

**OPTIMASI TEMPERATUR DAN ARUS UNTUK MENGHASILKAN TEGANGAN 12 VOLT DC
PADA *THERMOELECTRIC* GENERATOR MODEL SP 1848-27145
SEBAGAI *ACCUMULATOR CHARGER***

Cekmas Cekdin¹, Siska Rahmayani²

¹Lecture, Electrical Engineering Study Program, Faculty of Engineering,
Muhammadiyah University Palembang.

²Alumna, Electrical Engineering Study Program, Faculty of Engineering,
Muhammadiyah University Palembang.

email : [¹ludwigvanbeethovenmusicclasic@gmail.com](mailto:ludwigvanbeethovenmusicclasic@gmail.com)

[¹thoriqsenior@yahoo.com](mailto:thoriqsenior@yahoo.com)

[²rahmayani.siska@yahoo.co.id](mailto:rahmayani.siska@yahoo.co.id)

ABSTRACT

One source of potential energy with new innovations, namely the use of thermoelectric generator. Utilization of thermoelectric generators as a Heat power plant requires further study or research to produce an optimal system so that it can be a source of electrical energy substitutes in the provision of electrical energy. The working principle of the heat power plant is the first thermoelectric generator heated by filament where between filament and thermoelectric generator coated sheet metal. If the temperature of the heated metal is greater than the temperature of the metal heat dissipation, so experienced certain temperature difference difference, then the temperature difference causes a thermoelectric generator starts to work optimally. Measurement of Thermoelectric Generator with model number SP 1848-27145 carried out a total of 11 experiments on different materials with the same method. It consists of 4 modules compiled series, saddled lamp dc 12 Volt, 5 Watt. Optimization for charging the accumulator is 12 volts dc with temperature 27⁰C and with a current that is obtained is 3.01 Ampere.

Keywords : *Thermoelectric Generator, filament, temperature, voltage, current.*

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi kebutuhan akan energi terutama minyak terus meningkat, sementara cadangan minyak bumi semakin menipis. Krisis energi ini sebenarnya dimulai dari ketergantungan pada energi yang berasal dari minyak bumi yang tidak dapat diperbarui. Salah satu solusi untuk mengatasi persoalan ini adalah dengan mencari inovasi baru sebagai sumber energi alternatif. Salah satu sumber energi potensial dengan inovasi baru yaitu penggunaan *thermoelectric* generator. Penggunaan *thermoelectric* generator sebagai sumber energi alternatif memerlukan penelitian lebih lanjut.

Saat ini penggunaan *thermoelectric* generator sebagai sumber energi belum dimanfaatkan secara optimal. Aplikasi *thermoelectric* generator masih sebatas pada dispenser yaitu panas yang dihasilkan oleh *thermoelectric* generator untuk memanaskan air, dan pada komputer yaitu panas yang dihasilkan oleh sumber panas dalam komputer digunakan untuk membangkitkan energi listrik, kemudian energi listrik itu digunakan untuk memutar kipas yang diarahkan ke sumber panas. Alat ini mampu menurunkan panas $\pm 32^{\circ}\text{C}$ (Putra, 2009).

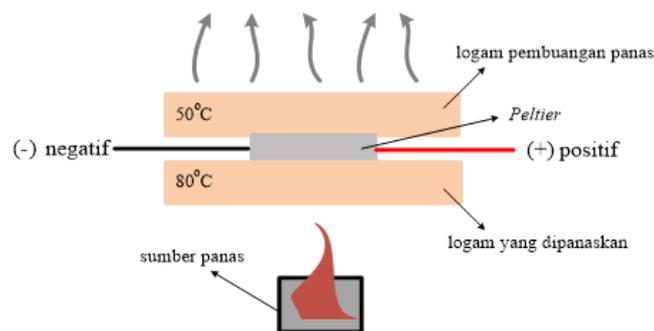
Agar dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dan bekerja dengan handal dan kontinyu, maka perlu adanya penelitian lanjut sebagai sumber energi listrik pengganti dalam penyediaan energi listrik. Pemanfaatan *thermoelectric* generator sebagai *accumulator charger*, yang nantinya perlu adanya penelitian atau kajian lebih lanjut untuk menghasilkan sistem yang optimal. Prinsip kerja dari *accumulator charger* ini adalah pertama kali *thermoelectric* generator dipanasi oleh *filament* dimana antara *filament* dan *thermoelectric* generator dilapisi lempengan logam. Jika temperatur logam yang dipanasi lebih besar dari temperatur logam pembuangan panas, sehingga mengalami selisih perbedaan temperatur tertentu, maka perbedaan temperatur tersebut menyebabkan *thermoelectric* generator mulai bekerja optimal. Semakin besar selisih temperatur maka energi listrik yang dihasilkan akan semakin besar pula, namun jika terlalu besar perbedaan temperatur menyebabkan rusaknya bahan material semikonduktor *bismuth* yang digunakan (H & Sugiyanto, 2012).

Setelah *thermoelectric* generator mulai bekerja akan dihasilkan tegangan dan arus. Arus listrik yang dihasilkan oleh *thermoelectric* generator digunakan sebagai *accumulator charger*. Daya listrik yang di butuhkan pada *filament* adalah tidak terlalu besar dan cukup untuk memanaskan *thermoelectric* generator.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Thermoelectric Generator

Thermoelectric generator pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh ilmuwan Jerman oleh Thomas Johann Seebeck (1770-1831). Kerja dari *thermoelectric* generator ini dinamakan menggunakan prinsip efek Seebeck. Prinsip efek Seebeck menggunakan energi panas yang dirubah menjadi energi listrik. Pada alat ini digunakan komponen yang bernama *peltier*. *Peltier* bila dipanaskan akan menghasilkan energi panas. Selanjutnya jika dua terminal keluaran diberi beban listrik, maka arus listrik akan mengalir pada beban tersebut (Rowe, 1995). *Thermoelectric* generator terdiri dari thermoelemen yang tersusun dari material semikonduktor tipe p dan tipe n. Material semikonduktor yang umum digunakan adalah berbasis *bismuth telluride* (Bi_2Te_3) (Vazquez, 2002). Thermoelemen ini masing-masing dihubung seri secara listrik dengan strip konduktor. Pada sisi atas dan bawah thermoelemen terdapat plat keramik sebagai isolator listrik yang bersifat sebagai penghantar panas yang baik. Panas akan mengalir secara paralel dari sumber panas melalui plat keramik salah satu sisi yang menempel pada sumber panas menuju thermoelemen dan kemudian akan melewati plat keramik sisi satunya untuk didinginkan oleh media pendingin. Media pendingin yang umum digunakan yaitu udara atau air menggunakan alat penukar panas berupa sirip-sirip (Sugiyanto, 2015). Jadi optimal *thermoelectric* generator bekerja dengan mengkonversikan energi panas menjadi energi listrik apabila perbedaan temperaturnya tertentu di antara kedua sisi *peltier*. Misal, jika logam yang dipanasi pada temperatur 80°C sedangkan temperatur logam membuang panas 50°C sehingga *peltier* mengalami selisih perbedaan temperatur 30°C . Perbedaan temperatur tersebut menyebabkan *thermoelectric* generator bekerja optimal dimana semakin besar selisih temperatur maka energi listrik yang dihasilkan akan besar pula, namun jika terlalu besar perbedaan temperatur menyebabkan rusaknya bahan material semikonduktor *bismuth* yang digunakan (H & Sugiyanto, 2012). Skema ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Efek Seebeck pada *thermoelectric* generator (Rowe, 1995).

Disamping perbedaan temperatur, energi listrik optimal yang dihasilkan juga bergantung pada susunan *thermoelectric* generator. Berikut adalah tabel perbedaan temperatur, tegangan, arus, dan daya untuk nomor model *thermoelectric* generator SP 1848-27145 seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan temperatur, tegangan, arus, dan daya untuk nomor model *thermoelectric* generator SP 1848-27145 (Ismail & Ahmed, 2009).

ΔT ($^\circ\text{C}$)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (Watt)
20	0,97	225	0,22
40	1,8	368	0,66
60	2,4	469	1,13
80	3,6	558	2,01
10	4,8	669	3,21

2.2. Perpindahan Kalor Konduksi

Jika pada suatu benda terdapat *gradient* temperatur, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bertemperatur tinggi ke bagian bertemperatur rendah (Bejan, 2013). Dapat dikatakan bahwa energi perpindahan

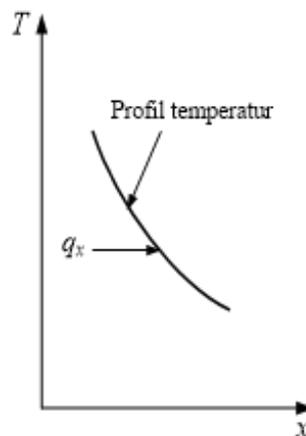
terjadi secara konduksi atau hantaran dan laju perpindahan kalor itu berbanding dengan *gradient* temperatur normal sesuai dengan hubungan berikut

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x} \quad (1)$$

Jika dimasukkan konstanta proporsionalitas atau tetapan kesebandingan, maka

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2)$$

dengan q adalah laju perpindahan kalor dan $\partial T / \partial x$ merupakan *gradient* temperatur ke arah perpindahan kalor. Konstanta positif k disebut konduktivitas atau kehantaran termal benda itu, sedangkan tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala temperatur, sebagaimana juga ditunjukkan dalam sistem koordinat pada Gambar 2. Persamaan (1) disebut hukum *Fourier* tentang konduksi kalor.



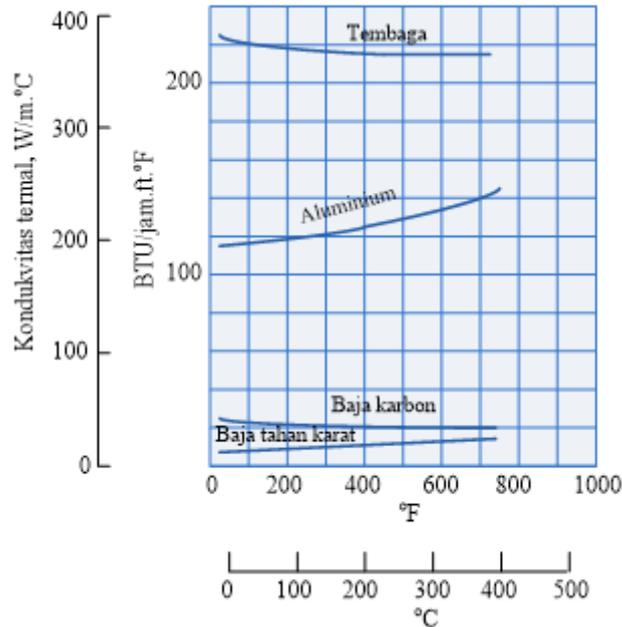
Gambar 2. Bagan yang menunjukkan arah aliran kalor (Holman, 1997).

Nilai konduktivitas termal bahan logam dan non logam diberikan dalam Tabel 2. Pada umumnya konduktivitas termal itu sangat tergantung pada temperatur.

Tabel 2. Konduktivitas Termal Bahan Logam dan Non Logam pada 0°C (Holman, 1997).

Bahan	Konduktivitas termal	
	W/m.°C	B tu/h. ft.°F
<i>Logam</i>		
Perak (murni)	410	237
Tembaga (murni)	385	223
Aluminium (murni)	202	117
Nikel (murni)	93	54
Besi (murni)	73	42
Baja karbon, 1% C	43	25
Timbal (murni)	35	20,3
Baja krom-nikel (18% Cr, 8% Ni)	16,3	9,4
<i>Non Logam</i>		
Kuarsa (sejajar sumbu)	41,6	24
Magnesit	4,15	2,4
Marmar	2,08-2,04	1,2-1,7
Batu pasir	1,83	1,06
Kaca, jendela	0,78	0,45
Kayu maple atau ek	0,17	0,096
Serbuk gergaji	0,059	0,034
Wol kaca	0,038	0,022

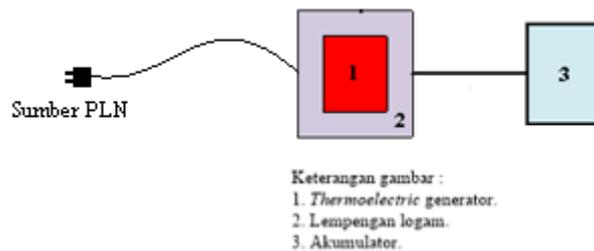
Konduktivitas termal beberapa zat padat tertentu ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Konduktivitas termal beberapa zat padat (Holman, 1997).

2.3. Aplikasi *Thermoelectric Generator* Sebagai *Accumulator Charger*

Aplikasi *thermoelectric* generator sebagai *accumulator charger* seperti Gambar 4.



Gambar 4. Aplikasi *thermoelectric* generator sebagai *accumulator charger*.

Penjelasan singkat dari Gambar 4 dan kelengkapannya :

1. *Thermoelectric* Generator

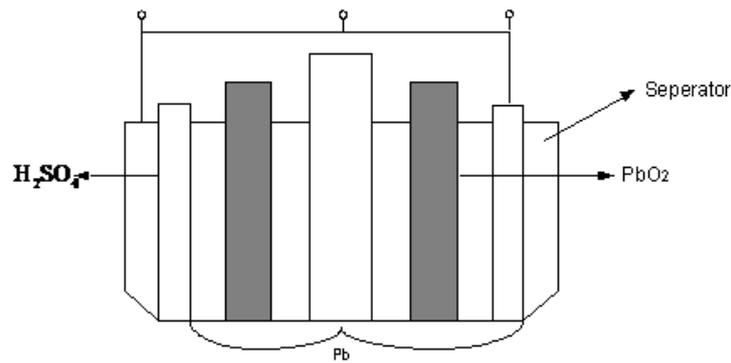
Thermoelectric generator dipanaskan melalui lempengan logam dan *filamen*, setelah panas tertentu *thermoelectric* generator menimbulkan arus dan tegangan. Keluaran dari *thermoelectric* generator dihubungkan ke *accumulator* untuk pengisian muatan (*charging*). *Filament* adalah suatu komponen pemanas yang bisa diatur temperaturnya sesuai dengan yang diinginkan (Dunn, 2005).

2. Lempengan Logam

Lempengan logam digunakan untuk menghasilkan sumber panas yang nantinya untuk memanaskan *thermoelectric* generator, pada lempengan logam dipasang *filament*, dari *filament* dipasang kabel dan dihubungkan ke PLN.

3. Akumulator

Akumulator adalah suatu alat yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Konstruksi *akumulator* seperti pada Gambar 5 (Rayanto, 2013).



Gambar 5. Konstruksi *accumulator*.

Kemampuan *accumulator* mengeluarkan aliran arus listrik disebut kapasitas arus listrik. Besar kapasitas arus listrik pada *accumulator* dinyatakan dalam *Ampere hour* (Ah) atau *Amperejam*.

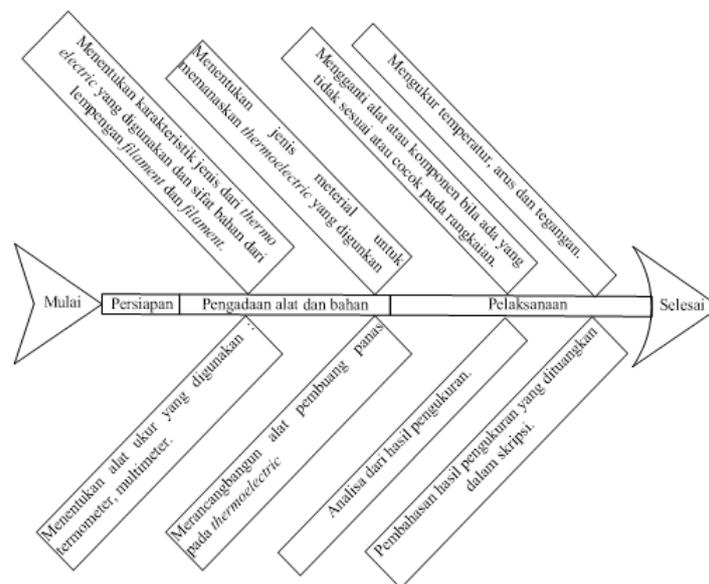
3. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan waktu

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Prodi Teknik Elektro FT-UM Palembang Kampus B, Jln Banten 13 Ulu Palembang dari tanggal 25 Februari 2017 sampai dengan tanggal 22 Juli 2017.

3.2. *Fishbone Diagram*

Rangkaian kegiatan untuk mencapai tujuan yang keseluruhannya diselesaikan dalam waktu 5 bulan. Garis besar kegiatan dan cara kerja yang akan dilaksanakan seperti pada *fishbone diagram* Gambar 6.



Gambar 6. *Fishbone diagram* penelitian.

Kegiatan ini adalah meliputi :

A. Persiapan

Agar dalam rancang bangun *Thermoelectric Generator* yang akan dikerjakan nanti dapat menghasilkan suatu peralatan yang optimal dan berdaya guna, maka sebagai langkah awal yang sangat penting adalah studi literatur.

Studi ini secara umum tujuannya untuk mengetahui masing-masing kapasitas arus maupun daya yang diperlukan, jenis-jenis bahan dan karakteristiknya.

B. Pengadaan bahan dan alat

Setelah masing-masing kapasitas arus maupun daya, jenis-jenis bahan dan karakteristiknya diketahui, kemudian mengadakan bahan dan alat. Pengadaan bahan dan alat harus disesuaikan dalam tahap pelaksanaan, agar bahan dan alat cocok dengan keperluan. Dalam hal ini : menentukan karakteristik jenis dari *thermoelectric* yang digunakan dan sifat bahan dari lempengan *filament* dan *filament*, menentukan jenis material untuk memanaskan *thermoelectric* yang digunakan, menentukan alat ukur yang digunakan : termometer dan multimeter, dan merancang bangun alat pembuang panas pada *thermoelectric*.

Adapun bahan dan alat yang digunakan : *Thermoelectric Generator* tipe SP 1848-27145 sebanyak 30 modul, satu buah termometer infrared DT-480, satu buah multimeter digital tipe DT-830D, seperangkat alat pendingin, seperangkat alat pemanas, satu buah alat pengatur temperatur, satu buah kunci Inggris ukuran 200 mm, satu buah soder, satu rol timah soder, dan satu botol ukuran sedang lem merk fox.

C. Pelaksanaan.

Menentukan karakteristik jenis dari *thermoelectric Generator* yang digunakan dan sifat bahan dari lempengan *filament* dan *filament*. Dengan tahap pelaksanaan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut : mengganti alat atau komponen bila ada yang tidak sesuai atau yang cocok pada rangkaian, memasang *thermoelectric Generator* pada seperangkat alat pemanas dan pendingin dengan formasi seri yang terdiri 4 modul, mengatur temperatur sehingga didapat kisaran tegangan 12 Volt dari formasi seri *thermoelectric generator*, mengukur arus dan tegangan, analisa dari hasil pengukuran.

4. DATA, DAN ANALISIS

4.1. Data Pengukuran

Thermoelectric Generator yang digunakan untuk nomor model SP 1848-27145 yang terdiri 4 modul disusun seri, dibebani lampu dc 5 Watt, 12 Volt. Untuk menghasilkan tegangan dengan kisaran 12 Volt, dimana kisaran temperatur adalah pada $range\ 25,8^{\circ}C \leq Temperatur \leq 27,5^{\circ}C$, dengan arus yang dihasilkan pada $range\ 2,84\ Amper \leq Arus \leq 3,3\ Amper$, dan tegangan yang dihasilkan adalah pada $range-range\ 11,4\ Volt \leq Tegangan \leq 13,8\ Volt$. Data hasil pengukuran dapat disajikan seperti pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Data hasil pengukuran *Thermoelectric Generator* untuk nomor model SP 1848-27145 yang terdiri 4 modul disusun seri, dibebani *accumulator* 12 Volt, 70 Ampere hour (Ah).

Temperatur ($^{\circ}C$)	Arus (Amper)	Tegangan (Volt)
27,5	2,84	11,4
27,0	3,01	12,0
26,8	3,03	12,4
26,6	3,01	12,6
26,5	3,09	12,8
26,5	3,11	13,05
26,5	3,17	13,2
26,3	3,17	13,4
26,0	3,19	13,6
26,0	3,22	13,8
25.8	3,3	13,68

4.2. Analisis

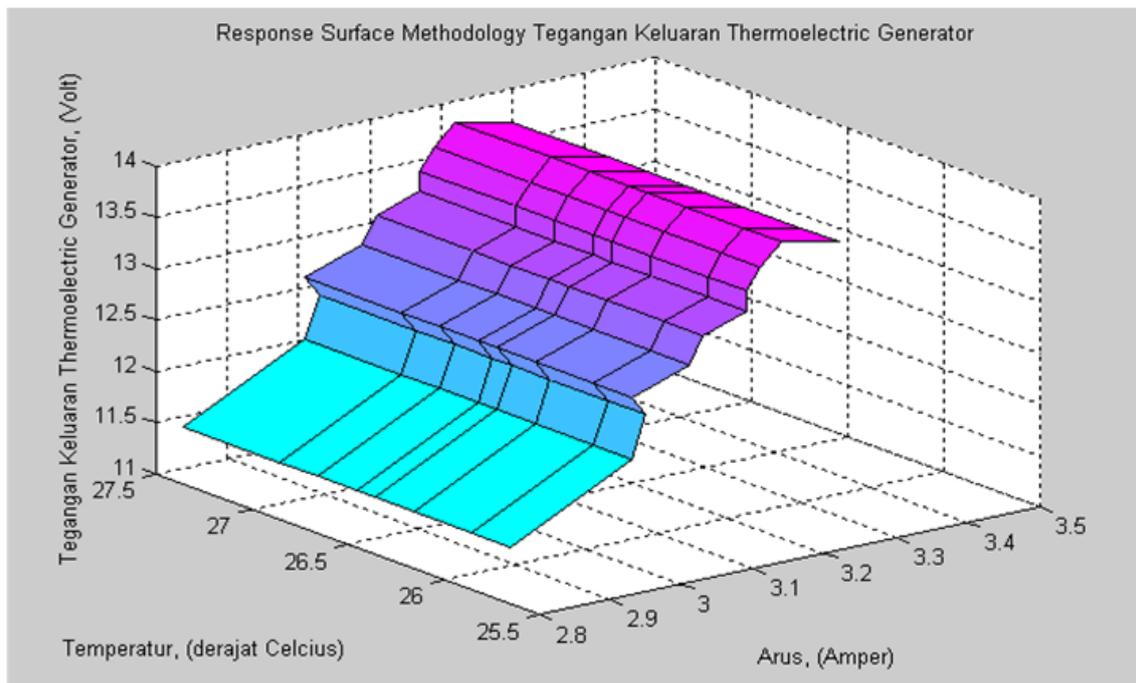
Untuk menampilkan *Response Surface Methodology*, yaitu menampilkan temperatur, arus dan tegangan adalah terlebih dahulu disusun programnya yang berdasarkan pada Tabel 3. Susunan bahasa programnya adalah dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB sebagai berikut

```

x = [2.84; 3.01; 3.03; 3.01; 3.09; 3.11; 3.17; 3.17; 3.19; 3.22; 3.3];
y = [27.5; 27; 26.8; 26.6; 26.5; 26.5; 26.5; 26.3; 26; 26; 25.8];
[X,Y] = meshgrid(x,y);
z = [11.4; 12; 12.4; 12.6; 12.8; 13.05; 13.2; 13.4; 13.6; 13.8; 13.68];
[Z] = meshgrid(z);
surf(X,Y,Z);
colormap(cool)
xlabel('Arus, (Amper)')
ylabel('Temperatur, (derajat Celcius)')
zlabel('Tegangan Keluaran Thermoelectric Generator, (Volt)')
title('Response Surface Methodology Tegangan Keluaran Thermoelectric Generator')
axis([2.8 3.5 25.5 27.5 11 14])

```

Tampilan *Response Surface Methodology* adalah seperti Gambar 7 di bawah ini



Gambar 7. *Response Surface Methodology* dari *Thermoelectric Generator* yang digunakan dengan nomor model SP 1848-27145 yang terdiri 4 modul disusun seri, sebagai *accumulator charger*, 12 Volt dc, 70 Ampere hour.

Dari hasil pengukuran seperti pada Tabel 3, optimasi dicapai pada temperatur 27⁰C, arus 3,01 Amper dan tegangan dc 12 Volt. Hasil pengukuran 11 percobaan berada dalam batas toleransi yang diizinkan, hal di bawah 15 % dari tegangan 12 Volt dc. Tegangan maksimum keluaran dari *thermoelectric* generator terjadi pada 13,68 Volt dc, masih di bawah toleransi yang diizinkan yaitu 14 %. Jika terjadi di atas batas tegangan toleransi yang diizinkan umur dari pemakaian *accumulator* tidaklah lama. Agar *accumulator* awet dalam penggunaan tegangan keluaran *thermoelectric* generator harus diatur sedemikian rupa, yaitu dengan mengatur temperatur dan arus. Kendala yang dihadapi dalam *accumulator charger* adalah arusnya kecil untuk 4 modul yang diserikan. Dan untuk mengatasi ini harus dibuat beberapa modul dan diparalelkan, agar arus yang dihasilkan besar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dapat disimpulkan sebagai berikut, optimasi yang dicapai untuk *accumulator charger* adalah 12 Volt dc dengan arus 3,01 Amper pada temperatur 27⁰C, arus terbesar yang didapat adalah 3,3 Ampere pada tegangan 13,68 Volt dc dan pada temperatur 25,8⁰C. Pada kasus ini bukan pencapaian suatu titik optimasi karena tegangannya melampaui 12 Volt, dan arus terkecil yang didapat adalah 2,84 Ampere pada tegangan 11,4 Volt dc dan pada temperatur 27,5⁰C.

5.2. Saran

Untuk mengatasi kendala yang dihadapi dalam *accumulator charger* pada arus yang kecil dengan 4 modul yang diserikan, harus dibuat beberapa modul dan diparalelkan, agar arus yang dihasilkan besar. Sehingga *accumulator charger* dengan waktu yang relatif cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bejan, A., 2013. *Convection Heat Transfer*, 4th Edition, John Wiley & Sons.
- Boylestad, R. & Nashelsky, L., 2009. *Electronics Devices and Circuits Theory*, 7th Edition, Prentice Hall.
- Dunn, W.C., 2005. *Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control*, McGraw-Hill.
- Holman, J.P., 1997. *Perpindahan Kalor*, Edisi Keenam, Alih Bahasa, Ir. E. Jasjfi, M.Sc, Penerbit Erlangga.
- Ismail, B.I. & Ahmed, W.H., 2009., *Thermoelectric Power Generator Using Waste-Heat Energy as an Alternative Green Technology*, Recent Patent on Electricals Engineering, Vol. 2, p 27-39.
- Plant, M. & Stuart, J., 1983. *Schools Council Modular Courses in Technology Instrumentation*, England, Published by arrangement with Oliver & Boyd.
- Prabhakara, F.S., et. al. 1995. *Industrial and Commercial Power Systems Handbook*, McGraw-Hill.
- Putra, N. et. al., 2009. *Potensi Pembangkit Daya Thermoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid*, Makara, Teknologi, Vol. 13, No. 2, November 2009, p 53-58.
- Rayanto., 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*, Yogyakarta, Graha Ilmu.
- Rowe, D.M., 1995. *CRC Handbook of Thermoelectrics*, CRC Press.
- Saptoadi, H. & Sugiyanto, 2012. *Thermoelectric Generator as an additional Energy Source for Motorcycle Engine*, *Proceeding of 5th Regional on New and Renewable Energy*, Hanoi, Vietnam.
- Sugiyanto., et. al., 2015. *Rancang Bangun Konstruksi TEG (Thermoelectric Generator) pada Knalpot Sepeda Motor untuk Pembangkit Listrik Mandiri*, *Jurnal Forum Teknik* Vol.36, No. 1, Januari 2015.
- Vazquez, J., et.al., 2002. *State of The Art of Thermoelectric Generator Based on Heat Recovered from The Exhaust Gases of Automobile*, *Proceeding of 7th European Workshop on Thermoelectric*, Pamplona, Spain.