

STUDI EFEKTIVITAS COUPLE THERMOELEKTRIK SEBAGAI PENDINGIN PROSESOR

Subtema : Sistem Tenaga Elektronika

Ardhi Kamal Haq¹, Juhri Hendrawan², Ahmad Hasan Asyari³, Faqih Abdussalam⁴

Departemen Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Gajdah Mada

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

ardhikamalhaq@gmail.com¹, juhri.hendrawan@mail.ugm.ac.id², ahmad.hasan.a@mail.ugm.ac.id³
anaabdussalam@gmail.com⁴

Abstract-Thermoelectric is an electronic device that works based on Seebeck Effect ie if there is direct current flows on thermoelectric hence causing temperature difference in both semiconductor chip. Thermoelectric also acts as a generator when there is temperature difference on both sides of the semiconductor then generate direct current. Both of these working principles when applied to the processor at high temperatures then the heat from the processor will be absorbed by the first thermoelectric which produces voltage and current for the second thermoelectric channel to provide a cooling effect on the processor. This experiment aims to test the effectiveness of thermoelectric as processor coolant. This research method uses 2 thermoelectrics, one as a current source and the other as a coolant with variations in temperature and voltage differences on the heater as a heat source. The variation of temperature difference is done with value between 15-70°C, while for variation of voltage with value of 1.5 V, 3V, 7,5V, 9V, and 12V. The experimental results stated that with a temperature difference of 45-50 °C, a voltage of 3,27 Volt was applied to flow on the second thermoelectric with 24,25°C Cooling temperature, cause prosesor temperature decrease 24,88 °C become 49,13 °C. Thus thermoelectric thermal cooling effectiveness for processors is 64,68%.

Keyword : Couple Thermoelectric, Cooling, Processor

Intisari-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 bertujuan untuk menguji efektivitas thermoelektrik sebagai pendingin prosesor. Metode penelitian 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 15-70 °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

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan prosesor telah memasuki berbagai aspek kehidupan manusia. Banyak piranti elektronik disekitar kita yang telah dikendalikan oleh prosesor sehingga peran prosesor menjadi sangat vital pada kehidupan manusia. Perangkat elektronik seperti laptop, kalkulator, Smartphone bahkan jam tangan telah dimasukkan perangkat prosesor sehingga mampu menghasilkan tampilan serta data yang pasti karena prosesor mampu menghitung tanpa kesalahan sedikitpun.

Tetapi tetap saja setiap perangkat elektronik memiliki kelemahan yang pasti bisa ditebak, yakni terkait dengan temperatur tinggi setelah pemakaian durasi panjang. Begitu juga prosesor apabila digunakan dalam jangka yang panjang dengan *clocking* yang tinggi tentu akan menimbulkan suhu tinggi. Apabila hal itu terjadi maka tentu kinerja dari prosesor akan melambat atau bahkan sampai keadaan *not responding*, yaitu ketika prosesor tidak mampu menerima perintah apapun karena terjadi aliran elektron didalamnya kacau akibat suhu yang tinggi. Hal ini merupakan kerugian bagi banyak orang apabila telah melakukan pekerjaan pada prosesor tersebut tetapi pekerjaannya hangus sia-sia karena kegagalan prosesor dalam mengolah data akibat suhu tinggi. Apalagi apabila tugas yang telah dipersiapkan sejak jauh-jauh hari sehingga akan mengulang dari nol untuk menyelesaikannya.

Banyak metode telah dilakukan untuk mengurangi gejala suhu tinggi akibat dari clocking yang terlalu tinggi pada prosesor, seperti memasang *heat shock factor* (HSF), kipas angin, menurunkan performa prosesor, menggunakan radioator, waterblock[1]. Kipas angin secara ekonomis cukup membantu permasalahan tersebut, namun karena mengandalkan fluida dari udara maka panas dari prosesor menjadi menyebar ke seluruh komponen elektronik tersebut karena sifat dari udara adalah menghantarkan panas. Sementara untuk penurunan

performa prosesor tentunya akan memperlambat kinerjanya karena menurunkan performa prosesor sama artinya dengan mengubah kinerja menjadi minimum.

Dari permasalahan inilah timbul ide “**Studi Efektivitas Couple Thermoelektrik sebagai Pendingin Prosesor**”. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas thermoelektrik sebagai pendingin prosesor. Dipilihnya perangkat thermoelektrik pada penelitian ini karena mampu bekerja dengan *seebeck effect*, yakni menghasilkan temperatur rendah ketika diberikan arus DC serta *thermoelectric generator*, yaitu menghasilkan arus DC ketika terjadi perbedaan suhu pada kedua sisinya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pustaka Terdahulu

Gaya gerak listrik dapat diciptakan ketika terdapat 2 sambungan logam yang berbeda material pada temperatur yang tidak sama [2]. Dalam percobaannya pada tahun 1822, Seebeck 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 lain 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 [3]. Hal ini diperkuat dengan penelitian dari Bayu 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

Sementara percobaan dari Ishak menyatakan pengaruh penambahan elemen peltier terhadap kemampuan menjaga temperatur penyimpanan vaksin dengan berbahan dasar Polivinil Klorida (PVC) [4]. Penelitian ini menyimpulkan bahwa suhu vaksin dapat dipertahankan dengan memberikan daya listrik 72 Watt [5].

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 acrylic dan cork sebagai bahan pelapis dalam box serta menggunakan satu peltier dalam 2 jam menghasilkan suhu terendah dalam box sebesar 10°C. Dengan ini dapat diambil data bahwa suhu minimum pada peltier sebagai pendingin adalah 10°C.

B. Sistem Pendingin air

Sistem pendingin air merupakan serangkaian alat yang terdiri dari pompa air, pendingin, waterblok, pipa, cairan pendingin, kipas angin, serta aluminium. Alat ini bekerja dengan cara memompa air dingin melalui pipa masuk kedalam waterblok. Pada waterblok dipasang aluminium penghantar panas dari prosesor atau *central processing unit* (CPU) komputer sehingga panas dari CPU bisa disalurkan pada air melalui aluminium. Setelah itu air yang keluar di salurkan dengan selang menuju pendingin untuk didinginkan. Setelah air dingin lalu siap digunakan kembali untuk mendinginkan CPU. Dapat dikatakan kinerja alat ini mirip radiator pada mesin. Perbedaannya adalah terletak pada pendingin dan waterbloknnya, dimana radiator tidak terdapat keduanya sementara sistem pendingin air menggunakan keduanya. Untuk memperoleh pendinginan yang ekstra maka dapat dilakukan penggantian air dengan cairan pendingin seperti ethylene glycol atau cairan lain yang memiliki kapasitas kalor lebih tinggi [6]. Namun dari sistem pendingin air ini sulit untuk diterapkan pada prosesor berskala kecil seperti Handphone, Kalkulator, dan Tablet karena membutuhkan banyak ruang sehingga tidak praktis. Selain itu harga dari sistem pendingin air juga mahal.

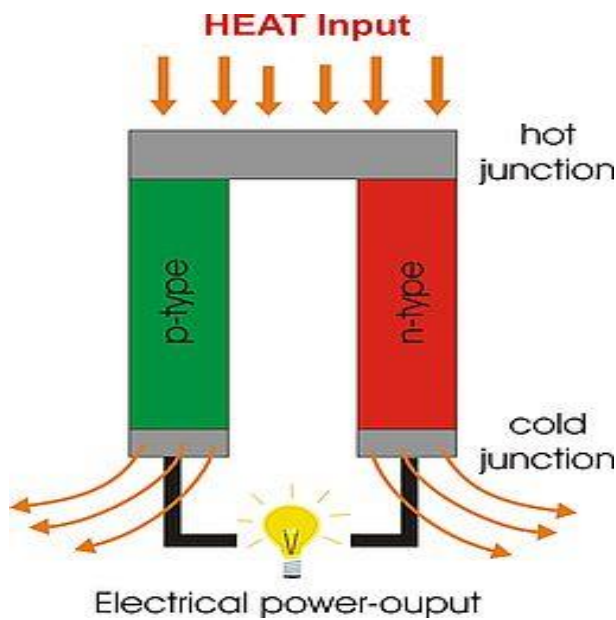
C. Kipas Angin

Alat ini telah digunakan oleh banyak orang bahkan dalam setiap komputer atau laptop saat ini telah terdapat kipas angin didalamnya. Namun kipas sebenarnya bukan solusi yang tepat dari permasalahan ini karena kipas hanya mampu mengalirkan udara kearah prosesor bukan menurunkan suhu prosesor. Selain itu kipas yang telah lama dipakai biasanya mengandung debu yang menumpuk sehingga menimbulkan suara yang bising, sehingga pengguna tidak nyaman. Selain itu apabila udara ruangan kita panas, maka prosesor akan ikut panas juga karena kipas angin mengalirkan udara ruangan ke prosesor.

D. Phase Change Unit

Phase change unit merupakan komponen pendingin modern yang mampu memberikan temperatur rendah secara kontinyu. Pada dasarnya alat ini menggunakan prinsip kerja dari *air conditioner* yang terdiri dari *vapor compressor*, *cooling liquid*, dan, pendingin. Perbedaannya terletak pada objek yang didinginkan yaitu prosesor. PCU mampu memberikan pendinginan hingga -15°C hingga -150°C. Namun apabila kita ingin memasang alat ini untuk prosesor kita maka kita harus merogoh kocek sekitar \$ 1000,- [7]. Hal ini tentu membuat kita mempertimbangkan lagi apabila membeli Phase Change Unit untuk mendinginkan prosesor kita. Selain itu PCU tidak cocok untuk prosesor ukuran mini seperti *smartphone*, laptop, maupun jam tangan karena ukurannya terlalu besar.

E. Thermoelektrik



Gambar 1. Cara kerja Thermoelektrik Generator yaitu prinsip kebalikan dari *Seebeck Effect* [8].

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) [9]. 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.

III. METODOLOGI

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

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta T \quad (1)$$

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)

ΔT = perubahan temperaturair (°C)

Efek seebeck merupakan peristiwa terjadinya perbedaan suhu pada kedua sisi peltier akibat adanya tegangan yang diberikan dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta T = \beta V \quad (2)$$

Selain itu peltier juga mampu bekerja seperti generator, yakni apabila ada perbedaan suhu pada kedua sisinya maka akan menimbulkan tegangan searah dengan persamaan :

$$V = \alpha \Delta T \quad (3)$$

Persamaan diatas berlaku saat kondisi ideal, Jika kondisi tidak ideal maka akan berlaku rumus sebagai berikut:

$$V = \alpha \Delta T - IR_{TE} \quad (4)$$

Keterangan :

V = Tegangan (Volt)

α = Koefisien seebeck

ΔT = Perbedaan temperatur kedua sisi (°C)

β = Koefisien peltier generator

I = Arus listrik (Ampere)

R = Hambatan dalam peltier (Ohm)

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 = 31 0 C = 304 K

Temperatur cold junction = 22°C = 295 K

Ukuran elemen termoelektrik adalah sebagai berikut:

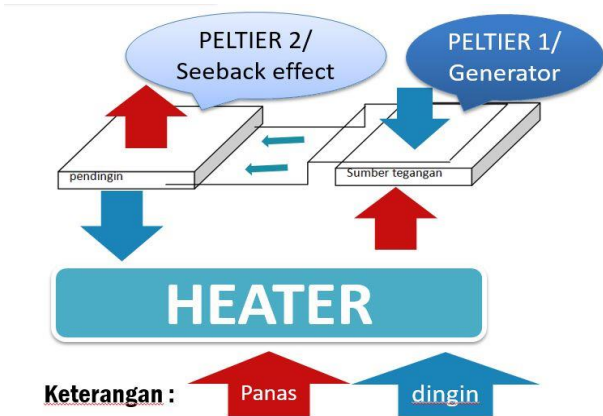
Kekuatan termoelektrik = 0,00021 V/K

Koefisien termal dari couple = 0,015 W/cm.K

Tahanan listrik = 0,001 ohm cm

Hubungan tahanan listrik = 0,0001 ohm-cm²

Pada penelitian ini digunakan alat dan bahan sebagai berikut : Peltier tipe TEC1-12706 sebagai pendingin, *heater* sebagai sumber panas pada peltier, sensor suhu sebagai elemen pendeteksi suhu, kabel mini, arduino uno sebagai pemroses data, laptop sebagai penerima data mentah dari arduino.



Gambar 2. Skema percobaan pengujian keefektifitas copule pendingin prosesor couple termoelektrik Berikut merupakan langkah pengambilan data penelitian :

1. Alat dan bahan disusun sesuai skema
2. Dilakukan kalibrasi pada sensor suhu dan tegangan yang masuk pada arduino
3. Dimulai pengambilan data untuk tegangan output dari peltier
4. Heater divariasikan suhunya agar terjadi pengaruh terhadap tegangan output
5. Tegangan output pada peltier dicatat dan dianalisis
6. Dimulai pengambilan untuk suhu dingin dari peltier
7. Heater diberi tegangan agar terjadi perbedaan suhu pada kedua kepingnya
8. Nilai suhu dingin pada peltier dicatat dan dianalisis



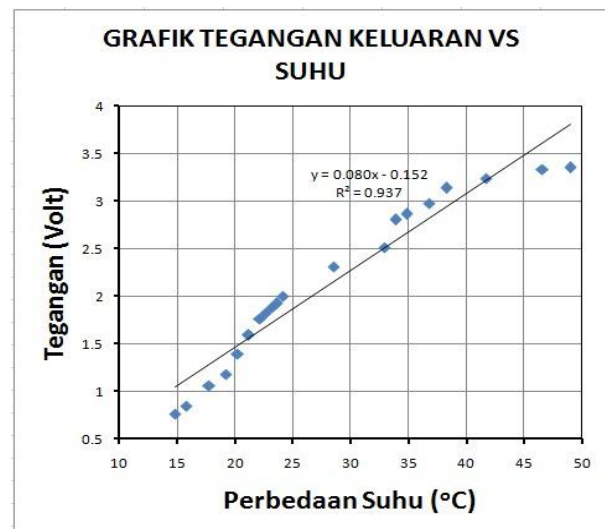
Gambar 3. Pengujian kalibrasi multimeter terhadap tegangan yang diukur



Gambar 4. Pengukuran nilai tegangan peltier generator dengan sumber panas heater

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

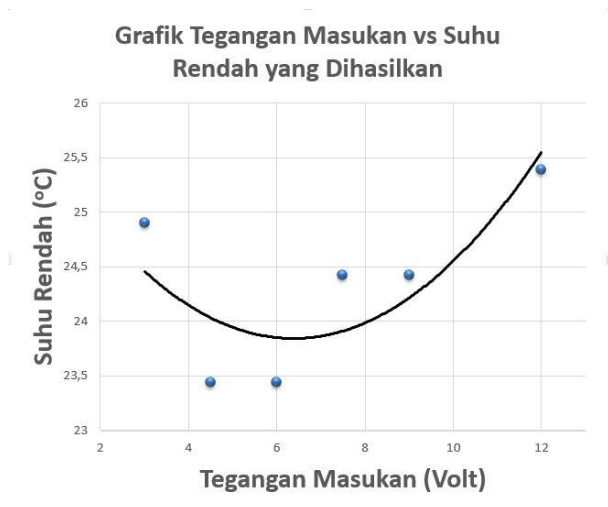
Percobaan ini dilakukan untuk mengukur nilai tegangan yang dihasilkan dari termoelektrik dengan perbedaan suhu pada kedua sisinya. Pada sumbu-x grafik adalah nilai dari perbedaan suhu pada kedua sisinya dalam satuan °C, sementara untuk sumbu-Y mewakili tegangan output yang dihasilkan :



Gambar 5. Grafik hubungan antara Suhu Minimum (ΔT) dengan tegangan output (V)

Dari gambar 5 dapat dibuktikan bahwa nilai tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik pertama sebanding dengan nilai perbedaan suhu pada kedua sisinya. Pada percobaan dengan nilai perbedaan suhu 14°C menghasilkan tegangan sebesar 0,7 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 38°C maka akan menghasilkan tegangan hanya 0,7 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 linier.



Gambar 6. Grafik hubungan antara tegangan input (V) dengan Suhu Minimum pada (°C)

Pada gambar 6 dapat dibuktikan bahwa nilai suhu minimum yang dihasilkan oleh termoelektrik 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 termoelektrik telah mendapat kalor dari sisi panas termoelektrik. Dari grafik ini dapat dibuktikan bahwa dengan tegangan 6,23 Volt mampu didapatkan suhu minimum sebesar 23,8°C, sehingga apabila termoelektrik menghasilkan tegangan lebih dari 6,23 volt maka tegangan tersebut dibuang demi mendapatkan suhu minimum sebesar 23,5 °C.

Dari kedua hasil percobaan tersebut ketika suhu prosesor adalah 74°C, sedangkan suhu ruangan adalah 24°C maka menghasilkan tegangan output 3,27 Volt dan suhu dingin 24,25°C. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai efisiensi pendinginan adalah 48,5%. Dengan demikian maka untuk mendinginkan prosesor bertemperatur tinggi dengan termoelektrik maka dibutuhkan suhu prosesor adalah sekitar 74-84 °C dan suhu ruangan sebesar 24 °C agar menghasilkan perbedaan temperatur pada kedua sisinya yaitu 50-60 °C. Dari nilai tersebut termoelektrik mampu menghasilkan tegangan output sebesar 5-7 Volt untuk disalurkan ke termoelektrik kedua sebagai pendingin atau *cooler* dengan suhu minimum sebesar 23,5 °C. Dari hasil perhitungan, suhu prosesor akan menurun dari 28,25 °C menjadi 51,75 °C. Dengan

demikian maka efektivitas maksimum dari pendingin prosesor couple termoelektrik ini adalah 64,68 %.

V. 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 0,7 Volt pada perbedaan temperatur 14°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 penelitian ini belum tercapai hasil secara maksimal karena kurangnya tegangan output yang dihasilkan dari peltier pertama. Karena tegangan yang dibutuhkan peltier kedua untuk mendinginkan prosesor harus bernilai 6 Volt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Han, Je-Chin et al. 2012. Gas turbine heat transfer and cooling technology second edition. CRC Press : Boca Raton
- [2] Hicks LD, Dresselhaus MS. Effect of quantum-well structures on the thermoelectric figure of merit. *Phys Rev B* 1993;47:12727e31.
- [3] Kreith, Frank dan Prijono, M.sc, Arko. "Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas", Edisi Ketiga. Jakarta, Penerbit Erlangga.1997.
- [4] Firmansyah B, . Analisis Perpindahan Panas pada Pendingin CPU dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 9 No.2 Juli 2009
- [5] 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.
- [6] Azimi, dkk. 2016. A Novel Cooling System Design for Water Block in Liquid Cooling Garment. *Journal of Science and Engineering* Vol. 07 (01), 2016, 072-082
- [7] ID-Cooling Ideas to Make Difference. Diakses pada laman <http://idcooling.com/> tanggal 4-6-2017 pukul 14.03 WIB
- [8] Energieforschung fur 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
- [9] Jenny, dkk. 2016. Studi Penggunaan Modul Termoelektrik sebagai Sistem Pendingin Portable. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin* Vol.01 No.1 Mei 2016