

**EFEKTIFITAS MODUL PELTIER TEC-12706 SEBAGAI GENERATOR
DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI MODUL PELTIER
TEC-12706**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Elektro
Fakultas Teknik**

Oleh:

HAFIDH ABDURROHMAN AL FIKRI

D 400 120 045

**PROGRAM STUDI ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**EFEKTIFITAS MODUL PELTIER TEC-12706 SEBAGAI GENERATOR
DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI MODUL PELTIER
TEC-12706**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

HAFIDH ABDURROHMAN AL FIKRI

D 400 120 045

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Abdul Basith, MT.

NIK.625

HALAMAN PENGESAHAN

EFEKTIFITAS MODUL PELTIER TEC-12706 SEBAGAI GENERATOR
DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI MODUL PELTIER
TEC-12706

OLEH

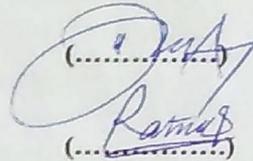
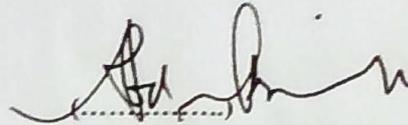
HAFIDH ABDURROHMAN AL FIKRI

D 400 120 045

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari 11 Agustus 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Abdul Basith, MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Dedi Ary Prasetya, ST .MEng
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ratnasari Nur Rohmah, ST .MT .PhD
(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT .PhD

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 06 - 08 - 2016

Penulis



HAFIDH ABDURROHMAN AL FIKRI

D 400 120 045

EFEKTIFITAS MODUL PELTIER TEC-12706 SEBAGAI GENERATOR DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI PANAS DARI MODUL PELTIER TEC-12706

Abstrak

Modul peltier adalah salah satu komponen termoelektrik dimana sering digunakan sebagai pendingin pada kotak CPU, sebagai kulkas mini pada mobil dan berbagai perangkat pendingin dalam skala kecil. Modul peltier bekerja berdasarkan prinsip peltier dimana ia akan mengakibatkan adanya proses penyerapan kalor dan pelepasan kalor disetiap sisi pada keping peltier. Kondisi yang seperti ini mengakibatkan terjadinya perbedaan suhu yang bisa sangat signifikan pada sisi-sisi keping peltier. Penelitian ini menguji efektifitas dari modul peltier yang akan dioperasikan sebagai generator dengan menggunakan prinsip efek seebeck yang dimiliki oleh modul peltier, dimana generator ini memanfaatkan dari adanya energy panas yang dihasilkan oleh modul peltier yang lain. Pemanfaatan dua prinsip ini, yaitu efek seebeck dan efek peltier yang mana 6 keping modul peltier disusun sedemikian rupa hingga membentuk sebuah kubus dengan setiap sisi yang terdiri dari kepingan modul peltier dan menggunakan beberapa perbandingan dalam pemanfaatannya sebagai generator dan sebagai penghasil panas. Pegujian yang telah dilakukan ialah dengan perbandingan 2 :4, 4 : 2, dan 3 : 3 (penghasil panas : generator). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari ketiga kombinasi yang telah dilakukan menunjukkan ketidakefektifan modul peltier TEC-12706 sebagai generator dengan memanfaatkan peltier lain dengan tipe yang sama sebagai penghasil panas

Kata Kunci: modul peltier, efek seebeck, efek peltier, generator.

Abstract

Peltier module is one component of which is often used as a thermoelectric cooler on the CPU box, a mini fridge in cars and various cooling devices on a small scale. Peltier module works on the principle of peltier where he will lead the process of heat absorption and heat release on each side of the peltier chip. Conditions such as these result in a temperature difference can be very significant at the sides of the peltier chip. This study examined the effectiveness of a Peltier module to be operated sabagai generator using the Seebeck effect principle owned by peltier modules, where the generator takes advantage of the heat energy generated by a Peltier module to another. Utilization of these two principles, namely the Seebeck effect and Peltier effect in which 6 pieces peltier modules arranged so as to form a cube with each side consisting of pieces peltier modules and use some comparisons in its utilization as a generator and as a producer of heat. Test of which has been done is a ratio of 2: 4, 4: 2 and 3: 3 (heat-: generator). The results showed that of the three combinations have shown the ineffectiveness of TEC-12706 peltier modules as a generator used peltier with another of the same type as heat producer

Keywords: Peltier module, Seebeck effect, Peltier effect, generator.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan konsumsi energy sekarang ini dari masa ke masa dirasa semakin menjadi urusan yang sangat penting, terutama kebutuhan energy listrik yang sudah umum bagi siapa saja dalam menjalankan aktifitas sehari hari, selain karena energy listrik tersebut yang memang menjadi sumber tenaga bagi alat-alat yang dipakai disekitar, juga karena memang energy listrik merupakan salah satu energy yang ramah lingkungan, tentunya dengan prosedur penggunaan yang sesuai dengan SOP (*standard operating procedure*). Kemajuan teknologi serta penemuan-penemuan para ahli di bidang teknologipun menunjang dalam pemanfaatan komponen-komponen semikonduktor yang tentunya dapat dimodifikasi atau direkayasa dengan kombinasi dari ilmu pengetahuan yang telah ada untuk bisa menghasilkan energy terbarukan yaitu energy listrik yang telah menjadi energy utama masyarakat

dalam mengoperasikan berbagai alat, seperti alat rumah tangga, alat produksi industry, maupun alat transportasi yang menunjang penggunaan energy listrik sebagai sumber energy dalam pengoperasiannya.

Bahan semikonduktor sendiri merupakan elemen dasar dari komponen elektronika, seperti transistor, IC serta diode. Bahan semikonduktor adalah suatu bahan atau unsur yang mana berada di posisi antara konduktor (mampu menghantarkan arus listrik) dan isolator (tidak dapat menghantarkan arus listrik). Mengetahui karakteristik yang unik ini maka peran semikonduktor sangatlah penting dalam dunia elektronika, disebabkan konduktivitasnya yang dapat diubah-ubah dengan menyuntikkan materi lain (biasa disebut dengan dopping). Semikonduktor sangat luas pemakaiannya, terutama sejak ditemukannya transistor pada akhir tahun 1940-an. Oleh karena itu semikonduktor dipelajari secara intensif dalam fisika zat padat. Namun dalam artikel ini hanya akan membahas bahan semikonduktor Thermoelektrik (Peltier) saja.

Dalam kehidupan sehari-hari banyak aktifitas baik itu dari diri sendiri maupun dari aktifitas sebuah perangkat atau mesin yang mana akan menghasilkan panas, dan panas tersebut biasanya hanya akan terbuang sia-sia atau hanya diabaikan dan dianggap sebagai akibat aktifitas dari perangkat yang digunakan. (J. Siviter, 2015) Kondisi ini tentunya menarik perhatian untuk bisa dimanfaatkan dalam pemberdayaan energy panas yang terbuang dengan percuma, sehingga energy terbarukan mampu terbentuk dari kondisi yang kerap ditemui dalam kehidupan sehari-hari. (Hideo Sugane, 2012) Dalam dunia industri pun limbah panas yang dihasilkan dari aktifitas mesin produksi sangatlah besar, jadi sangatlah efektif jika energy yang terbuang itu mampu dimanfaatkan.

Teknologi termoelektrik dikenal sebagai cara dalam (Andrea Montecucco, 2014) mengkonversi energi panas (perbedaan temperatur) menjadi energy listrik (generator termoelektrik) secara langsung, atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Agar bisa menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan atau dipasang sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian tersebut akan dihasilkan sejumlah arus listrik sesuai dengan jenis bahan atau material yang digunakan.

Bahan semikonduktor Thermoelektrik bekerja dengan memanfaatkan efek peltier, Yang merupakan kebalikan dari dari efek Seebeck. Efek peltier terjadi dimana jika dua logam yang berbeda disambungkan kemudian arus listrik dialirkan pada sambungan tersebut, maka akan terjadi fenomena pompa kalor atau proses penyerapan panas dan pelepasan energi panas. Salah satu komponen elektronika yang bekerja menggunakan prinsip tersebut adalah modul peltier, sehingga dalam modul peltier akan terjadi dua kondisi di kedua sisi modul termoelektrik peltier dengan sisi panas untuk proses

pelepasan panas dan kondisi dingin pada sisi penyerapan panas. Prinsip inilah yang digunakan termoelektrik sebagai pendingin/pompa kalor.

Energi panas bisa dimanfaatkan sehingga bisa lebih berguna dengan mengkonversi atau mengubahnya menjadi energi listrik yang tentunya menggunakan pengubah atau pengkonversi yang dapat merubah dari energi panas menjadi energi listrik yang dinamakan generator. Modul peltier bisa dimanfaatkan sebagai generator panas dengan mengaplikasikan prinsip efek seebeck.

Berdasarkan dari prinsip-prinsip diatas dalam upaya penciptaan energi terbarukan yang ramah lingkungan maka perlu diadakannya penelitian untuk mengetahui efektifitas dari modul peltier yang mana memanfaatkan kedua prinsip diatas, yaitu efek seebeck dan efek peltier, yang kedua prinsip tersebut bisa ditemukan pada bahan semikonduktor termoelektrik peltier. Pada penelitian ini dibuatlah rangkaian kombinasi berbentuk kubus dari 6 keping modul peltier dengan memanfaatkan prinsip dari efek seebeck sebagai generator dan efek peltier sebagai penghasil energi panas. Ditambah dengan plat dari seng sebagai media penghantar panas dan heatsing + fan sebagai penunjang dalam proses pendinginan. Proses pengambilan data menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai alat untuk mengoperasikan beberapa sensor untuk keperluan pengambilan data, beberapa sensor yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah sensor arus, sensor tegangan, dilengkapi dengan modul relay yang dihubungkan pada sensor suhu dalam pengamatan suhu modul peltier terkait dengan suplay daya.

2.METODE

Ada beberapa metode yang digunakan yaitu metode observasi dimana metode yang dilakukan dengan cara turun langsung kelapangan untuk memperoleh data-data yang diperlukan, studi literature yang merupakan metode untuk mendapatkan bahan-bahan referensi baik dari buku, paper, makalah, jurnal, ataupun artikel yang berkaitan dengan Arduino, bahan semikonduktor, modul peltier serta beberapa referensi lain yang dapat menunjang dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Setelah itu adalah konsultasi dan diskusi dimana metode ini adalah menemui dosen pembimbing dan dosen lain serta pihak lain yang sekiranya mumpuni dalam penguasaan materi terkait penyusunan tugas akhir. Terakhir adalah Eksperimen dan pengambilan data dari modul peltier sebagai penghasil panas dan modul peltier sebagai generator serta melakukan analisa dengan memanfaatkan kedua prinsip diatas.

Penelitian ini menggunakan dua komponen inti, yaitu kombinasi antara 6 keping modul peltier dan rangkaian sensor sebagai alat untuk pengambilan data. Rangkaian kombinasi dari 6 keping modul peltier ini digabung menjadi satu dengan susunan yang sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah kubus dengan ukuran 4cm x 4cm x 4m atau sekitar 64 cm. Terdapat 6 buah keping modul peltier dengan jenis yang sama atau dengan spesifikasi yang sama dan itu semua adalah salah satu modul peltier yang

sudah umum dan bisa ditemui di berbagai toko baik yang online maupun tidak. Dikarenakan penelitian ini menitikberatkan pada pengujian efisiensi modul peltier yang difungsikan sebagai generator dengan memanfaatkan energy panas dari modul peltier yang lain maka ditambahkan komponen penunjang pada kombinasi modul peltier ini, yaitu heatsink dan kipas sebagai pendingin dari kepingan modul peltier itu sendiri. Adapun modul peltier dan rangkaian kombinasi berbentuk kubus serta komponenpenunjang untuk pendingin bisa dilihat pada gambar 1.



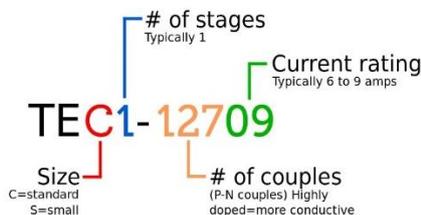
Gambar 1.kombinasi keeping peltier, heatsink dan fan

Modul peltier yang digunakan pada penelitian ini menggunakan seri TECI-12706, seri ini sudah sangat umum digunakan banyak orang sebagai komponen pendingin untuk kulkas mini maupun system pendingin CPU. Peltier jenis TECI-12706 memiliki kemampuan yang cukup untuk bisa digunakan sebagai pendingin untuk minuman kaleng dalam mobil, pendingin CPU dan lemari dengan sistem pengatur suhu dan kelembaban. Tulisan yang tertera pada badan peltier menunjukkan seri dan spesifikasi dari modul peltier tersebut, dalam tulisan yang tertera pada badan peltier menunjukkan bahwa modul peltier tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut :

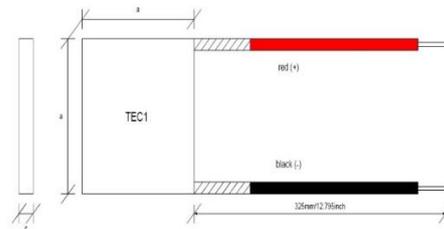
1. ukuran : 40 x 40 x 3.9mm
2. I_{max} - 7A
3. U_{max} - 15.4V
4. Q_{cmax} - 62.2W

5. $T_{max} - 69C$
6. 1.7 Ohm resistance
7. 127 thermocouples
8. Suhu max : $180^{\circ}C$
9. Suhu operasi min : $- 50^{\circ}C$

Untuk lebih jelasnya dalam memahami atau membaca spesifikasi dari modul peltier bisa dilihat pada gambar 2. Modul peltier yang sering digunakan secara umum memiliki ukuran dimensi yang sama yaitu sekitar 4cm x 4cm, gambaran dari ukuran dimensi yang dimiliki modul peltier bisa dilihat pada gambar 3. Banyak jenis atau macam modul peltier yang ada dipasaran, namun yang masuk dan ada di Indonesia tidak begitu banyak. Di bawah ini bisa dilihat pada gambar 4 beberapa macam modul peltier yang banyak digunakan beserta spesifikasi yang dimiliki.



Gambar 2. Arti tulisan pada Thermo-Electric



Gambar 3. Ukuran Thermo-Electric

Modell	a * a * c to mm/inch	Schenkel	I_{max} to A	U_{max} to V	Q_{cmax} to W $\Delta T=0$	ΔT_{max} to K $Q_c=0$
TEC1-12704T200	40*40*4,7/ 1.575*1.575*0.185	127	4	15,2	37,7	67,0
TEC1-12705T200	40*40*4,2/ 1.575*1.575*0.165	127	5	15,2	47,1	67,0
TEC1-12706T200	40*40*3,9/ 1.575*1.575*0.154	127	6	15,2	56,5	67,0
TEC1-12708T200	40*40*3,6/ 1.575*1.575*0.142	127	8	15,2	75,4	64,0
TEC1-12710T200	40*40*3,3/ 1.575*1.575*0.13	127	10	15,2	94,2	64,0

Gambar 4. Datasheet Thermo-Electric

Ada dua prinsip yang digunakan pada penelitian ini, sesuai dengan pendahuluan dan keterangan diatas dalam pengujian ini menggunakan dua prinsip yang semuanya dimiliki oleh modul peltier.

a) Efek Seebeck

Efek seebeck adalah fenomena atau kondisi yang mengubah perbedaan suhu menjadi energi listrik. ketika ada dua bahan yang berbeda dan kemudian kedua ujungnya dihubungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. saat adanya perbedaan suhu pada kedua sambunga ini,

maka akan menghasilkan arus listrik. Prinsip ini lah yang digunakan pada termoelektrik sebagai generator (pembangkit listrik). Setiap bahan mempunyai koefisien seebeck yang berbeda-beda tergantung dari komposisi yang digunakan. Semakin besar koefisien seebeck, maka yang terjadi adalah beda potensial yang dihasilkan juga akan semakin besar. Karena adanya perbedaan suhu disini dapat diubah menjadi tegangan listrik, maka dari itu prinsip ini juga digunakan atau dimanfaatkan sebagai sensor temperatur yang dinamakan thermocouple.

b) Efek Peltier

Kebalikan dari kondisi pada efek Seebeck, yaitu saat ada dua logam yang berbeda dan saling disambung selanjutnya arus listrik dialirkan pada sambungan tersebut, maka akan menimbulkan fenomena atau kondisi seperti pompa kalor. Prinsip inilah yang dimanfaatkan termoelektrik sebagai pendingin/pompa kalor. Termoelektrik terdiri dari dua buah bahan yang berbeda yang disambungkan. Bahan yang dipilih memiliki koefisien seebeck yang cukup tinggi. Untuk saat ini kebanyakan termoelektrik menggunakan Bismuth-Telluride sebagai bahan pembuatnya.

Pada Termoelektrik, saat ada perbedaan suhu antara dua sambungan, maka akan menghasilkan tegangan listrik atau efek Seebeck, secara rumus dapat ditulis:

$$V = \alpha \Delta T$$

Dimana V adalah tegangan, untuk α merupakan koefisien Seebeck (V/m), dan ΔT adalah perbedaan suhu antara dua sambungan (K).

$$q = \alpha IT$$

Fenomena sebaliknya, perbedaan suhu akan dihasilkan jika ada arus yang mengalir, yaitu efek Peltier, rumusnya dapat ditulis:

$$V = IR + \alpha \Delta T$$

Dimana q adalah besarnya kalor yang diserap atau dibuang tergantung sambungan (dalam satuan W), untuk I merupakan arus yang mengalir pada sambungan termoelektrik (dalam satuan A) dan T adalah suhu pada sambungan baik itu panas ataupun dingin (Dalam satuan K). Sambungan yang suhunya menjadi dingin artinya menyerap kalor, sedangkan sambungan dalam kondisi panas berarti membuang kalor.

Saat termoelektrik dialiri arus listrik, maka terdapat perbedaan suhu. Jika ada perbedaan suhu maka terjadi efek Seebeck, oleh karena itu tegangan pada termoelektrik saat ada arus listrik yang mengalir menjadi

$$V = IR + \alpha \Delta T$$

Dimana R adalah hambatan listrik dari modul termoelektrik dan I merupakan arus yang mengalir,. Kemudian, dengan adanya perbedaan suhu, maka akan terjadi perpindahan kalor. Dikarenakan berpindahnya kalor secara konduksi sangat dominan, maka termoelektrik diasumsikan bahwa radiasi dan konveksi antara kedua sisi modul termoelektrik diabaikan. Rumusnya dapat dituliskan :

$$q_{cond} = \frac{\Delta T}{\theta}$$

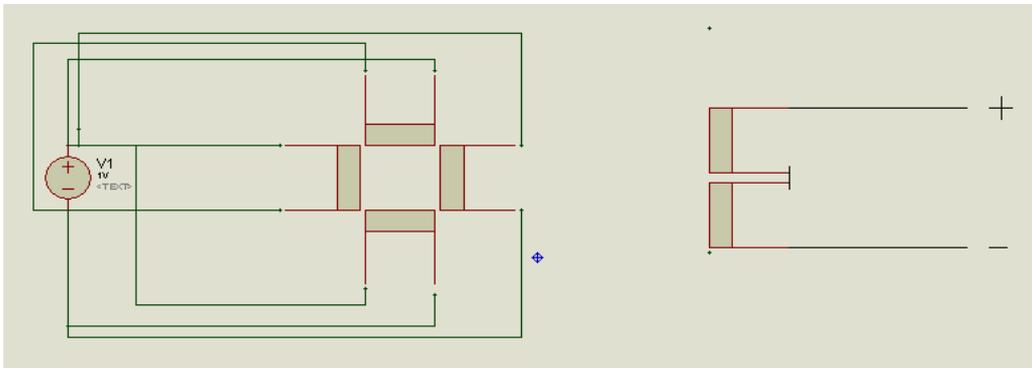
Dimana θ adalah hambatan termal dan q_{cond} adalah besarnya perpindahan kalor konduksi, ΔT adalah perbedaan temperatur antara kedua sisi modul termoelektrik.

Berdasarkan prinsip di atas diketahui bahwasannya dalam setiap keeping termoelektrik peltier ketika dialiri listrik maka kedua sisi keeping termoelektrik peltier melakukan aktifitas masing-masing dimana sisi yang pertama adalah menyerap panas sehingga bagian tersebut memiliki suhu yang dingin, sedangkan sisi satunya melakukan aktifitas pelepasan atau melepaskan kalor yang akan menyebabkan bagian tersebut memiliki suhu panas.

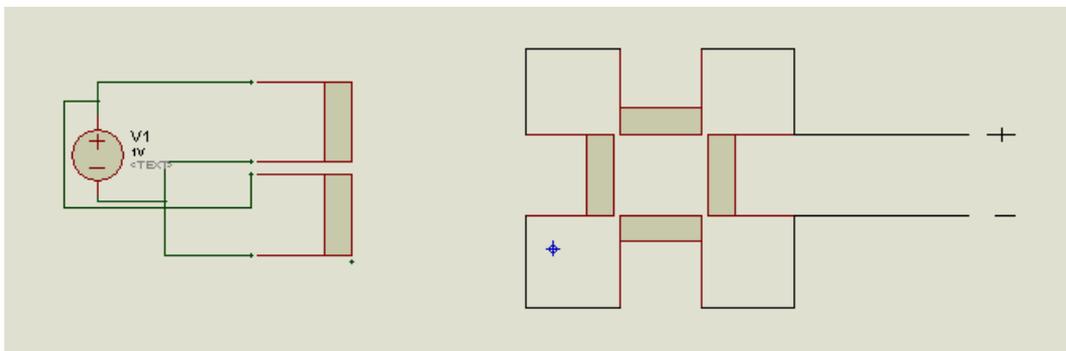
Ketika dua sisi keping peltier melakukan aktifitas menyerap dan melepaskan kalor disebabkan adanya aliran listrik pada dua jenis material bahan semikonduktor yang ada pada keping peltier, sehingga bisa diasumsikan bahwasannya ada faktor lain selain aliran listrik yang menunjang terciptanya energy panas pada sisi peltier yang melepaskan kalor. Faktor tersebut adalah udara luar yang diserap oleh sisi peltier yang satunya, sehingga ada harapan mampu memanaskan kepingan peltier lain yang difungsikan sebagai generator sehingga dapat menghasilkan keluaran yang mampu melebihi supply daya yang diberikan pada keping peltier lain yang difungsikan sebagai penghasil panas.

Pada penelitian ini ada 3 percobaan yang dilakukan dimana keping-keping peltier akan disusun sedemikian rupa sehingga tampak menjadi seperti kubus dengan ukuran 4cm x 4cm x 4cm sesuai ukuran setiap sisi peltier yang digunakan. 3 percobaan ini meliputi kombinasi dari 6 peltier yang telah disusun menjadi bentuk kubus. Yang pertama adalah kombinasi 4 : 2, yang berarti 4 keping difungsikan sebagai penghasil panas dan 2 keping difungsikan sebagai generator, kemudian kombinasi

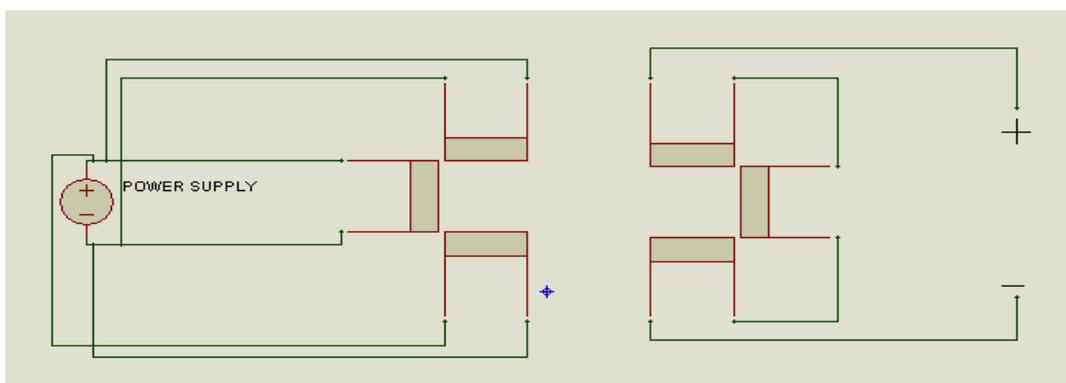
2 : 4, yang berarti 2 keping difungsikan sebagai penghasil panas dan 4 keping difungsikan sebagai generator, dan yang terakhir adalah kombinasi 3 : 3, yang berarti 3 keping difungsikan sebagai penghasil panas dan 3 keping difungsikan sebagai generator. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 5, 6 dan 7.



Gambar 5. Kombinasi 4 sebagai pemanas 2 sebagai generator

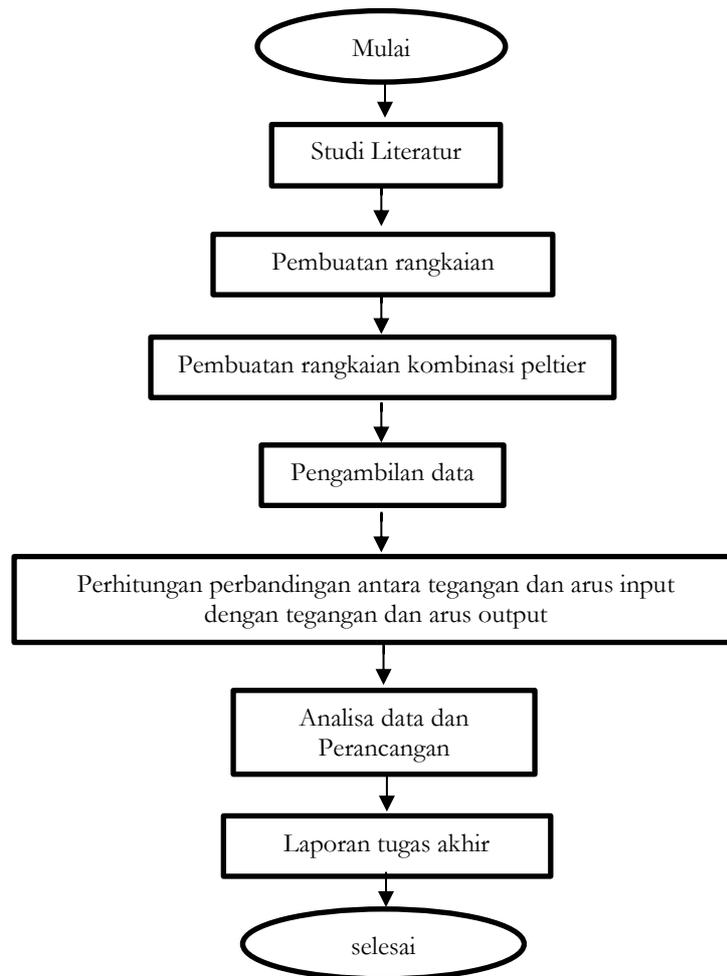


Gambar 6. Kombinasi 2 sebagai pemanas 4 sebagai generator



Gambar 7. Kombinasi 3 sebagai pemanas 3 sebagai generator

Adapun jalannya perancangan diperlihatkan pada diagram alir, pada gambar 2. berikut :



Gambar 9. Diagram alir perancangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang pertama dengan kombinasi kubus modul peltier 4 : 2 atau merupakan kombinasi 4 peltier sebagai penghasil panas dan 2 sebagai generator. Dimana supply tegangan yang diberikan adalah 1-5 V dan 8-12 V, dikarenakan pada pemberian tegangan 1-5 V dalam alat ukur arus output atau arus yang dihasilkan dari peltier sebagai generator tidak terbaca, jadi pada tabel arus output dan daya output pada tegangan 1-5 V hanya diberi tanda (-). Tabel hasil percobaan bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan input dan output untuk kombinasi 4 : 2

V in	V out	I in	I out	P in	P out	suhu
1 V	0,03 V	0,53 A	-	0,53 W	-	27,42
2 V	0,08 V	1,00 A	-	2 W	-	27,72
3 V	0,13 V	1,41 A	-	4,23 W	-	27,94
4 V	0,18 V	1,88 A	-	7,52 W	-	28,15
5 V	0,22 V	1,94 A	-	9,7 W	-	29,30
8 V	0,45 V	3,76 A	0,0006 A	30,08 W	0,00027 W	30,85
9 V	0,48 V	4,29 A	0,0007 A	38,61 W	0,00033 W	30,94
10 V	0,50 V	5,23 A	0,00075 A	52,3 W	0,00037 W	31,54
11 V	0,52 V	5,46 A	0,0008 A	60,06 W	0,00041 W	32,66
12 V	0,55 V	5,58 A	0,00093 A	66,96 W	0,00051 W	32,78

Untuk mengetahui keefektifannya maka dihitung dengan membagi antara daya output dengan daya input.

$$\frac{P_{out}}{P_{in}}$$

Untuk kombinasi 4 : 2

- a. Tegangan 8 V = $\frac{0,00027}{30,08} = 0,000008$ d. Tegangan 11 V = $\frac{0,00041}{60,06} = 0,000006$
- b. Tegangan 9 V = $\frac{0,00033}{36,61} = 0,000009$ e. Tegangan 12 V = $\frac{0,00051}{66,96} = 0,000007$
- c. Tegangan 10 V = $\frac{0,00037}{52,30} = 0,000007$

Hasil pengujian yang pertama dengan kombinasi kubus modul peltier 2 : 4 atau merupakan kombinasi 2 peltier sebagai penghasil panas dan 4 sebagai generator. Dimana supply tegangan yang diberikan adalah 1-5 V dan 8-12 V, dikarenakan pada pemberian tegangan 1-5 V dalam alat ukur arus output atau arus yang dihasilkan dari peltier sebagai generator tidak terbaca, jadi pada tabel arus output dan daya output pada tegangan 1-5 V hanya diberi tanda (-). Tabel hasil percobaan bisa dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan input dan output untuk kombinasi 2 : 4

No	V in	V out	I in	I out	P in	P out	suhu
1	1 V	0,02 V	0,53 A	-	0,53 W	-	26,48
2	2 V	0,04 V	0,53 A	-	1,06 W	-	26,73
3	3 V	0,11 V	0,82 A	-	2,46 W	-	27,52
4	4 V	0,17 V	1,12 A	-	4,48 W	-	27,78
5	5 V	0,24 V	1,35 A	-	6,75 W	-	28,06
6	8 V	0,40 V	2,76 A	0,0005 A	22,08 W	0.0002 W	28, 77
7	9 V	0,41 V	2,23 A	0,00053 A	20,07 W	0.00021 W	29,80
8	10 V	0,44 V	2,52 A	0,00058 A	25, 20 W	0.00025 W	30,18
9	11 V	0,44 V	2,64 A	0,00059 A	29, 04 W	0.00025 W	31,80
10	12 V	0,45 V	2,94 A	0,0007 A	35,28 W	0.00031 W	32,49

Untuk mengetahui keefektifannya maka dihitung dengan membagi antara daya output dengan daya input.

$$\frac{P_{out}}{P_{in}}$$

Untuk kombinasi 2 : 4

- a. Tegangan 8 V = $\frac{0.0002}{22,08} = 0,000009$ d. Tegangan 11 V = $\frac{0.00025}{29,04} = 0,000008$
 b. Tegangan 9 V = $\frac{0.00021}{20,07} = 0,000010$ e. Tegangan 12 V = $\frac{0.00031}{35,28} = 0,000008$
 c. Tegangan 10 V = $\frac{0.00025}{25,20} = 0,000009$

Hasil pengujian yang pertama dengan kombinasi kubus modul peltier 3 : 3 atau merupakan kombinasi 3 peltier sebagai penghasil panas dan 3 sebagai generator. Dimana supply tegangan yang diberikan adalah 1-5 V dan 8-12 V, dikarenakan pada pemberian tegangan 1-5 V dalam alat ukur arus output atau arus yang dihasilkan dari peltier sebagai generator tidak terbaca, jadi pada tabel arus output dan daya output pada tegangan 1-5 V hanya diberi tanda (-). Tabel hasil percobaan bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan input dan output untuk kombinasi 3 : 3

No	V in	V out	I in	I out	P in	P out	suhu
1	1 V	0,02 V	0,41 A	-	0,41 W	-	25,55
2	2 V	0,04 V	0,70 A	-	1,40 W	-	25,74
3	3 V	0,11 V	1,12 A	-	3,36 W	-	26,32
4	4 V	0,17 V	1,53 A	-	6,12 W	-	26,76
5	5 V	0,24 V	1,70 A	-	8,50 W	-	27,06
6	8 V	0,30 V	2,94 A	0,00075 A	23,52 W	0.00022 W	27,88
7	9 V	0,34 V	3,23 A	0,0008 A	29,07 W	0.00027 W	28,63
8	10 V	0,35 V	3,70 A	0,00086 A	37,00 W	0.00030 W	29,40
9	11 V	0,40 V	3,99 A	0,00092 A	43,89 W	0.00036 W	31,41
10	12 V	0,44 V	4,05 A	0,0094 A	48,60 W	0.00041 W	32,77

Untuk mengetahui keefektifannya maka dihitung dengan membagi antara daya output dengan daya

input. $\frac{P_{out}}{P_{in}}$

Untuk kombinasi 2 : 4

$$\begin{aligned}
 \text{a. Tegangan 8 V} &= \frac{0.00022}{23,52} = 0,000009 & \text{d. Tegangan 11 V} &= \frac{0.00036}{43,89} = 0,000008 \\
 \text{b. Tegangan 9 V} &= \frac{0.00027}{29,07} = 0,000009 & \text{e. Tegangan 12 V} &= \frac{0.00041}{48,60} = 0,000008 \\
 \text{c. Tegangan 10 V} &= \frac{0.00030}{37,00} = 0,000008
 \end{aligned}$$

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Untuk rangkaian kombinasi kubus peltier 2 : 4 (2 sebagai penghasil panas dan 4 sebagai generator) dengan memberikan tegangan 12 V dan arus 2,9 A hanya menghasilkan tegangan 0,45 V dan arus 0,0007 A
2. Untuk rangkaian kombinasi kubus peltier 4 : 2 (4 sebagai penghasil panas dan 2 sebagai generator) dengan memberikan tegangan 12 V dan arus 5,5 A hanya menghasilkan tegangan 0,55 V dan arus 0,00093 A
3. Untuk rangkaian kombinasi kubus peltier 3 : 3 (3 sebagai penghasil panas dan 4 sebagai generator) dengan memberikan tegangan 12 V dan arus 4,05 A hanya menghasilkan tegangan 0,44 V dan arus 0,00094 A
4. Dari ketiga kombinasi keeping peltier untuk menghasilkan daya yang paling besar adalah kombinasi keeping peltier 4 : 2, yaitu 0,00051 W

5. Dengan menggunakan rumus $\frac{P_{out}}{P_{in}}$ diketahui bahwasannya tidak ada stupun dari ketiga kombinasi yang hasilnya mencapai satu ataupun melebihi satu
6. Pada pengujian ini diketahui dengan metode rangkaian kubus dari keeping peltier dengan memanfaatkannya sebagai generator dan penghasil panas tidak efektif karena daya output tidak bisa melebihi daya input.

PERSANTUNAN

Penulis ucapkan Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat, taufik dan Hidayah-Nya sehingga Laporan Akhir Studi dengan judul “Efektifitas Modul Peltier Tec-12706 Sebagai Generator Dengan Memanfaatkan Energi Panas Dari Modul Peltier Tec-12706” dapat terselesaikan sesuai dengan lancar.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir Studi ini, khususnya kepada:

1. Kedua orang Tua yang selalu mendo'akan, memberikan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Umar, S.T, M.T, sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Abdul Basith, M.T sebagai pembimbing Tugas Akhir ini yang selalu memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis.
5. Para Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
6. Rekan-rekan seangkatan Laksono Budi Prianggodo, Singgih Ramadhan, Dedi Wiratmoko, Denta Hariyahya, Rheksi Hermawan, Sahid Sholihin dan seluruh teman-teman Teknik Elektro lainnya.
7. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrea Montecucco. (2014). The effect of temperature mismatch on thermoelectric generators electrically connected in series and parallel. *Applied Energy*, journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenergy
- Azridjal Aziz. (2015). Aplikasi Modul Pendingin Termolektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman. <https://www.researchgate.net/publication/299442141>
- J. Siviter. (2015). Experimental application of thermoelectric devices to the Rankine cycle. *Electronics and Nanoscale Research Division, School of Engineering, University of Glasgow, Glasgow, G12 8LT, UK*
- Paolo Piantanida. (2015). PV & Peltier façade: preliminary experimental results. *Politecnico di Torino – DISEG, corso Duca degli Abruzzi n. 24, I-10129 Torino, Italy*
- P´ericles R. (2008). Two-input Two-output Laboratory-scale Temperature System Based on Peltier Modules. Proceedings of the 17th World Congress
- Toshio Kawahara. (2012). Development of Peltier Current Lead for DC cable. *Physics Procedia*