

# Perancangan dan Analisa Alat Pengubah Energi Panas Menjadi Energi Listrik dengan Prototype Thermo Electric Generator dengan Varian Fluida Panas dan Fluida Dingin

Razul Harfi, Bodhi Janto Suntajaya  
Teknik Mesin S1, Institut Sains Dan Teknologi Nasional  
Jl. Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa, DKI Jakarta 12630

## ABSTRAK

Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah merancang alat penukar energi panas menjadi energi yang memiliki nilai yang bisa dimanfaatkan lagi sebagai sumber daya untuk aktivitas manusia tanpa menggunakan bagian yang berputar dan bergerak. Sehingga kerugian dari penggerak bisa diatasi dan dapat meningkatkan keseluruhan efisiensi sistem konversi energi. Perancangan alat penukar energi panas menjadi energi listrik ini mempunyai konsep dengan langkah-langkah yaitu: analisis masalah, spesifikasi alat, perancangan konsep modul, variasi fluida, sampai dengan gambar kerja. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan minyak tanah, lilin, dan spirtus sebagai pemanas dipilih spirtus dikarenakan kandungan spirtus lebih murni dan mempunyai titik didih yang tinggi dibandingkan dengan minyak tanah dan lilin. Penguji juga menggunakan air, es, dan oli pelumas sebagai media pendingin, perancangan ini berskala akademik

**Kata Kunci :** energi tidak terpakai, thermoelektik, seedbeck efect, gambar kerja

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan penggunaan sumber energi semakin meningkat seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi. Namun dengan pesatnya perkembangan dunia industri menyebabkan pasokan sumber energi semakin berkurang.

Minyak bumi, batu bara dan gas alam adalah sumber energi yang terbanyak digunakan meskipun dapat memberikan dampak emisi yang tidak sehat. Minyak bumi, batu bara dan gas alam menjadi pilihan karena lebih mudah diproduksi, disimpan, kemudian dipergunakan dalam jumlah yang besar.

Oleh karena itu banyak negara-negara mencoba menemukan sumber energi yang baru, salah satu-nya adalah Thermoelectric Generator, yang mempunyai cara kerja dengan menggunakan konduktivitas bahan terhadap suhu. Sehingga menimbulkan medan magnet dari perbedaan suhu pada kedua sisi logam, medan magnet inilah yang menyebabkan timbulnya tegangan listrik.

Dari percobaan yang dilakukan orang lain, mereka menggunakan lilin sebagai media pemanas dan air sebagai media pendingin, sedangkan penulis menggunakan lilin, spirtus dan minyak tanah sebagai media pemanas, dan menggunakan es, air, dan oli dengan visikotas sebesar  $0.839 \times 10^{-4}$  sebagai media pendingin, karya ilmiah ini berskala akademik dan masih memiliki kekurangan, sehingga masih perlu pengembangan agar bisa mencapai efisiensi yang diinginkan

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah Sebagai sumber energi alternatif yang terbarukan, Penerapan dari teori seedback dalam kehidupan sehari-hari, dan Untuk memanfaatkan Energi Panas sisa menjadi Energi yang bernilai.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dari suatu zat ke zat lain sering kali terjadi dalam industri proses. Pada kebanyakan pengerjaan, diperlukan pemasukan atau pengeluaran

panas untuk mencapai dan mempertahankan keadaan yang dibutuhkan sewaktu proses berlangsung. Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai perpindahan energi akibat adanya perbedaan temperatur pada suatu permukaan dengan lingkungan sekitarnya. Perpindahan panas terjadi dengan tiga(3) cara, yaitu: konduksi, konveksi, dan radiasi

$$\frac{q_{\text{Konduksi}}}{A_{\text{Konduksi}}} \approx \frac{\partial T}{\partial x}$$

Konveksi

$$q = h \cdot A (T_d - T_f)$$

Radiasi

$$q = \sigma \cdot A T^4$$

Dimana  $\sigma$  adalah Koefisien Stephan Boltzman ( $5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ),  $T_d$  adalah Temperatur Dingin dan  $T_f$  adalah Temperatur Fluida,  $A$  adalah Luas Permukaan Panas,  $h$  adalah koefisien Proses Konveksi

### 2.2 Konduktivitas Thermal

Konduktivitas Thermal adalah kemampuan bahan yang menunjukkan seberapa cepat bahan itu dapat menghantarkan panas konduksi

Tabel 2.1 Konduktivitas bahan

Zat	Konduktivitas Thermal k [J/(s-m-C)]=W/m-C]	Zat	Konduktivitas Thermal k [J/(s-m-C)]=W/m-C]
Udara	0.026	Besi	79
Air	0.60	Es	1.6
Oli dengan viskositas $0.839 \times 10$	0.1	Baja tahan karat	14 W·m·K

### 2.3 Tahanan Thermal

a. Tahanan thermal adalah sebagai penghambat yang menyebabkan aliran menjadi turbulen (R) dan menjaga agar temperatur tidak melewati batas dari kemampuan material menyerap temperatur Isolasi.

Pemasangan Isolasi pada Pipa atau kawat kecil tidak selalu mengurangi laju perpindahan panas, dalam mengelompokkan kemampuan bahan isolasi dalam industri komersial kebiasaannya menggunakan nilai R (resistance panas) yang didefinisikan sebagai berikut :

Tabel 2.2 Tahanan Thermal Bahan

Isolasi	Tebal	Harga-R (m <sup>2</sup> K/W)
Stainless Steel	0.3 cm	0.52 mK/W
Nama Bahan	Hambatan Jenis pada suhu 20°C (ohm m)	
Besi	9.71 x 10	

$$R = \frac{\Delta T}{q/A}$$

$$R = \frac{x}{k.A}$$

### 2.4 Kapasitas Thermal

Kapasitas thermal adalah batas kemampuan material menyerap kalor untuk menaikkan suhu (C)

Tabel 2.3 Tabel Kapasitas bahan

Material	a	b x 10 <sup>3</sup>	c x 10 <sup>-3</sup>	Range (K)
Fe <sub>α</sub>	17.49	24.77		273-1033
Fe <sub>β</sub>	37.7			1033-1181
Fe <sub>γ</sub>	7.70	19.50		1181-1674
Fe <sub>δ</sub>	43.93			1674-1812
Fe <sub>93</sub> O (s)	48.79	8.37	-2.80	298-m.p.*
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (α)	98.18	77.82	-14.85	298-950
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (α)	91.55	201.67		298-950
H <sub>2</sub> O (l)	75.44			273-373

Rumus Kapasitas spesifik:

$$C_p = a + bT + cT^2$$

### 2.5 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh adalah aliran panas menyeluruh sebagai hasil gabungan proses konduksi dan konveksi.

Koefisien perpindahan panas menyeluruh dinyatakan dengan W/m<sup>2</sup>.°C (Btu/h.ft<sup>2</sup>.°F)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1 \cdot A} + \frac{x}{k \cdot A} + \frac{1}{h_2 \cdot A}}$$

Dimana  $h$  adalah koefisien Konveksi (W/m<sup>2</sup>.°C) ,  $k$  adalah koefisien Konduksi (W/m<sup>2</sup>.°C) ,  $x$  adalah tebal isolasi (m), dan  $A$  adalah Luas Permukaan (m<sup>2</sup>)

### 2.6 Kalor (Heat)

Apabila sebuah zat diberikan atau pun melepaskan kalor, maka ada dua hal yang mungkin terjadi, yakni zat tersebut akan mengalami perubahan temperatur

atau hal lain yang mungkin terjadi adalah zat tersebut akan mengalami perubahan wujud (fase).

Apabila kalor tersebut hanya digunakan untuk perubahan temperatur saja, maka kalor tersebut biasanya di kenal dengan kalor sensibel (*sensibel heat*), sedangkan jika kalor tersebut digunakan untuk merubah wujud (fase) zat, maka kalor itu biasanya di sebut dengan kalor laten (*latent heat*).

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

$$C = Q / \Delta T$$

$$C = m \cdot C$$

Dimana Q adalah Kalor ( J ), m adalah massa benda (kg), c adalah Kalor Jenis (J/Kg.K), ΔT adalah Perbedaan Temperatur (K), dan C adalah Kapasitas Kalor (J/K)

$$Q = m \cdot L$$

Dimana Q adalah Kalor (J), m adalah massa benda (kg), dan L adalah Kalor Laten (KJ/Kg)

Hubungan antara energi kalor dengan laju perpindahan kalor yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$H = Q / t = (k \times A \times \Delta T) / l$$

Dimana H adalah laju perpindahan kalor secara konduksi dengan satuan dalam joule/s, Q adalah jumlah kalor yang dipindahkan dengan satuan dalam joule, t adalah lamanya waktu dipindahkannya kalor dengan satuan dalam sekon, k adalah koefisien konduktivitas termal dari benda/ zat dalam satuan joule (sekon meter celcius), A adalah luas penampang benda yang digunakan sebagai penghantar dengan satuan dalam meter persegi (m<sup>2</sup>), ΔT adalah perbedaan suhu antar ujung batang dengan satuan dalam derajat celcius, l adalah panjang stik/ batang penghantar dengan satuan dalam meter

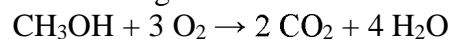
Tabel 2.4 Tabel Kalor Jenis Bahan

No	Nama Zat	Kalor Jenis	
		J/kg°C	Kkal/kg°C
1	Es	2100	500
2	Air	4200	1000
3	Besi/Baja	450	110
4	Minyak Tanah	2200	580
5	Oli dengan visikositas 0.839 x 10	2047	0.488918

## 2.7 Pengertian Spiritus (Metanol)

Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, *wood alcohol* atau spiritus, adalah senyawa kimia dengan rumuskimia CH<sub>3</sub>OH, merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" ia berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol), dan Api dari metanol biasanya tidak berwarna. Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan additif bagi etanol industri.

Reaksi kimia metanol yang terbakar di udara dan membentuk karbon dioksida dan air adalah sebagai berikut:



## 2.8 Pengertian Minyak Tanah

Minyak tanah (minyak gas; bahasa Inggris: *kerosene* atau *paraffin*) adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar. Diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari petroleum pada 150 °C dan 300 °C (rantai karbon dari C<sub>12</sub> sampai C<sub>15</sub>). Sebelumnya minyak tanah digunakan sebagai lampu minyak tanah tetapi sekarang utamanya digunakan sebagai bahan bakar mesin jet (lebih teknikal *Avtur*, *Jet-A*, *Jet-B*, *JP-4* atau *JP-8*).

## 2.9 Pengertian Efek Seebeck

Efek seebeck merupakan fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi energi listrik. Jika ada dua bahan yang berbeda yang kemudian kedua ujungnya disambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. Karena perbedaan temperatur dapat diubah menjadi tegangan listrik, maka prinsip ini juga digunakan sebagai sensor temperatur yang dinamakan thermocouple.

## 2.10 Pengaplikasian dari Teori Seebeck

Pengaplikasian dari teknologi ini adalah *Thermoelectric Refrigerator*, *Electronic Device Cooler*, *Automobile*

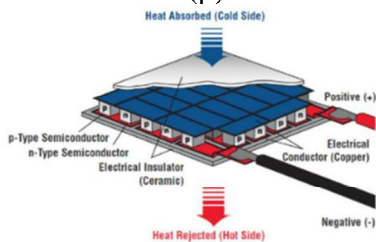
*System's Cooling and Air Conditioning, Locomotive, Ship, Industrial Waste Heat Treatment, Aircraft and Helicopter, Kompur Listrik, dan Jam tangan Thermoelectric*



### 2.11 Pengertian Thermoelectric Generator

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Bahan yang digunakan untuk menghasilkan listrik umumnya menggunakan bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan adalah semikonduktor tipe n dan tipe p. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Terdapat tiga sifat bahan termoelektrik yang penting, yaitu :

- a. Koefisien Seebeck (s)
- b. Konduktifitas panas (k)
- c. Resistivitas ( $\rho$ )



panas masuk pada salah satu sisi dan dibuang disisi lainnya. Transfer panas tersebut menghasilkan suatu tegangan yang melewati sambungan thermoelektrik dan besarnya tegangan listrik yang dihasilkan sebanding dengan gradien suhu.

Pada sisi panas, elektron bergerak lebih aktif dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan sisi dingin. Sehingga elektron dari sisi panas mengalami difusi ke sisi dingin dan menyebabkan medan listrik pada material tersebut.

### 2.12 Nilai Effisiensi Modul Thermoelectric

Nilai Effisiensi Modul Thermoelectric dapat ditingkatkan dengan cara panas didisipasi diatas sisi dingin modul, seperti penggunaan **heat sink, fin, fan, water jacket** atau hanya dengan memberikan temperatur lingkungan diatas sisi dingin modul untuk menjaga perbedaan temperatur dengan sisi panasnya.

#### 2.12.a Pengertian Disipasi Daya

Disipasi daya adalah pemborosan daya listrik oleh resistor. Disipasi daya ini bisa dihitung dengan menggunakan rumus

$$P = V \cdot I$$

dimana P adalah disipasi daya, satuannya Watt (W). V adalah besar tegangan yang terdapat pada kedua ujung kaki resistor, satuannya Volt (V). Sedangkan I adalah besarnya arus yang mengalir melalui resistor tersebut, satuannya Ampere (A) dan R adalah nilai hambatan listrik (resistansi), satuannya Ohm ( $\Omega$ ).

### 2.13 Keunggulan dan Kelemahan TEG

No.	Keunggulan	Kelemahan
1	Ramah Lingkungan	Aplikasi terbatas
2	Mendaur ulang energi panas sisa	Kemajuan teknologi yang lambat
3	Konstruksi Sederhana	Desain Kompleks
4	Sumber energi yang dapat diandalkan	Tingkat efisiensi konversi energi rendah
5	Biaya produksi rendah	Membutuhkan sumber panas yang relatif konstan
6	Tidak Bising	Temper atur yang tidak sesuai dapat merusak komponen
7	Perawatan lebih sedikit	Kurangnya pendidikan pelanggan / industri tentang generator termoelektrik
8	Portable	
9	Dapat mengisi daya elektronik	
10	Jumlah komponen sedikit	

### 2.14 Rumus Dasar

$$\eta_i = P/Q$$

$$P = I^2 R_L$$

$$Q = \alpha T_H x + K(T_H - T_C) - 1/2 I^2 R_L$$

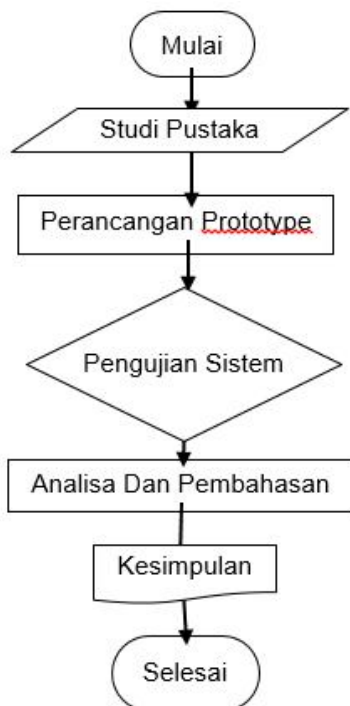
Dimana  $\alpha$  adalah Koefisien seedback,  $K$  adalah Koefisien perpindahan panas,  $R_L$  adalah Load Resistance,  $T_H$  adalah Hot Temperatur,  $T_C$  adalah Cold Temperatur,  $\eta_i$  adalah Effisiensi Thermoelectric,  $P$  adalah Daya Listrik,  $I$  adalah Arus Listrik (Amper),  $x$  adalah Panjang (m)

$$q/L = A \cdot h(T_w - T_\infty)$$

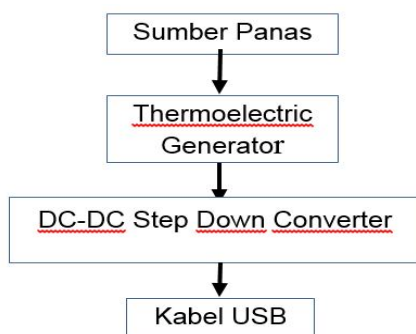
Dimana  $q/L$  adalah Kalor per Luas ( $W/m^2^\circ C$ ),  $h$  adalah koefisien Perambatan Panas ( $W/m^2^\circ C$ ),  $T_w$  adalah Temperatur Panas( $^\circ C$ ),  $T_\infty$  adalah Temperatur Dingin( $^\circ C$ ),  $A$  adalah Luas Penampang ( $m^2$ )

### III. METODOLOGI PENELITIAN

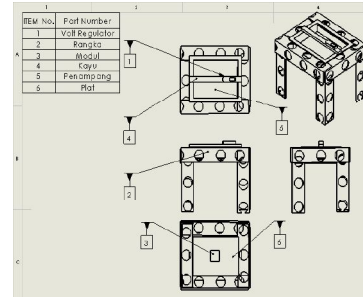
#### 3.1 Diagram Alir



#### 3.2 Mekanisme Pertukaran Energi



### 3.3 Gambar & Prosedur Perakitan



1. Isolasi sisi-sisi nampan untuk mencegah terjadinya hubungan arus pendek.
2. Lalu tempelkan modul thermoelektrik generator di sisi bawah penampang dengan menggunakan lem konduktor silicon tunggu selama 20 menit sambil sedikit ditekan.
3. Setelah kering, oleskan lagi lem konduktor silicon pada sisi atas modul untuk merekatkan modul pada plat besi sebagai media perambatan panas-nya, kemudian tunggu selama 20 menit sambil sedikit ditekan.
4. Lalu tempelkan kayu pada bagian atas penampang sebagai tempat untuk meletakkan volt regulator.
5. Kemudian sambungkan kabel modul dan masukan kabel yang lain kedalam volt regulator.
6. Lalu tempelkan volt regulator pada kayu.
7. Setelah kering letakan nampan pada besi siku sebagai penyangga nampan logam.  
Selama perancangan sistem ini diperlukan waktu selama kurang lebih 1 jam

### 3.4 Spesifikasi Thermoelektrik Generator SP 184827145 SA



Tabel 3.4 Spesifikasi Thermoelektrik Generator SP 184827145 SA

Properties	Temperatur °C				
	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
miliampere	225	368	469	558	669
Volt	0.97	1.8	2.4	3.6	4.8

**3.5 Data Hasil Pengujian**

Tabel 3.5 Hasil data

Zat	Suhu awal	Panas plat	Suhu akhir	Listrik yang dihasilkan	Arus yang dihasilkan	Daya yang dihasilkan
Air	± 28°C	± 171°C	± 31°C	4.9 V	±0.960 A	4.7 W
	± 28°C	± 191°C	± 33°C	5 V	±0.960 A	4.8 W
	± 28°C	± 214°C	± 35°C	6.3 V	±1.038 A	6.53 W
	± 28°C	± 238°C	± 41°C	6.4 V	±1.054 A	6.74 W
	± 28°C	± 247°C	± 63°C	6.7 V	±1.082 A	7.24 W
	X	212.2°C	40.6°C	5.86 V	1.0188 A	6.002 W
Es	± 16°C	± 301°C	± 41°C	7.3 V	±1.129 A	8.24 W
	± 16°C	± 295°C	± 43°C	6.7 V	±1.082 A	7.24 W
	± 16°C	± 262°C	± 43°C	6.9 V	±1.093 A	7.54 W
	± 16°C	± 241°C	± 50°C	6.6 V	±1.071 A	7.06 W
	± 16°C	± 220°C	± 35°C	6.7 V	±1.082 A	7.24 W
	X	263.8°C	42.4°C	6.84 V	1.091 A	7.46 W
Oli	± 26°C	± 287°C	± 65°C	4.8 V	±0.938 A	4.50 W
	± 26°C	± 275°C	± 64°C	4.7 V	±0.912 A	4.28 W
	± 26°C	± 263°C	± 63°C	4.6 V	±0.912 A	4.19 W
	± 26°C	± 251°C	± 62°C	4.5 V	±0.887 A	3.99 W
	± 26°C	± 239°C	± 61°C	4.4 V	±0.868 A	3.81 W
	X	263°C	63°C	4.6 V	0.903 A	4.154 W

**3.6 Analisis Data**

**3.6.1 Perhitungan**

Setelah melakukan pengujian didapatkan data-data yang diperlukan dalam perhitungan maka dapat dihitung menentukan rambatan panas per luas ( $W/m^2K$ ), konduktivitas gabungan ( $k$ ), perpindahan panas gabungan (*Joule*), tahanan panas gabungan ( $m^2K/W$ ), Daya Listrik (*Watt*), perambatan panas ( $W/mK$ ), Perpindahan panas gabungan (*Joule*), Efisiensi Thermoelektrik ( $\eta_i$ ), sebagai berikut:

**3.6.2 Menentukan Rambatan panas pada plat**

Rambatan Panas pada Plat  
 $q/L = A \cdot h(T_w - T_\infty)$   
 $= 0.011 m^2 \cdot 352 W/mK (574 K - 289K)$   
 $= 1.103 kW/m^2K$

Rambatan Panas pada Penampung  
 $q/L = A \cdot h(T_w - T_\infty)$   
 $= 0.011 m^2 \cdot 14 W/mK (574 K - 289 K)$   
 $= 43.89 W/m^2K$

**3.6.3 Menentukan Perpindahan Panas Gabungan**

$k = k_{plat} + k_{penampung} + k_{lem}$   
 $= 352 W/mK + 14 W/mK + 149 W/mK$   
 $= 515 W/mK$

Perpindahan panas gabungan

$$U = \frac{\Delta T_m}{\frac{1}{h_1 \cdot (A)} + \frac{x}{k \cdot (A)} + \frac{1}{h_2 \cdot (A)}}$$

$$U = \frac{574 K - 289 K}{\frac{1}{273.026(0.01)} + \frac{1.5 \times 10^{-3}}{515(0.01)} + \frac{1}{274.6(0.01)}}$$

$= 390.02 \text{ Joule}$

**3.6.4 Menentukan Perpindahan Panas Radiasi**

$R_L = 5.2 \times 10^{-1} m^2K/W + 6 \times 10^{-2} m^2K/W + 5.753 \times 10^{-4} m^2K/W$   
 $= 5.805 \times 10^{-1} m^2K/W$

Perpindahan Panas Radiasi

$Q = \alpha T_H x + K(T_H - T_C) - 1/2 i^2 R_L$   
 $= 5.669 \times 10^{-8} W/m^2K^4 \times 574 K \times 0.011 m^2 + 352 W/mK(574 K - 289 K) - 1/2 \times 1.129^2 \times R_L$   
 $= 100320 W/mK - 1/2 \times 1.129^2 \times 5.805 \times 10^{-1} m^2K/W$   
 $= 100.319 kW/mK$

**3.6.5 Menghitung efisiensi thermoelektrik yang dihasilkan dari keseluruhan rangkaian**

Menghitung daya yang dihasilkan

$P = I^2 \cdot R_L$   
 $= 1.129^2 \times 5.805 \times 10^{-1}$   
 $= 7.39 \times 10^{-1} \text{ Watt}$

$\eta_i = P/Q$   
 $= 7.39 \times 10^{-1} \text{ Watt} / 100.319 kW/mK$   
 $= 7.36 \times 10^{-3}$

**IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pengujian dengan menggunakan variasi fluida dingin juga menghasilkan kekuatan listrik yang berbeda-beda, pada pengujian dengan menggunakan air sebagai media pendingin dengan suhu awal 28°C mampu menghasilkan listrik dengan rentang 4.9 - 6.7 Volt

Pengujian dengan menggunakan oli dengan viskositas sebesar  $0.839 \times 10^{-4}$  sebagai media pendingin dengan suhu awal  $26^{\circ}\text{C}$  mampu menghasilkan listrik dengan rentang 4.4 - 4.8 Volt

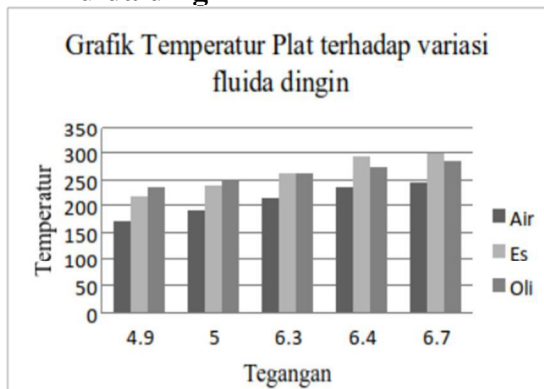
Pengujian dengan menggunakan Es sebagai pendingin dengan suhu awal  $16^{\circ}\text{C}$  mampu menghasilkan listrik dengan rentang 6.6 - 7.3 Volt

Bedasarkan data fluida dingin tersebut, diperoleh data hasil pengujian yang berbunyi bahwa Es memiliki kemampuan sebagai media pendingin yang paling baik dibandingkan dengan air, dan oli dengan viskositas sebesar  $0.839 \times 10^{-4}$ . Karna Es mempunyai suhu awal yang lebih rendah dibandingkan dengan air dan oli dengan viskositas sebesar  $0.839 \times 10^{-4}$ , sehingga besar perbedaan suhu yang terjadi mampu menghasilkan listrik yang cukup besar

**4.1.Data Perhitungan Hasil Pengujian**

Rambatan Panas pada plat = 1.103 kW/m<sup>2</sup>K, Rambatan Panas pada penampung = 43.89 W/m<sup>2</sup>K, Perpindahan Panas gabungan = 390.02 Joule, Tegangan maks = 7.3 Volt, Tegangan min = 4.4 Volt, Rambatan panas radiasi = 100.319 kW/mK, Daya yang dihasilkan =  $7.39 \times 10^{-1}$  Volt, Effesiensi Thermoelektrik =  $7.36 \times 10^{-3}$ , Arus Maks = 1.129 Amper, Arus Min = 0.868 Amper

**4.2. Grafik hubungan Temperatur dengan Tegangan terhadap variasi fluida dingin**

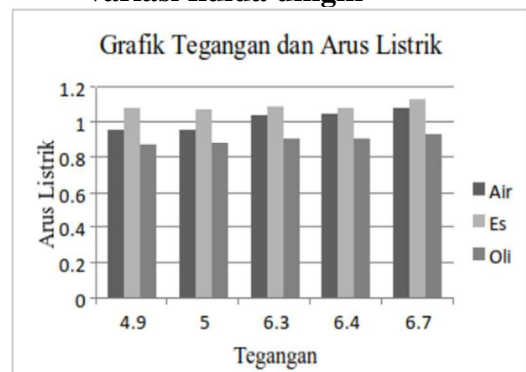


Gambar 4.1. Grafik Temperatur Plat terhadap variasi fluida dingin

Pada gambar 4.1 menunjukkan rambatan panas pada masing-masing varian fluida

dingin. Dengan kemampuan varian yang paling baik ditunjukkan oleh varian Es, pada sumbu x adalah tegangan listrik, dan pada sumbu y adalah temperatur plat. Dikarenakan Es mempunyai perbedaan suhu yang cukup besar dengan suhu pemanasnya sehingga makin besar juga energi yang diserap oleh modul thermoelectric generator. Hubungan Temperatur dengan Tegangan terhadap variasi fluida dingin berbanding lurus.

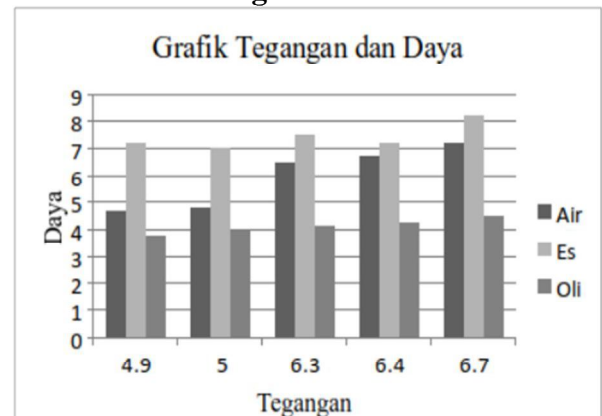
**4.3. Grafik hubungan Tegangan dengan Arus Listrik terhadap variasi fluida dingin**



Gambar 4.2. Grafik Tegangan dan arus listrik terhadap variasi fluida dingin

Pada gambar 4.2 menunjukkan harga arus listrik pada masing-masing varian fluida dingin. Dengan kemampuan varian yang paling baik ditunjukkan oleh varian Es, pada sumbu x adalah tegangan listrik, dan pada sumbu y adalah arus listrik. Hubungan Tegangan dengan Arus listrik terhadap varian fluida pendingin cenderung konstan.

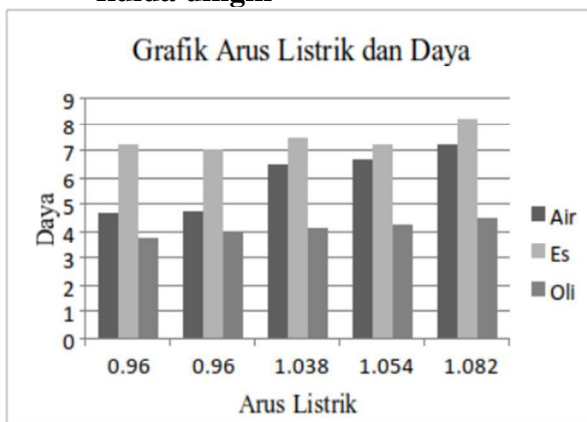
**4.4. Grafik hubungan Tegangan dengan Daya terhadap variasi fluida dingin**



Gambar 4.3. Grafik Tegangan dan daya terhadap variasi fluida dingin

Pada gambar 4.3 menunjukkan harga daya pada masing-masing varian fluida dingin. Dengan kemampuan varian yang paling baik ditunjukkan oleh varian Es, pada sumbu x adalah tegangan listrik, dan pada sumbu y adalah daya. Hubungan Tegangan dengan Arus listrik terhadap varian fluida pendingin cenderung konstan

#### 4.5 Grafik hubungan Arus Listrik dengan Daya terhadap variasi fluida dingin



Gambar 4.4 Grafik Arus Listrik dan Daya terhadap variasi fluida dingin

Pada gambar 4.4 menunjukkan harga daya pada masing-masing varian fluida dingin. Dengan kemampuan varian yang paling baik ditunjukkan oleh varian Es, pada sumbu x adalah arus listrik, dan pada sumbu y adalah daya. Hubungan Arus listrik dengan Daya terhadap varian fluida pendingin cenderung konstan.

#### V. SIMPULAN

Bedasarkan hasil pengujian dan perhitungan perambatan panas pada prototype Thermo Electric Generator dengan type SP184827145 SA, dengan Volt Regulator untuk menstabilkan daya yang keluar tetap 5 V.

1. Bahwa tegangan yang dihasilkan oleh Es lebih besar daripada Air, dan Oli. Maka dapat disimpulkan bahwa kalor jenis mempengaruhi kemampuan fluida dalam menyerap panas.

2. Melalui pengujian fluida dingin yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Es memiliki kemampuan sebagai media pendingin yang paling baik dibandingkan dengan air, dan oli dengan viskositas sebesar  $0.839 \times 10^{-4}$ . Karna Es mempunyai suhu awal yang lebih rendah dibandingkan dengan air dan oli dengan viskositas sebesar  $0.839 \times 10^{-4}$ , sehingga besar perbedaan suhu yang terjadi mampu menghasilkan listrik yang cukup besar.
3. Melalui pengujian ini dapat disimpulkan bahwa hubungan antara Temperatur dan Tegangan berbanding lurus, Hubungan Tegangan dengan Arus listrik cenderung konstan, Hubungan Tegangan dan daya cenderung konstan, Hubungan Arus listrik cenderung konstan
4. Alat ini masih belum sempurna, efisiensi dari alat ini masih kecil dan butuh pengembangan untuk mengoptimalkan efisiensi yang bekerja

#### DAFTAR PUSTAKA

1. J.P Holman Heat Transfer Tenth Edition
2. Shyam Patidar 2018. "Application of Thermoelectric Energy: A Review" International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 6.887 Volume 6 Issue V, May 2018- Available at [www.ijraset.com](http://www.ijraset.com)
3. Ryaunargo, Syaiful Anwar, Sri Poernomo Sari 2013. "Generator Mini Dengan Prinsip Termoelektrik Dari Uap Panas Kondensor Pada Sistem Pendingin" Jurnal Rekayasa Elektriika Vol. 10, No. 4, Oktober 2013
4. Changwei Liu, Pingyun Chen, Kewen Li 2014. "A 1 KW Thermoelectric Generator for



- Low-Temperature Geothermal Resources”
5. Daniel Champier 2017. “Thermoelectric generator: A review of applications” Univ Pau & Pays Adour, Laboratoire des Sciences  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2017.02.070> Ingénieur Appliquées à la Mécanique et au Génie Electrique-SIAME, Fédération IPRA, EA4581, Pau, France
  6. Prashantha A.K, Sonam Wango 2016. “Smart Power Generation From Waste Heat By Thermo Electric Generator” International Journal of Mechanical And Production Engineering, ISSN: 2320-2092
  7. G. Jeffrey Snyder 2008. “Small Thermoelectric Generator” The Electrochemical Society Interface • Fall 2008
  8. Nandy Putra, Raldi Artono Koestoer, M. Adhitya, Ardian Roekettino, dan Bayu Trianto 2009. “Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid” MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 13, NO. 2, NOVEMBER 2009: 53-58
  9. A.Jacks delighthus peter, Balaji.D, D.Gowrishankar 2013. “Waste heat energy harvesting using thermo electric generator” IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) e-ISSN: 2250-3021, p-ISSN: 2278-8719 Vol. 3, Issue 7 (July. 2013), ||V2 || PP 01-04
  10. Perpindahan Panas (Heat Transfer) Luqman Buchori, ST, MT Jurusan Teknik Kimia Semarang Fakultas Teknik UNDIP Semarang
  11. <http://belajar-elektro.blogspot.com/2010/12/mengenal-resistor-bagian-1.html>
  12. <https://www.teknik-otomotif.com/2018/05/fungsi-water-jacket-pada-sistem.html>
  13. <http://umum-pengertian.blogspot.com/2016/11/bunyi-hukum-newton-1-2-3-rumus-serta.html>
  14. <http://kobungbambu.blogspot.com/2016/03/proses-perpindahan-panas.html>
  15. <http://widimaterial.blogspot.com/2015/03/termodinamika-energi-kapasitas-panas.html>
  16. <http://thermoelectricgeneratorgeneration.blogspot.com/2010/06/thermoelectric-generators-advantages.html>
  17. <https://id.wikipedia.org/wiki/Metal>
  18. [https://id.wikipedia.org/wiki/Minyak\\_tanah](https://id.wikipedia.org/wiki/Minyak_tanah)
  19. <http://fisikazone.com/hambatan-listrik/hambatan-jenis-bahan>
  20. <https://rumus.co.id/kalor-jenis>
  21. [https://id.wikipedia.org/wiki/Titik\\_nyala](https://id.wikipedia.org/wiki/Titik_nyala)
  22. <https://www.prosesindustri.com/2014/10/minyak-bumi-dan-komposisinya.html>
  23. <https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/20707/minyak-tanah-kerosene.pdf>
  24. [https://www.researchgate.net/figure/The-thickness-and-the-thermal-resistance-of-the-insulating-materials\\_tbl1\\_235679179](https://www.researchgate.net/figure/The-thickness-and-the-thermal-resistance-of-the-insulating-materials_tbl1_235679179)