

## **DESIGN AND ANALYSIS OF THERMAL SHOWCASE MINI AS A BEVERAGE COOLER USING A THERMOELECTRIC MODULE**

### **(RANCANG BANGUN DAN ANALISA TERMAL SHOWCASE MINI SEBAGAI ALAT PENDINGIN MINUMAN MENGGUNAKAN MODUL TERMOELEKTRIK)**

*Eddy Elfiano<sup>1</sup>, Rieza Zulrian Aldio<sup>1</sup>, Muhammad Helmy<sup>1\*</sup>, Sutan Lazrisyah<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau*

*Jl. Kaharudin Nasution Km 11 No 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru*

*\*Corresponding Author: helmy696@gmail.com*

#### **ABSTRACT**

*Every home, office, company, supermarket, and mall has installed beverage coolers. This has become a major necessity for people living in tropical countries, such as Indonesia. There are various types of use of the thermoelectric or peltier module, including food coolers, medicinal coolers, drinking water coolers in dispensers, and computer processor coolers. Besides being easy to apply, this tool is expected to be able to open up ideas in the use of thermoelectric modules that are more environmentally friendly than refrigerants. This research was conducted to obtain the size of the showcase mini design, the assembly process of the showcase mini tool, and to obtain the thermal analysis results contained in the showcase mini tool as a cooling medium. Showcase is a refrigerator that is used to display food or drinks that you want to display using glass media as a standout for the product being displayed. Thermoelectric technology is a technology that works by converting heat energy into electrical energy directly or vice versa, from electrical energy to produce cold energy. Thermoelectric is made of solid state material (solid material) which can convert energy from temperature difference to potential difference or vice versa. In this study, 2 variations of cooling load were used, namely without cooling load and with cooling load. Thermal analysis was carried out and got the results. The highest result from the calculation of conduction heat transfer load without cooling load is 0.013 Watt. The highest result from the calculation of the conduction heat transfer load with the cooling load is 0.010 Watt. The highest result from calculating the product heat load is 1.555 Watts. The highest result from the calculation of COP (Coefficient Of Performance) is 4,823. The expenses incurred each month are 16,000 rupiah.*

*Keywords: Showcase, Thermal Analysis, Thermoelectric.*

#### **ABSTRAK**

*Di Indonesia yang beriklim tropis memang dibutuhkan alat pendingin minuman. Hampir di setiap rumah, kantor, perusahaan, swalayan, dan mall yang memasang alat pendingin minuman. Ini memang sudah menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat yang tinggal dinegara beriklim tropis Ada berbagai macam jenis penggunaan modul termoelektrik atau peltier antara lain pendingin makanan, pendingin obat-obatan, pendingin air minum pada dispenser, dan pendingin*



*prosesor komputer. Selain mudah dalam pengaplikasiannya, dengan alat ini diharapkan mampu membuka gagasan dalam penggunaan modul termoelektrik yang lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan refrigran. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan ukuran pada rancangan showcase mini, proses perakitan alat showcase mini, dan mendapatkan hasil analisa termal yang terdapat pada alat showcase mini sebagai media pendingin. showcase adalah lemari pendingin yang digunakan untuk menampilkan makanan atau minuman yang ingin ditampilkan menggunakan media kaca sebagai penonjol produk yang ditampilkan. Teknologi termoelektrik adalah teknologi yang bekerja dengan mengkonversikan energi panas menjadi energi listrik secara langsung atau sebaliknya, dari energi listrik menghasilkan energi dingin. Termoelektrik terbuat dari solid state material (material zat padat) yang dapat mengkonversikan energi dari perbedaan temperatur ke beda potensial atau sebaliknya. Pada penelitian ini, digunakan 2 variasi beban pendingin yaitu tanpa beban pendingin dan dengan beban pendingin. Analisa termal dilakukan dan mendapatkan hasil. Hasil tertinggi dari perhitungan beban perpindahan panas konduksi tanpa beban pendingin adalah 0,013 Watt. Hasil tertinggi dari perhitungan beban perpindahan panas konduksi dengan beban pendingin adalah 0,010 Watt. Hasil tertinggi dari perhitungan beban kalor produk adalah 1,555 Watt. Hasil tertinggi dari perhitungan COP (Coefficient Of Performance) adalah 4,823. Biaya pengeluaran (cost) yang dikeluarkan disetiap bulan adalah sebesar 16000 rupiah.*

*Kata Kunci : Analisa Termal, Showcase Mini, Termoelektrik.*

## **PENDAHULUAN**

Hampir disetiap tempat usaha menggunakan showcase seperti restoran, toko kue, warung, swalayan, dan masih banyak lagi (Derry, 2016). Showcase bertindak sebagai alat yang menggunakan sistem pendinginan atau refrigrasi. Refrigrasi adalah proses pengambilan kalor dari ruang atau benda untuk menurunkan temperaturnya. Kalor adalah salah satu bentuk dari energi, sehingga mengambil kalor suatu benda sama dengan mengambil sebagian energi dari molekul-molekulnya. metode pengkondisian temperatur ruangan agar tetap berada dibawah temperatur lingkungan adalah metode dari refrigrasi, sehingga metode refrigrasi sama dengan metode pendinginan (Nugroho, 2016). Refrigrasi dapat dikatakan juga dengan proses

pemindahan kalor dari suatu benda atau ruangan ke suatu benda atau ruangan lainnya (Purwanto dan Kemal, 2014).

Ada berbagai macam jenis penggunaan modul termoelektrik atau peltier antara lain pendingin makanan, pendingin obat-obatan, pendingin air minum pada dispenser, dan pendingin prosesor komputer. Termoelektrik terbuat dari solid state material (material zat padat) yang dapat mengkonversikan energi dari perbedaan temperatur ke beda potensial atau sebaliknya. Pada skala atom, perbedaan temperatur menyebabkan muatan pembawa berdifusi dari permukaan panas menuju ke permukaan dingin (Tulak, 2013).

Adapun peltier merupakan proses dimana salah satu sisi melepaskan

panas sedangkan sisi yang lain menyerap panas, dan sebaliknya bila arus dibalik (Selviana, 2017). Keramik *peltier* sebagai elemen yang menyebabkan perbedaan suhu, sering dikenal dengan nama lempengan *peltier* yang dimana lempengannya berbahan keramik yang memiliki fungsi yang sangat unik (Delly dkk, 2016).

Terdapat 2 jenis termoelektrik yaitu, TEG (Thermo Electric Generator) yang menghasilkan energi listrik melalui aliran panas dan jenis dan TEC (Thermo Electric Cooler) Termoelektrik tipe TEG menggunakan material PbTe dan SiGe, sedangkan termoelektrik tipe TEC menggunakan material Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, PbSe, dan SiGe (Setyadi, 2014).

Efek termoelektrik merupakan proses konversi energi langsung akibat perbedaan temperatur atau setelah diberi tegangan listrik. Perbedaan temperatur akan dihasilkan jika termoelektrik diberikan tegangan listrik, dan sebaliknya tegangan listrik akan dihasilkan oleh termoelektrik jika kedua sisi permukaan memiliki temperatur yang berbeda (Ihza dkk, 2016).

Selain mudah dalam pengaplikasiannya, dengan alat ini diharapkan mampu membuka gagasan dalam penggunaan modul termoelektrik yang lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan refrigran. Oleh sebab itu, dibutuhkan rancang bangun alat pendingin minuman menggunakan modul termoelektrik yang nantinya dapat dihasilkan koefisien perpindahan panas yang baik. Dari keadaan tersebut, menunjukkan pentingnya penelitian ini perlu dilakukan,

mengingat pentingnya penggunaan modul termoelektrik di masa kini.

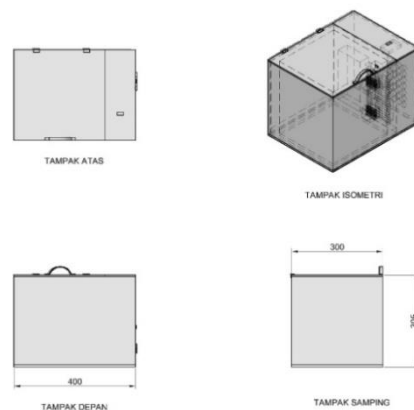
## METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan secara 3 tahap, yaitu perancangan alat penelitian, perakitan alat penelitian, dan pengujian alat penelitian.

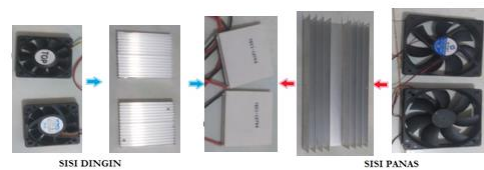
Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

## Skema Rancangan

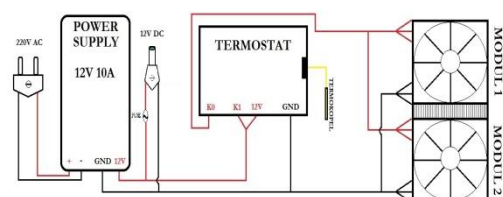
Skema rancangan yang dirancang ada 3 tahap, yaitu skema rancangan *showcase mini*, skema susunan modul pendingin, dan skema rangkaian kelistrikan *showcase mini*.



Gambar 2.1. Skema Rancangan Showcase Mini



Gambar 2.2. Skema Susunan Modul Pendingin



Gambar 2.3. Skema Rangkaian Kelistrikan Showcase Mini

### Perakitan Alat Penelitian

Perakitan alat penelitian dilakukan setelah alat dan bahan yang diperlukan telah siap semua. Berikut proses perakitan alat *showcase mini* :

1. Potong papan *multyplex* sebagai *casing* menggunakan gergaji dengan ukuran 40cm x 30cm sebanyak 3 lembar, ukuran 30cm x 30cm sebanyak 2 lembar, ukuran 10cm x 30cm sebanyak 1 lembar.
2. Potong *aluminium* siku dengan ukuran 40cm x 30cm x 30cm sebagai rangka alat penelitian, kemudian rakit rangka dan pasang papan *multyplex* yang sudah dipotong menjadi *casing showcase mini*.
3. Potong *styrofoam* menggunakan *cutter* dengan ukuran 30cm x 30cm x 30cm, lalu direkatkan menggunakan lem *sealant*. Rangkai *Styrofoam* menjadi bentuk kotak dan buat lubang untuk *coldsink* modul pendingin.
4. Potong *aluminium foil tape* sesuai dengan ukuran *styrofoam* bagian dalam sebagai penahan temperatur pada bagian dalam *styrofoam* yang telah berbentuk kotak.
5. Satukan kotak *Styrofoam* dengan *casing showcase mini*. Posisikan kotak didalam *casing* dan lubang *coldsink* berada pada bagian ruang mesin *showcase mini*.
6. Merakit susunan modul pendingin sesuai dengan skema yang terdapat pada Gambar 2.2.
7. Pasang modul pendingin ke kotak *styrofoam* sesuai dengan posisi yang sudah ditentukan. Sesuaikan posisi *coldsink* dengan lubang yang berada pada kotak *styrofoam*.
8. Merakit rangkaian kelistrikan *showcase mini* sesuai dengan skema yang terdapat pada Gambar 2.3.
9. Potong papan *acrylic* menggunakan *cutter* dengan ukuran 30cm x 30cm sebanyak 1 lembar sebagai penutup *showcase mini*.
10. Pasang papan *acrylic* pada *casing showcase mini* menggunakan 2 buah engsel, gabungkan 2 buah engsel dengan menggunakan obeng.
11. Pasang gagang lemari sebagai pegangan membuka tutup *showcase mini*.
12. Pasang kunci *tic-tac* sebagai pengunci penutup *showcase mini*, gunakan obeng untuk memasang kunci didinding *casing* dan penutup *showcase mini*.
13. Pasang *double tape* busa di sekeliling bibir *showcase mini* untuk mencegah udara bersirkulasi.
14. Lakukan *finishing* seperti pemasangan *garnish aluminium* siku pada *casing showcase mini* dan pengecek ulang dari seluruh perakitan *showcase mini* untuk memastikan semuanya sudah terpasang dengan rapi dan bersih.



Gambar 2.4. *Showcase Mini*

### Pengujian Alat Penelitian

Pengujian alat penelitian dilakukan dengan 2 variasi, yaitu tanpa beban pendingin dan dengan beban pendingin. Pengujian alat dilakukan dengan memasang alat pengujian disetiap parameter yang didata. Pengujian ini dilakukan selama 6 jam dengan pengambilan data setiap durasi 30 menit.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian alat *showcase mini* variasi tanpa beban pendingin dapat dilihat pada tabel 3.1 dan data hasil pengujian alat *showcase mini* variasi dengan beban pendingin dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.1. Data Hasil Pengujian Tanpa Beban Pendingin

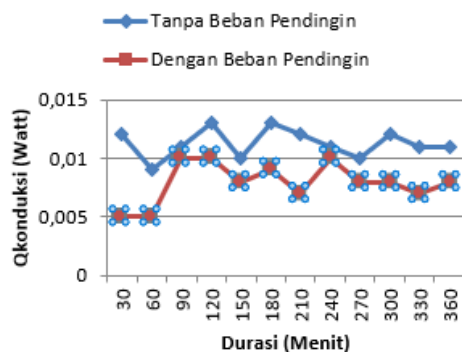
No	Waktu	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	V	I
1	00.30	29,0	22,9	18,9	45,4	29,5	26,9	12,39	0,026
2	01.00	29,0	23,4	18,8	45,3	29,3	27,4	12,39	0,026
3	01.30	29,5	23,5	18,8	45,1	29,3	26,9	12,40	0,026
4	02.00	28,6	22,9	17,8	44,3	28,9	26,1	12,40	0,026
5	02.30	29,3	22,3	17,9	44,3	29,1	26,9	12,40	0,026
6	03.00	29,1	22,5	18,1	44,5	29,6	26,8	12,40	0,026
7	03.30	29,4	22,8	18,4	44,0	29,3	26,7	12,40	0,026
8	04.00	29,1	22,8	18,8	44,3	29,1	26,8	12,40	0,026
9	04.30	29,1	22,8	18,5	44,1	28,9	26,7	12,40	0,026
10	05.00	30,3	22,7	18,3	44,6	28,9	26,4	12,40	0,026
11	05.30	29,1	22,6	18,3	44,7	28,6	26,3	12,40	0,026
12	06.00	30,4	22,6	18,3	44,6	28,9	26,6	12,40	0,026

Tabel 3.2. Data Hasil Pengujian Dengan Beban Pendingin

No	Waktu	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	V	I
1	00.30	29,0	22,9	18,9	45,4	29,5	26,9	12,39	0,026
2	01.00	29,0	23,4	18,8	45,3	29,3	27,4	12,39	0,026
3	01.30	29,5	23,5	18,8	45,1	29,3	26,9	12,40	0,026
4	02.00	28,6	22,9	17,8	44,3	28,9	26,1	12,40	0,026
5	02.30	29,3	22,3	17,9	44,3	29,1	26,9	12,40	0,026
6	03.00	29,1	22,5	18,1	44,5	29,6	26,8	12,40	0,026
7	03.30	29,4	22,8	18,4	44,0	29,3	26,7	12,40	0,026
8	04.00	29,1	22,8	18,8	44,3	29,1	26,8	12,40	0,026
9	04.30	29,1	22,8	18,5	44,1	28,9	26,7	12,40	0,026
10	05.00	30,3	22,7	18,3	44,6	28,9	26,4	12,40	0,026
11	05.30	29,1	22,6	18,3	44,7	28,6	26,3	12,40	0,026
12	06.00	30,4	22,6	18,3	44,6	28,9	26,6	12,40	0,026

### Hasil Perhitungan Beban Perpindahan Panas Konduksi

Setelah dilakukan pengujian dan pengolahan data, maka didapatkan beban perpindahan panas konduksi seperti gambar 3.1. dibawah ini :

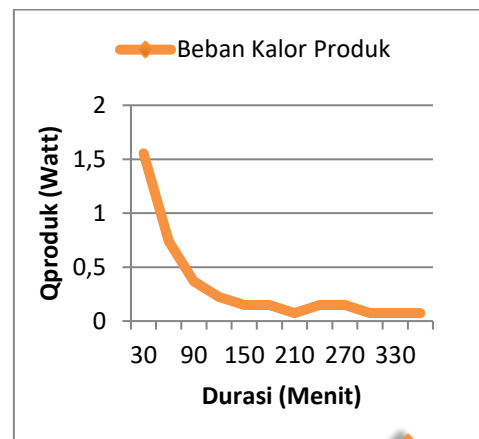


Gambar 3.1. Diagram Hasil Perhitungan Beban Perpindahan Panas Konduksi

Dari gambar 3.1. diatas terdapat dua variasi yaitu tanpa beban pendingin dan dengan beban pendingin. Untuk variasi tanpa beban pendingin didapat nilai pada durasi 120 menit dan 180 menit dengan nilai 0,013 Watt. Sedangkan variasi dengan beban pendingin didapat nilai pada durasi 90 menit, 120 menit, dan 240 menit dengan nilai 0,010 Watt.

### Hasil Perhitungan Beban Kalor Produk

Setelah dilakukan pengujian dan pengolahan data, maka didapatkan beban kalor produk seperti gambar 3.2. dibawah ini :



Gambar 3.2. Diagram Hasil Perhitungan Beban Kalor Produk

Dari gambar 3.2. diatas didapat nilai tertinggi dan terendah. Untuk nilai tertinggi didapat pada durasi 30 menit dengan nilai 1,555 Watt. Sedangkan nilai terendah didapat pada durasi 210 menit, 300 menit, 330 menit, dan 360 menit dengan nilai 0,074 Watt.

### Hasil Perhitungan Daya Input

Daya *input* dari pengujian alat penelitian *showcase mini* memiliki nilai yang konstan, maka diambil nilai rata-ratanya. Perhitungan daya *input* dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{in} = V \cdot I$$

Dimana :

$P_{in}$  : Daya Input (Watt)

$V$  : 12,40 Volt

$I$  : 0,026 A

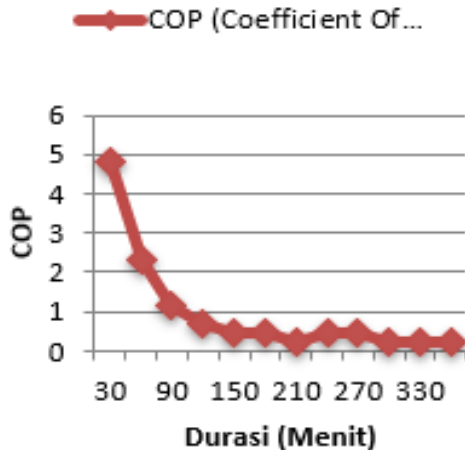
Maka,

$$\begin{aligned} P_{in} &= V \cdot I \\ &= 12,40 \text{ V} \times 0,026 \text{ A} \\ &= 0,3224 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jadi, hasil daya *input* yang didapat dari perhitungan diatas adalah sebesar 0,3224 Watt. Nilai tersebut didapat dari data tegangan dan arus listrik hasil pengujian alat penelitian.

### Hasil Perhitungan COP (Coefficient Of Performance)

Setelah dilakukan pengujian dan pengolahan data, maka didapatkan COP (Coefficient Of Performance) seperti gambar 3.3 dibawah ini :



Gambar 3.3. Diagram Hasil Perhitungan COP (Coefficient Of Performance)

Dari gambar 3.3. diatas didapat nilai tertinggi dan terendah. Untuk nilai tertinggi didapat pada durasi 30 menit dengan nilai 4,823. Sedangkan nilai terendah didapat pada durasi 210 menit, 300 menit, 330 menit, dan 360 menit dengan nilai 0,229.

### Hasil Perhitungan Biaya Pengeluaran (Cost)

Untuk mencari nilai *cost*, maka digunakan ukuran tegangan listrik dan arus listrik dari spesifikasi komponen modul pendinginan.

Tabel 3.3. Spesifikasi Komponen Modul Pendingin

No	Komponen	V	I	Jumlah
1	Termoelektrik (TEC)	1 2	6	2
2	Kipas Besar DC	1 2	0,0 2	2
3	Kipas Kecil DC	1 2	0,0 2	2

Dari tabel 4.6. maka kita dapat mencari nilai daya *input* untuk menghitung biaya pengeluaran alat penelitian *showcase mini*. Daya *input* dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= V \cdot I \\
 &= 12 \text{ V} \times [(6 \times 2)(0,02 \times 4)] \text{ A} \\
 &= 144,96 \text{ Watt} \\
 &= 0,14496 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Lalu, untuk nilai dari tarif pemakaian listrik digunakan golongan Tarif R-1/TR dengan batas daya 900 VA dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Tarif Pemakaian Listrik

No	Gol. Tarif	Batas Daya	Prabayar
1	R-1/TR	900 VA	605

maka perhitungan *cost* bisa dicari dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Cost} &= (P_{in} \times 6 \text{ hour}) \times 605 \\
 &= (0,14496 \text{ kW} \times 6 \text{ hour}) \times 605 \\
 &= 0,86976 \text{ kWh} \times 605 \\
 &= 526,2048 \\
 \text{Cost} &= 526,2048 \times 30 \text{ hari} \\
 &= 15786,144 = 16000 \text{ Rupiah}
 \end{aligned}$$

Jadi, biaya pengeluaran yang digunakan alat penelitian *showcase mini* ini sebesar Rp 600,00 perhari dan Rp 16000,00 perbulannya.

## KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Rancangan pada *showcase mini* mendapatkan ukuran alat dengan panjang 402 mm, lebar 302 mm, dan tinggi 302 mm.



2. Perakitan alat *showcase mini* menghasilkan prototipe alat yang berfungsi dengan baik.
3. Pengujian alat pendingin *showcase mini* variasi tanpa beban pendingin mendapatkan temperatur akhir ruang pendingin sebesar 22,6 °C.
4. Pengujian alat pendingin *showcase mini* variasi dengan beban pendingin mendapatkan temperatur akhir produk sebesar 23,3 °C.
5. Dalam perhitungan hasil didapatkan nilai COP (*Coefficient Of Performance*) yang tertinggi sebesar 4,823 dan terendah sebesar 0,229.
6. Biaya pengeluaran yang didapat dari perhitungan alat pendingin *showcase mini* adalah Rp 16000,00 perbulan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Delly, J., Hasbi, M., dan Alkhoiron, I.F. 2016. *Studi Penggunaan Modul Termoelektrik Sebagai Sistem Pendingin Portable*. Universitas Halu Oleo : Kendari.
- Derry. 2016. *Berbagai Macam Showcase Untuk Menampilkan Produk*. [www.Indotara.co.id](http://www.Indotara.co.id).
- Ihza, Y., Widiyanto dan Sani, A.A. 2016. *Rancang Bangun Kulkas Mini Termoelektrik*. Politeknik Negeri Sriwijaya : Palembang.
- Nugroho, W. 2016. *Rancang Bangun Alat Pendingin Minuman Portable Menggunakan Peltier*. Universitas Muhammadiyah Pontianak : Pontianak.
- Purwanto, E. dan Ridhuan, K. 2014. *Pengaruh Jenis Refrigerant Dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin*

*Pendingin*. Universitas Muhammadiyah Metro : Lampung.

Selviana, W. 2017. *Analisa Kinerja Kotak Pendingin dan Penghangat Menggunakan Modul Termoelektrik TEC-12706*. Universitas Lampung : Lampung.

Setyadi, A.H. 2014. *Pendingin Air Peltier Dengan Rangkaian Kaskade Paralel*. Universitas Sanata Dharma : Yogyakarta.

Tulak, A. 2013. *TEG Dengan 7 Termoelektrik Rangkaian Seri Untuk Charger Handphone*. Universitas Sanata Dharma : Yogyakarta.