

## PENGUJIAN KINERJA COUPLE THERMOELEKTRIK SEBAGAI PENDINGIN PROSESOR

Ardhi Kamal Haq<sup>1\*</sup>, Juhri Hendrawan<sup>1</sup>, Ahmad Hasan Asyari<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada

Sekip Utara, Bulaksumur, Sinduadi, Mlati, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

\*Email: ardhikamalhaq@gmail.com

### Abstrak

*Thermoelektrik merupakan piranti elektronik yang bekerja berdasarkan Seebeck Effect yakni apabila ada arus searah/ Direct Current yang mengalir pada thermoelektrik maka menimbulkan perbedaan suhu pada kedua keping semikonduktornya. Thermoelektrik juga berlaku sebagai generator ketika terjadi perbedaan suhu pada kedua sisi semikonduktornya maka menghasilkan arus searah / Direct Current. Kedua prinsip kerja ini apabila diterapkan pada prosesor pada suhu tinggi maka panas dari prosesor akan diserap oleh thermoelektrik pertama yang menghasilkan tegangan dan arus untuk disalurkan thermoelektrik yang kedua sehingga memberikan Cooling Effect pada prosesor. Percobaan ini menggunakan 2 thermoelektrik, satu sebagai sumber arus dan satunya lagi sebagai pendingin dengan variasi perbedaan suhu dan tegangan pada pemanas/heater sebagai sumber panas. Variasi perbedaan suhu dilakukan dengan nilai antara 21-50 °C, sementara untuk variasi tegangan dengan nilai 1,5 V, 3V, 7,5V, 9V, dan 12V. Hasil percobaan menyatakan bahwa dengan perbedaan suhu 45-50 °C menghasilkan tegangan 3,27 Volt untuk dialirkan pada thermoelektrik kedua dengan nilai suhu minimum 24,25 °C, sehingga suhu prosesor akan turun sebesar menurun 24,88 °C menjadi 49,13 °C. Dengan demikian maka efektivitas maksimum dari pendingin prosesor couple thermoelektrik ini adalah 64,68 %.*

**Kata kunci:** Couple thermoelektrik, Pendingin, Prosesor

### 1. PENDAHULUAN

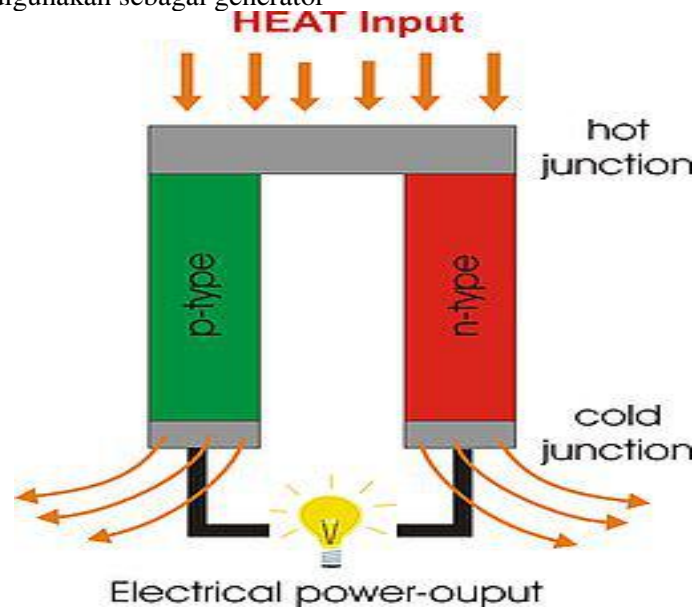
Thermoelektrik adalah perangkat yang bekerja dengan *Seebeck Effect*, yaitu apabila terdapat *Direct Current* yang mengalir ke material Peltier berbahan semikonduktor tipe p (semikonduktor dengan tingkat energi rendah) dan tipe n (semikonduktor tingkat energi tinggi) akan menyebabkan salah satu elemen peltier menjadi panas (panas diserap) dan dingin (panas dilepas) (Jenny, dkk, 2016). Thermoelektrik juga berlaku kebalikan dari efek *seebeck* yaitu ketika ada perbedaan temperatur maka akan terjadi arus DC. Hal ini karena elektron yang mengalir dari semikonduktor p ke semikonduktor n sehingga menjadikan elemen peltier lebih dingin.

Penyerapan panas dari lingkungan dilakukan oleh sisi dingin peltier kemudian dibuang pada sisi panasnya. Dari sifat ini kita mampu merumuskan bahwa panas yang diterima dari peltier akan dikonversi menjadi tegangan sementara selebihnya dibuang pada sisi panas peltier. Pendingin thermoelektrik pada percobaan ini memberikan ide untuk menjadikan salah satu sisinya lebih dingin sehingga dapat menurunkan suhu suatu benda.

Thomas Johann Seebeck adalah orang yang pertama kali menemukan bahwa gaya gerak listrik dapat diciptakan ketika terdapat 2 sambungan logam yang berbeda material pada temperatur yang tidak sama (Hicks, 1993). Dalam percobaannya pada tahun 1822, ia menghubungkan besi dan tembaga dalam sebuah rangkaian sementara diantara keduanya terdapat jarum. Ketika salah satu logam dipanaskan, ternyata jarum tersebut bergerak. Setelah diselidiki hal itu dikarenakan aliran listrik yang mengalir pada logam timbul medan magnet sehingga menggerakkan jarum tersebut. Fenomena ini akhirnya disebut dengan *Seebeck Effect*.

Penelitian oleh Muhaimin pada tahun 1993 menyatakan bahwa prinsip kerja dari thermoelektrik adalah berdasarkan *Seebeck Effect*, yaitu apabila terdapat 2 logam yang berbeda material disambungkan sementara pada kedua ujungnya diberikan suhu yang berbeda pula maka terjadi perbedaan voltase pada kedua ujungnya (Kreith, dkk, 1997). Hal ini diperkuat dengan penelitian dari Bayu pada tahun 2008 bahwa thermoelektrik dapat diaplikasikan pada berbagai keadaan dengan sumber panas sebagai penghasil listrik. Sehingga dapat dikatakan bahwa thermoelektrik merupakan pembangkit listrik berbasis peltier pengubah energi thermal menjadi

listrik jika mengacu pada *Seebeck Effect*. Dari kedua penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa Thermoelektrik dapat digunakan sebagai generator



**Gambar 1. Cara kerja Thermoelektrik Generator yaitu prinsip kebalikan dari *Seebeck Effect* (www.bine.info)**

Sementara percobaan dari Ishak menyatakan pengaruh penambahan elemen peltier terhadap kemampuan menjaga temperatur penyimpanan vaksin dengan berbahan dasar PVC (Firmansyah, 2009). Penelitian ini menyimpulkan bahwa suhu vaksin dapat dipertahankan dengan memberikan daya listrik 72 Watt (Ishak Limbong, 2014)

Deddy Reza Dwi dalam tugas akhirnya dengan judul “ Perpindahan panas Heatsink disisi panas thermoelektrik TEC 12706 dengan daya 22,4 watt” menggunakan Box yang terbuat dari material arcylic dan cork sebagai bahan pelapis dalam box serta menggunakan satu peltier dalam 2 jam menghasilkan suhu terendah dalam box sebesar 10°C

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Kalor yang diserap mesin pendingin

Nilai kalor yang diserap oleh mesin pendingin merupakan jumlah panas yang diserap untuk menurunkan/mendinginkan suatu ruangan dapat diketahui dengan rumus :

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta T$$

Dimana :

$Q$  = Kalor yang diserap (Kcal)

$m$  = berat dari produk yang didinginkan (kg)

$cp$  = panas jenis dari produk di atas titik beku (Kcal/kg°C)

$\Delta T$  = perubahan temperaturair (°C)

### 2.2 Spesifikasi Thermoelektrik

Pendingin Termoelektrik yang digunakan pada coolbox adalah termoelektrik dengan tipe TEC1-12706 , dengan informasi sebagai berikut:

Size	: 40 x 40 x 3.8 mm
Internal resistance	: 1.98 Ohm +/- 10%
Imax.	: 6.0 A
Vmax.	: 15.4 V
Qmax.	: 53.3W
Tmax	: 68 degree
Maximum. Compress	: 1Mpa

Elemen peltier yang digunakan adalah:

Panjang tiap elemen	= 1 cm
Diameter tiap elemen	= 0,5 cm
Temperatur hot junction	= 310 C = 304 K
Temperatur cold junction	= 22°C = 295 K
Ukuran elemen termoelektrik adalah sebagai berikut:	
Kekuatan termoelektrik	= 0,00021 V/K
Koefisien termal dari couple	= 0,015 W/cm.K
Tahanan listrik	= 0,001 ohm cm
Hubungan tahanan listrik	= 0,0001 ohm-cm <sup>2</sup>

#### 2.2.1 Luas penampang elemen (A)

Menggunakan persamaan sebagai berikut:

Diketahui:  $d = 0,5$  cm

Maka :  $= 3,14 \cdot (0,5)^2 = 0,785$  cm<sup>2</sup>

#### 2.2.2 Tahanan listrik

Untuk menghitung tahanan listrik dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

Diketahui:  $L = 1$  cm,  $A = 0,785$  cm<sup>2</sup>,

$\rho = 0,001$  Ohm cm

$r = 0,0001$  Ohm cm<sup>2</sup>

Maka:  $= 2 (0,005 + 0,001) = 0,012$  Ohm

#### 2.2.3 Konduktivitas thermal

Konduktivitas termal dari dua material yang berbeda dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Diketahui :

$k = 0,015$  Watt/cm.K

$A = 0,785$  cm<sup>2</sup>

$L = 1$  cm

Maka :  $= 0,0059$  Watt /K

#### 2.2.4. Figure of merit

Figure of merit dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Diketahui:

$Z = \text{Figure of merit [K}^{-1}] = 0,00021$  V/K

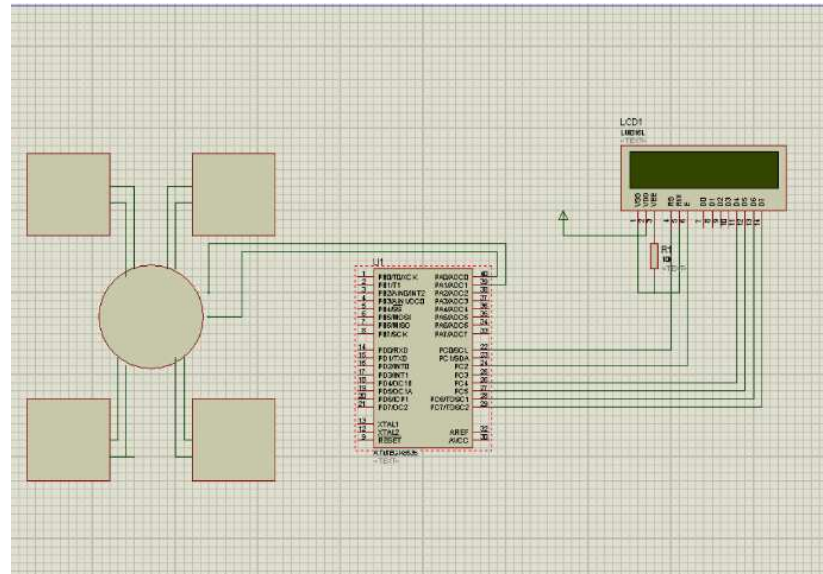
$R = 0,012$  Ohm

$K = 0,0059$  Watt/K

Maka:  $= 4 \cdot (0,00021) \cdot 0,0059 \cdot 0,012$

$Z = 0,0025$  K<sup>-1</sup>

### 2.3. Skema Percobaan



**Gambar 2. Skema percobaan pengujian keefektivitas copule pendingin prosesor couple thermoelektrik**

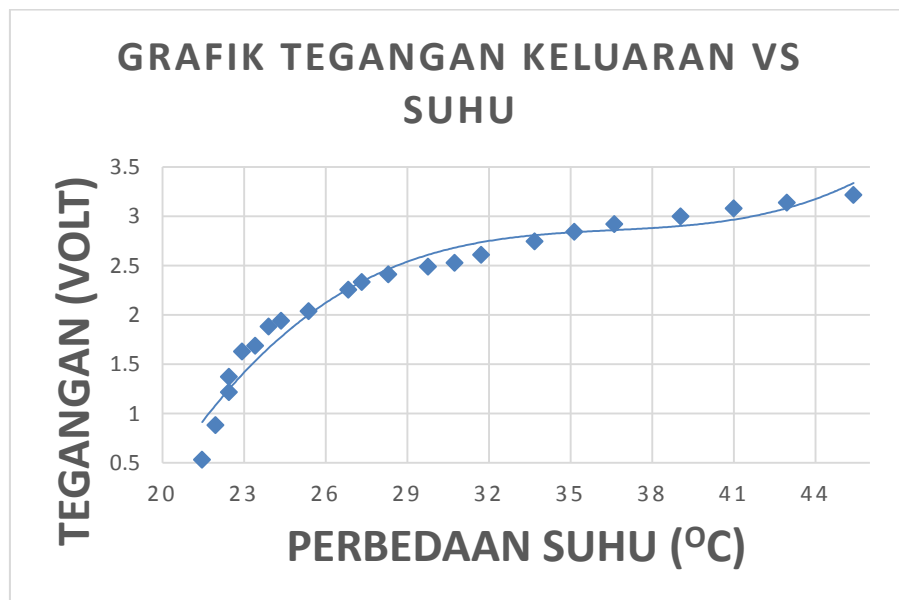
Keterangan :

- = Sistem kendali dari rangkaian termoelektrik
- = Rangkaian termoelektrik

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian Penghasil Tegangan

Percobaan ini dilakukan untuk mengukur nilai tegangan yang dihasilkan dari thermoelektrik dengan perbedaan suhu pada kedua sisinya. Pada sumbu-x grafik adalah nilai dari perbedaan suhu pada kedua sisinya dalam satuan °C, sementara untuk sumbu-Y mewakili tegangan output yang dihasilkan :

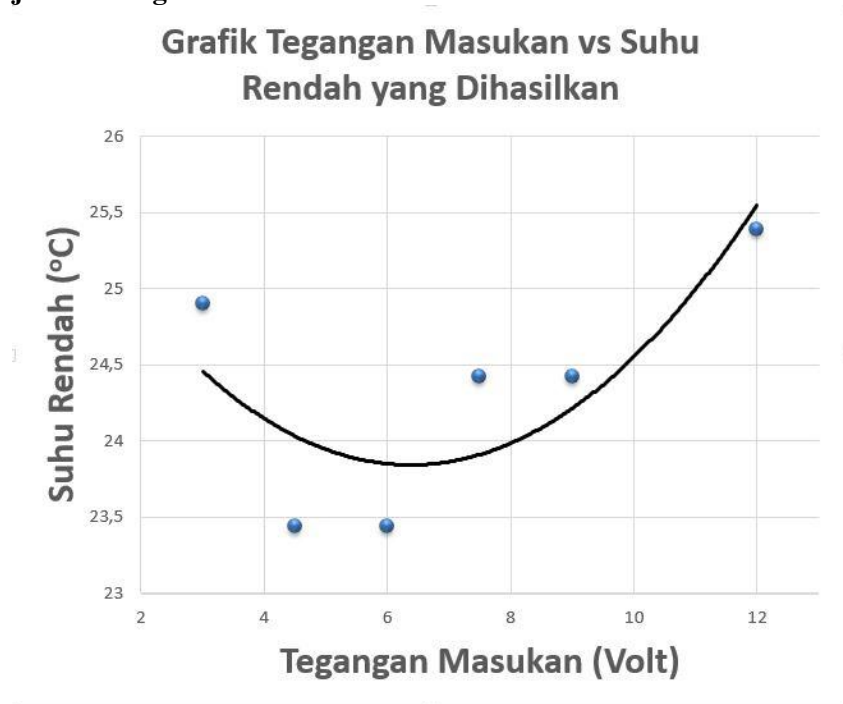


**Grafik 4.1 Gambar Grafik hubungan antara Suhu Minimum ( $\Delta T$ ) dengan tegangan output (V)**

Dari grafik diatas dapat dibuktikan bahwa nilai tegangan yang dihasilkan oleh thermoelektrik pertama sebanding dengan nilai perbedaan suhu pada kedua sisinya. Pada percobaan

dengan nilai perbedaan suhu 21°C menghasilkan tegangan sebesar 0,5 V sementara pada perbedaan suhu tertinggi 48 °C menghasilkan tegangan 3,27 Volt. Apabila keadaan suhu ruangan adalah 24 °C maka untuk menghasilkan tegangan maksimum 3,27 Volt maka diperlukan suhu prosesor 72 °C. Namun apabila temperatur prosesor hanya 43°C maka akan menghasilkan tegangan hanya 0,5 Volt. Dengan demikian apabila temperatur prosesor semakin tinggi maka akan menghasilkan nilai tegangan semakin besar karena hasil penelitian menyatakan bahwa grafik perbedaan suhu dengan tegangan output adalah sebanding dengan nilai eksponensial pangkat 2.

### 3.2. Hasil Pengujian Cooling Thermoelektrik



**Grafik 4.2** Gambar Grafik hubungan antara tegangan input (V) dengan Suhu Minimum pada (°C)

Pada grafik diatas dapat dibuktikan bahwa nilai suhu minimum yang dihasilkan oleh thermoelektrik kedua sebanding dengan tegangan input hanya pada batas 0-7 Volts saja, sementara untuk tegangan lebih dari 7 Volt temperatur minimum tidak maksimal. Hal ini dikarenakan panas pada sisi elemen peltier pemanas telah ditransfer secara konduksi melalui keramik dan sambungan batang sehingga sisi dingin thermoelektrik telah mendapat kalor dari sisi panas thermoelektrik. Dari grafik ini dapat dibuktikan bahwa dengan tegangan 6,23 Volt mampu didapatkan suhu minimum sebesar 23,8°C, sehingga apabila thermoelektrik menghasilkan tegangan lebih dari 6,23 volt maka tegangan tersebut dibuang demi mendapatkan suhu minimum sebesar 23,5 °C.

Sehingga dengan kedua hasil percobaan tersebut ketika suhu prosesor adalah 74°C, sedangkan suhu ruangan adalah 24°C maka menghasilkan tegangan output 3,27 Volt sehingga suhu dingin yang dihasilkan yaitu 24,25°C. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai efisiensi pendinginan adalah 48,5%. Dengan demikian maka untuk mendinginkan prosesor bertemperatur tinggi dengan thermoelektrik maka dibutuhkan suhu prosesor adalah adalah sekitar 74-84 °C ketika suhu ruangan sebesar 24 °C sehingga menghasilkan perbedaan temperatur pada kedua sisinya yaitu 50-60 °C. Dari nilai tersebut thermoelektrik mampu menghasilkan tegangan sebesar 5-7 Volt untuk disalurkan ke thermoelektrik kedua sebagai pendingin atau *cooler* dengan suhu minimum sebesar 23,5 °C. Sehingga demikian suhu prosesor akan menurun 28,25 °C sehingga menjadi 51,75 °C. Dari percobaan ini maka nilai efektivitas maksimum dari pendingin prosesor couple thermoelektrik ini adalah 64,68 %. Dengan nilai tersebut ditambah kemampuan pendinginan secara otomatis maka pendingin couple thermoelektrik sangat potensial untuk diaplikasikan.

#### 4. KESIMPULAN

Percobaan pendinginan prosesor dengan menggunakan coupling termoelektrik ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Termoelektrik dengan tipe TEC 12706 yang bekerja sebagai penghasil tegangan mampu memberikan tegangan minimum sebesar 0,5 Volt pada perbedaan temperatur 21°C sementara untuk tegangan maksimum sebesar 3,27 Volt pada nilai perbedaan suhu 48°C.
2. Temperatur rendah (dingin) yang dihasilkan oleh termoelektrik kedua yang bekerja sebagai pendingin dengan memanfaatkan tegangan dari termoelektrik pertama menghasilkan nilai suhu minimum optimal sebesar 23,5°C pada tegangan 4,5-6 Volt. Apabila tegangan input kecil maka suhu minimum juga kecil, apabila tegangan input terlalu besar maka menghasilkan hasil kurang maksimal akibat adanya transfer kalor dari sisi panas ke sisi dingin termoelektrik.
3. Nilai Efektivitas dari pendingin prosesor termoelektrik dengan suhu ruangan 24°C, suhu prosesor 74°C, tegangan output 3,27 Volt, suhu minimum 24,25°C adalah sebesar 48,5%. Dengan demikian pendingin couple termoelektrik sangat berpotensi untuk diaplikasikan pada prosesor.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Prodi Fisika, Departemen Fisika, fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, khususnya kepada bapak Dr. Ahmad Kusumaatmaja yang telah membimbing dalam penelitian maupun dalam publikasi jurnal ilmiah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Energieforschung für die Praxis. Dikunjungi pada laman <http://www.bine.info/publikationen/publikation/thermoelektrik-strom-aus-abwaerme/was-ist-thermoelektrik/> tanggal 4-6-2017 pukul 13.58 WIB
- Firmansyah B, . Analisis Perpindahan Panas pada Pendingin CPU dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 9 No.2 Juli 2009
- Hicks LD, Dresselhaus MS. Effect of quantum-well structures on the thermoelectric figure of merit. Phys Rev B 1993;47:12727e31.
- Jenny, dkk. 2016. Studi Penggunaan Modul Termoelektrik sebagai Sistem Pendingin Portable. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin Vol.01 No.1 Mei 2016
- Kreith, Frank dan Priyono, M.sc, Arko. "Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas", Edisi Ketiga. Jakarta, Penerbit Erlangga.1997.
- Limbong, Ishak ,dkk. Pengaruh Penambahan Elemen Peltier terhadap Kemampuan Menjaga Temperatur Penyimpanan Vaksin dengan Berbahan Dasar Polivinil Klorida (PVC). Jurnal Teknik Mesin Undana, Vol 1 No 2 (2014).