).

### 1.2 Faktor Penyebab Panas pada Panel

Perhitungan beban pendinginan diperlukan untuk mengkaji kemungkinan faktor-faktor yang mempengaruhi perpindahan panas yang terjadi pada lemari *box* panel kontrol. Beban yang dipengaruhi antara lain yaitu eksternal dari beban transmisi, infiltrasi dan internal dari lampu indikator komponen dan komponen elektrik dalam panel.

### 1.3 Beban Transmisi

Beban transmisi merupakan beban yang ditransfer ke ruang panel melalui permukaannya. Perolehan panas yang terjadi saat kondisi steady state pada lemari *box* panel kontrol dapat melalui dinding dan atap. Beban transmisi dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut [6]:

$$Q = U \times A \times \Delta T \tag{1}$$

Keterangan :

- $Q$  = Jumlah panas yang dipindahkan (W)
- $U$  = Angka koefisien perpindahan panas  $\left(\frac{W}{m^2 K}\right)$
- $A$  = Luas Permukaan  $(m^2)$
- $\Delta T$  = Perbedaan Temperatur  $(^{\circ}C)$

Dimana koefisien keseluruhan perpindahan panas dari dinding dan atap dapat dihitung dengan persamaan berikut [6]:

$$U = \frac{1}{1/h_i + x/k + 1/h_o} \quad (2)$$

Keterangan :

$k$	=	Konduktivitas thermal material	$(\frac{W}{m.k})$
$x$	=	Tebal material	(m)
$h_i$	=	Konduksi permukaan luar	$(\frac{W}{m^2 K})$
$h_o$	=	Konduksi permukaan dalam	$(\frac{W}{m^2 K})$

#### 1.4 Beban Infiltrasi

Beban infiltrasi dilihat pada perkiraan pertukaran udara dalam 24 jam akibat membuka dan menutup lemari panel. Beban (PU) pertukaran udara untuk temperature lingkungan adalah 28 kkal/m<sup>3</sup> dengan volume lemari yang telah diketahui. Sehingga beban infiltrasi dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut [7] :

$$q_{el} = W \times F_{ul} \times F_{sa} (CLF)$$

(3)

Keterangan :

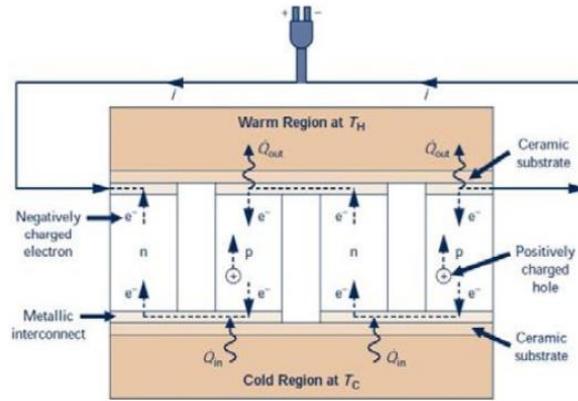
$q_{el}$	=	Beban pencahayaan	(W)
$W$	=	Total watt lampu	(W)
$F_{ul}$	=	Faktor Penggunaan = 1.0	
$F_{sa}$	=	Special allowance factor = 1.0	
$CLF$	=	Faktor beban pendinginan = 1.0	

#### 1.5 Beban Komponen Elektrik

Berdasarkan beban panas yang di timbulkan pada komponen elektrik kontrol mesin die casting yang telah dilakukan pendekatan menurut Talbert dkk. 1973, Gordon dkk. 1994, Smith dkk. 1995, bahwa dari perolehan panas pada peralatan yang menggunakan energi listrik dapat berkisar antara 15% hingga 45% dari konsumsi energi alat yang sebenarnya [8].

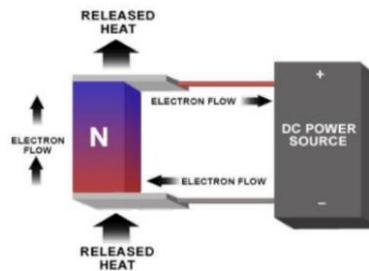
#### 1.6 Thermoelectric Cooler

*Thermoelectric* adalah suatu fenomena konversi dari perbedaan temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya. Sistem thermoelektrik penyerapan dan pelepasan kalor terjadi akibat perpindahan elektron. Perpindahan elektron menyebabkan penyerapan energi dari lingkungan dan pelepasan energi ke lingkungan. Perpindahan elektron ini digerakkan oleh beda potensial dari arus DC yang diberikan.



**Gambar 1.** Perpindahan Kalor Akibat Arus Listrik [9]

Prinsip kerja mesin pendingin termoelektrik atau yang sering disebut Thermoelectric Cooler (TEC) adalah menyerap panas melalui terminal dingin dan dibuang pada terminal panas elemen termoelektrik. Penyerapan dan pembuangan panas terjadi akibat arus listrik DC yang mengalir ke beberapa pasang sel semikonduktor tipe-p (energi rendah) dan tipe-n (energi tinggi). Perbedaan temperatur pada sisi terminal dingin dan terminal panas elemen termoelektrik terjadi akibat pergerakan elektron yang mengalir dari semikonduktor pada tipe-p yang kekurangan energi dan menyerap kalor untuk menambah energi pada sisi dingin. Pergerakan elektron ditunjukkan dengan mengalirnya elektron ke tipe-n. Ketika semikonduktor tipe-n kelebihan elektron, maka elektron akan dibuang ke udara lingkungan dalam bentuk panas dan selanjutnya bergerak ke semikonduktor tipe-p.



**Gambar 2.** N-type Semi-Conduktor

Pada kondisi ideal, jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin dan lepas pada sisi panas bergantung pada koefisien termoelektrik dan arus listrik yang digunakan. Saat dioperasikan, jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin akan berkurang akibat dari dua faktor, yaitu kalor yang terbentuk pada material semikonduktor disebabkan oleh perbedaan temperatur antara sisi dingin dan sisi panas elemen (conducted heat) dan joule heat yang nilainya akan sama dengan kuadrat dari arus listrik yang digunakan [10].

### 1.7 Performa TEC

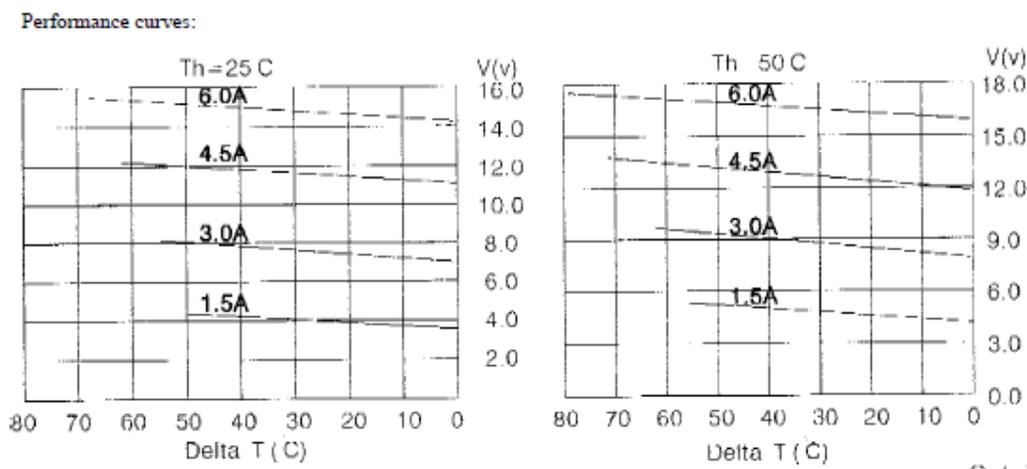
Meskipun modul thermoelectric memiliki umur panjang, lebih dari 100.000 jam Mean Time Between Failures (MTBF). Guna menjaga kinerja performa dari thermoelectric pada saat pengoperasian, perlu dilakukannya perawatan diantaranya ketika penggunaan disarankan suhu operasi maksimal  $138^{\circ}\text{C}$  dan jangan  $I_{maks}$  atau  $V_{maks}$  pada saat

mengoperasikan modul. Dengan demikian kinerja thermalelectric pada saat pengoperasiannya dapat bertahan lama. Dalam pengujian ini, modul TEC yang digunakan adalah TEC1-12706.

**Tabel 1.** Perfoma Spesifikasi TEC

<b>Hot Side Temperature, <math>T_h</math> (<math>^{\circ}C</math>)</b>	25	50
$Q_{maks}$ (Watt)	50	57
$\Delta T_{maks}$ ( $^{\circ}C$ )	66	75
$I_{maks}$ (Ampere)	6.4	6.4
$V_{maks}$ (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohm)	1.98	2.3

Kurva yang menunjukkan performa *thermalelectric* yang telah di tetapkan dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Performa TEC

### 1.8 Hambatan

Hambatan termal merupakan sifat kemampuan suatu bahan menghambatan laju aliran kalor yang mengalir dengan perbedaan temperatur antar sisinya. (Ayodha, 2016). Dengan adanya informasi parameter modul thermoelectric, maka koefisien seebeck, hambatan panas dan hambatan listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Ajiwiguna, 2018):

$$\text{Koefisien seebeck, } \alpha = \frac{V_{maks}}{T_h} \quad (5)$$

$$\text{Hambatan Listrik, } R = \frac{V_{maks}}{I_{maks}} \times \frac{(T_h - \Delta T_{maks})}{T_h} \quad (6)$$

$$\text{Hambatan Panas, } \theta = \frac{\Delta T_{maks}}{I_{maks} V_{maks}} \times \frac{2T_h}{(T_h - \Delta T_{maks})} \quad (7)$$

Keterangan :

$V_{maks}$	=	Tegangan maksimum	(V)
$\Delta T_{maks}$	=	Beda tempetarur maksimum	(K)
$I_{maks}$	=	Arus maksimum	(A)
$T_h$	=	Temperatur sisi panas	(°C)
R	=	Hambatan listrik	( $\Omega$ )
$\theta$	=	Hambatan termal	( $\frac{K}{W}$ )

### 1.9 Tegangan

Sambungan yang temperaturnya menjadi dingin artinya menyerap kalor, sedangkan sambungan yang menjadi panas berarti membuang kalor. Pada saat termoelektrik terlaliri arus listrik, maka terdapat perbedaan temperatur. Jika terdapat perbedaan temperatur maka terjadi efek Seebeck, oleh karena itu tegangan pada termoelektrik saat ada arus listrik yang mengalir menjadi(Ajiwiguna, 2018):

$$V_{tec} = IR + \infty \Delta T$$

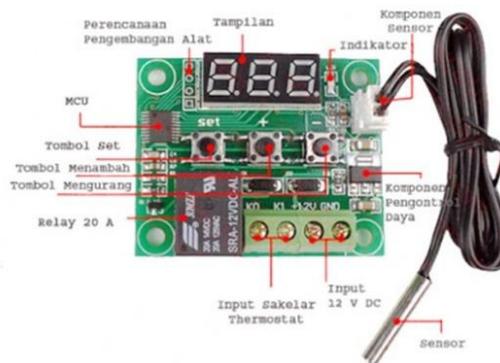
(8)

Keterangan :

$V_{tec}$	=	Tegangan <i>thermalelectric</i>	(V)
$\infty$	=	Koefisien seebeck	( $\frac{V}{K}$ )
$I$	=	Arus yang mengalir	(A)
$\Delta T$	=	Beda temperature antara kedua sisi	(K)
R	=	Hambatan listrik	( $\Omega$ )

### 1.10 Thermostat

Thermostat adalah komponen yang dapat mendeteksi suhu dari suatu sistem sehingga suhu sistem dapat dipertahankan mendekati *setpoint* yang diinginkan. Thermostat mempertahankan suhu mendekati *setpoint* dengan cara mendinginkan atau memanaskan suatu sistem tersebut dengan cara mematikan dan menghidupkan elemen pada sistem tersebut sehingga suhu dapat mencapai *setpoint* yang telah di tentukan. Thermostat dapat mengontrol pemanas atau pendingin, thermostat memiliki suatu komponen sensor yang digunakan untuk pengukuran suhu, sehingga hasil dari pengukuran sensor dapat digunakan untuk mengendalikan pemanasan atau pendinginan suatu sistem tersebut. Pada kali ini digunakan modul W1209 sebagai modul thermostat yang menggunakan *NTC* temperatur sensor sebagai pengukur suhu pada modul tersebut.

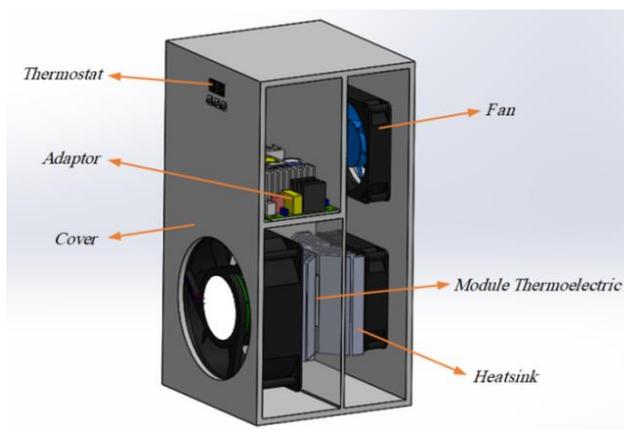


**Gambar 4.** Thermostat Modul W1209

## 2. Material dan metodologi

### 2.1 Desain

Proses desain dilakukan setelah mengetahui kebutuhan dari alat yang akan digunakan, untuk komponen yang digunakan adalah komponen standar sedangkan untuk jumlah modul thermalectric yang digunakan adalah satu buah modul thermalelectric. Tahapan dari proses desain yang pertama dengan melakukan sketsa awal dari bentuk alat dengan sketsa gambar 2D guna mencari konsep dasar pada peletakan masing-masing komponen yang digunakan. Selanjutnya setelah semua komponen tersedia, kemudian dilakukan proses desain dari masing-masing komponen tersebut berupa gambar 3D untuk mengetahui gambaran lebih nyata dan ukuran yang sesuai sebenarnya dari alat pendingin yang dilakukan menggunakan aplikasi desain Solidworks.



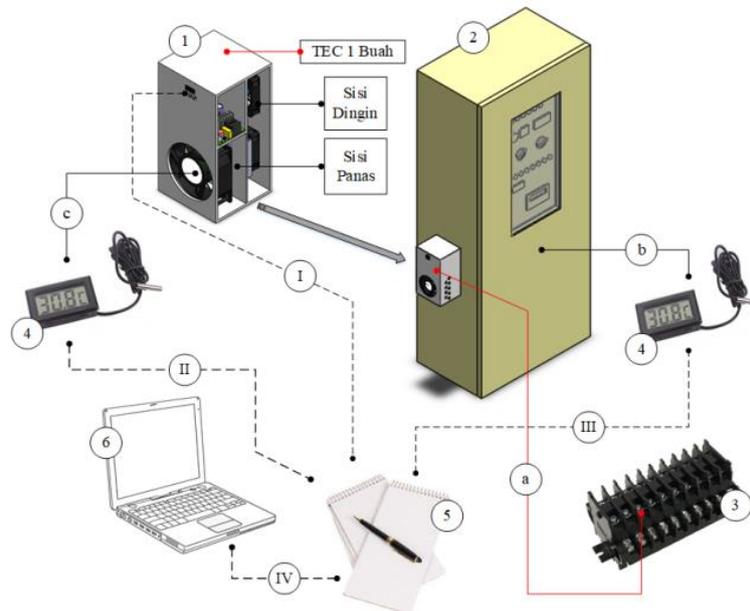
**Gambar 5.** Perangkat Pendingin Thermalelectric.

### 2.2 Pembuatan Alat

Setelah desain alat telah dibuat maka komponen yang digunakan untuk membuat alat harus ditentukan sesuai dengan spesifikasi standar dalam pengoperasian modul thermalelectric. Pada proses penelitian ini di tetapkan jumlah modul yang digunakan adalah satu buah modul thermalelectric. Tahapan pengerjaan dimulai dengan persiapan material, yang dilanjutkan dengan proses pembuatan material menjadi komponen alat seperti gerinda, bor serta alat-alat lain yang menunjang proses ini. Dalam proses pembuatan cover diperlukan ketelitian dalam pembuatan sekat guna memisahkan antara ruang sisi panas dan sisi dingin modul agar dapat bekerja lebih optimal dalam penyerapan kalor maupun kalor yang dibuang kelingkuangan. Selain itu pada bagian komponen kelistrikan, disusun dan diuji coba terlebih dahulu guna mengecek fungsi keseluruhan. Selanjutnyadilakukan proses assembly sesuai dengan desain yang telah ditentukan.

### 2.3 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa pada pendingin thermalelectric. Pada proses pengujian variable yang di ukur adalah temperatur sisi panas dan sisi dingin modul thermalelectric. Jika hasil dari pengujian alat dapat memenuhi performa yang lebih optimal yang diharapkan maka dapat dilanjutkan ke tahap kesimpulan, tetapi jika pengujian masih kurang optimal maka tahap penelitian dapat kembali ke tahap analisa desain dalam proses pembuatan alat pendingin, agar dapat tercapai performa yang lebih optimal. Berikut adalah skema instalasi pengujian:



Keterangan gambar skema pengujian:

Peralatan:

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. Perangkat AC <i>thermalelectric</i>              | 4. Termometer digital |
| 2. Lemari <i>box</i> panel mesin <i>die casting</i> | 5. Lembar Pengujian   |
| 3. Terminal blok                                    | 6. Laptop             |

Sambungan:

- a. Kabel power TEC
- b. Thermocouple temperature sisi panas TEC
- c. Thermocouple satu titik suhu dalam lemari panel

Pengambilan Data:

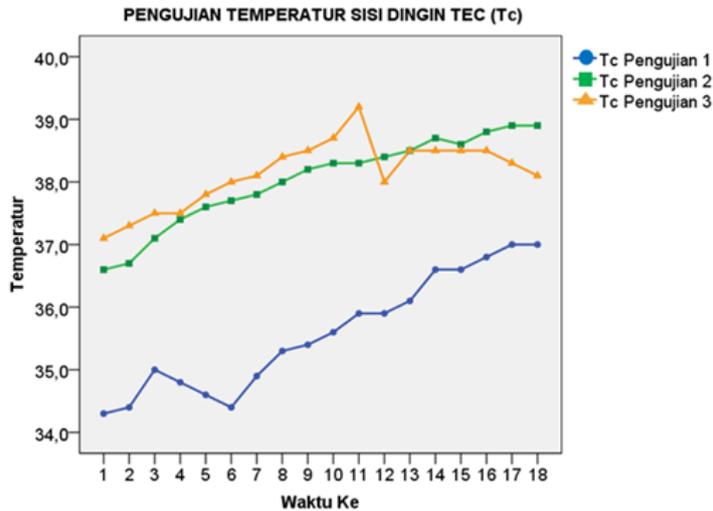
- |   |  |
|---|--|
| I. Data temperature sisi dingin TEC ( $T_c$ ) | III. Data temperature satu titik temperature panel mesin ( $T_{panel}$ ) |
| II. Data temperature sisi panas TEC ( $T_h$ ) | IV. Rekap data keseluruhan   |

**Gambar 6.** Skema Instalasi Pengujian

Selain itu proses monitoring temperatur dalam box panel dilakukan pada satu titik dan pada waktu pengujiannya dilakukan dari pagi hingga sore hari guna mengetahui setiap perubahannya.

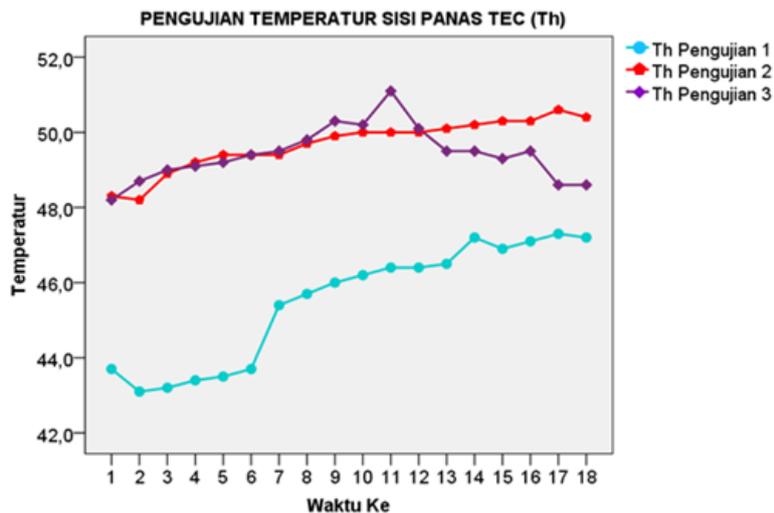
### 3. Hasil dan pembahasan

Pengujian alat prototype sistem pendingin thermalelectric pada pengaplikasian pendingin lemari box panel mesin die casting 650T didapatkan grafik sebagai berikut :



**Gambar 7.** Hasil Grafik Temperatur Sisi Dingin TEC

Hasil data pengolahan menggunakan SPSS 22 pada Gambar 7 adalah tampilan grafik pengujian temperatur untuk sisi dingin modul thermalelectric yang diperoleh dari pengujian pertama pada pukul 08.35-10.00 WIB, pengujian dua pada pukul 10.30-11.55 WIB dan pengujian ketiga pada pukul 13.05-14.30 WIB. Sedangkan grafik pengujian temperatur untuk sisi panas modul thermalelectric dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah ini.



**Gambar 8.** Hasil Grafik Temperatur Sisi Panas TEC

Hasil pengolahan ketiga pengujian tersebut selama total waktu tiap pengujian adalah 85 menit pada jarak pengambilan data pengujian setiap 5 menit dengan waktu pengujian yang telah ditentukan yaitu pada pagi hari, siang hari dan menjelang sore hari. Terlihat pengaruh dari faktor lingkungan tersebut meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur dari kedua sisi termalelektrik dari waktu ke waktu dan dapat disimpulkan bahwa waktu yang semakin siang faktor panas yang timbul pada temperatur area lingkungan panel di departemen casting semakin meningkat. Dibuktikan dengan hasil dari grafik pengujian pada Gambar 7 dan Gambar 8.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari sistem pendingin thermoelectric adalah uji coba alternatif sistem pendinginan menggunakan thermoelectric mampu mengatasi permasalahan tingginya temperature pada lemari panel mesin die casting dan menggantikan penggunaan AC Konvensional yang telah terjadi overheating pada kompresornya dibuktikan dengan performa modul dalam melakukan penyerapan panas yang telah diperhitungkan dengan rata-rata sebesar 44.89 watt.

#### Daftar Pustaka

- [1] Ahmad P, dkk. Thermography Inframerah Dalam Pemeliharaan Instalasi Listrik Fasilitas Sarana Dukung IEBE. Tangerang : Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir: 2017. ISSN 1979-2409
- [2] Rahmat Imam Mainil., Azridjal Aziz dan Afdhal Kurniawan M. Penggunaan Modul Thermoelectric sebagai Elemen Pendingin Box Cooler. Prosiding pada Seminar Nasional Kampus ITENAS: 2015
- [3] Ayodha Ajiwiguna, Abdillah Barkah & Abrar. Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Hambatan Termal Heat Sink Untuk Pendingin Elektronik. Jurnal TEKTRIKA. 2016; Vol.1 Nomor 2
- [4] Ayodha Ajiwiguna., Rio Nugroho dan Abrar Ismardi. Method for Thermoelectric Cooler Utilization using Manufacturer's Technical Information. Engineering International Conference: 2018
- [5] Fahrudin A, Wayan Nata, Ridho Irwansyah. Kajian Eksperimen Sistem Pendingin Lemari Radio Base System (RBS) Kombinasi Thermoelectric dan Exhaust Fan. Indonesia: Universitas Indonesia; 2018
- [6] ASHRAE. Refrigeration Handbook. 2014
- [7] Rais rahmat, Muhammad. Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen. Indonesia: Universitas Islam 45; 2017
- [8] ASHRAE. Fundamentals Handbook. 1997
- [9] Moran, M. J., & Shapiro, H. N. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. United States: John Wiley, 2011
- [10] Kennedy, Khairil Anwar & Moch. Briand Anggara. Pengaruh temperatur fluida pendingin terhadap unjuk kerja sistem termoelectric. Indonesia: Universitas Tadulako Palu; 2017