

# KAJI EKSPERIMENTAL PEMBANGKIT LISTRIK BERBASIS *THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG) DENGAN* PENDINGINAN MENGGUNAKAN UDARA

Hasra Rafika<sup>1</sup>, Rahmat Iman Mainil<sup>1</sup> dan Azridjal Aziz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,  
Kampus Bina Widya Km 12.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail : rahmat.iman@lecturer.unri.ac.id

## ABSTRAK

Termoelektrik adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi kalor (perbedaan temperatur) menjadi energi listrik. Pembangkit daya termoelektrik (*Thermoelectric Generator / TEG*) digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Ketika perbedaan temperatur terjadi antara dua material semi konduktor yang berbeda, maka elemen termoelektrik ini akan mengalirkan arus sehingga menghasilkan perbedaan tegangan. Prinsip ini dikenal dengan nama 'efek Seebeck' yang merupakan fenomena kebalikan dari efek *peltier* TEC (*Thermoelectric Cooling*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi listrik yang bersumber dari elemen termoelektrik sebanyak empat buah dengan tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848. Sumber panas disimulasikan dengan menggunakan *heater* tegangan 60 volt, sedangkan sisi pendinginan menggunakan *fan* kecepatan 3,5 m/s. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Thermoelectric* tipe TEG SP 1848 menghasilkan daya maksimum 0,055 W, arus 0,279 A, sedangkan tipe TEC 12706 menghasilkan daya maksimum 0,109 W arus 0,147 A, dengan perbedaan temperatur rata-rata 14,87 °C. Kinerja elemen termoelektrik TEG tipe SP 1848 lebih besar potensi listrik yang dihasilkan dibandingkan TEC 12706.

Kata Kunci : *elemen termoelektrik, fan, TEG, TEC*

## ABSTRACT

*Thermoelectric is a device that can convert heat energy (temperature difference) into electrical energy. Thermoelectric Generator (TEG) is used to generate electrical energy. When the temperature difference is occurred between two different semiconducting materials, thus this termoelektrik Modules will flow the current to produce a voltage difference. This principle is known as the 'Seebeck effect' that is the opposite of the Peltier effect of TEC (thermoelectric Cooling). This study was aimed to determine the potential of electrical energy sourced from one to four pieces of thermoelectric Module s with the type of TEC 12706 and the type of TEG SP 1848. The heat source was simulated by using a heater voltage of 60 volts, while the cooling using the fan speed of 3.5 m/s. The test results showed that the type of TEG SP 1848 generated the maximum power of 0.055 W, current of 0.279 A, while type of TEC 12706 generated maximum power of 0.109 W, flow of 0.147 A, with an average temperature difference of 14.87 °C. Module performance of thermoelectric type of TEG 1848 larger than the electrical potential generated thermoelectric TEC Module of TEC 12706.*

*Keywords : thermoelectric modul , fan, thermoelectric generator (TEG), thermoelectric cooling (TEC).*

## PENDAHULUAN

Indonesia kita ketahui permasalahan yang ada pada masa sekarang ini adalah kebutuhan pemakaian listrik yang tidak sebanding dengan usaha penyediaan tenaga listrik yang memadai.

Terutama di daerah Riau, kendala saat ini kurangnya pemasokan energi listrik dari Pembangkit Listrik Negara (PLN), sehingga mengakibatkan seringnya mati lampu. Sedangkan untuk bahan bakar untuk memproduksi sumber energi listrik berasal dari sumber energi fosil

seperti batu bara dan bahan bakar minyak dan lainnya, apabila dipakai secara terus menerus sumber energi fosil itu sendiri pasti akan habis seiring dengan waktu. Didalam mengatasi pemakaian listrik harus mencari sumber energi alternatif untuk meningkatkan efisiensi sumber energi dengan cara memanfaatkan sumber energi yang sudah ada.

Semakin besar pertumbuhan manusia tentu akan kebutuhan listrik semakin besar. Konsumsi listrik di Riau yang berasal dari sumber energi fosil yang digunakan pada tahun 2014, untuk pembangkit PLTA yaitu 114 MW, PLTU batu bara sekitar 700 MW, PLTG sekitar 272 MW, PLTD sekitar 312 MW (Sudirman, 2015).

Kendaraan bermotor terutama Riau sangat padat, yang pastinya setiap tahun semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan perekonomian. Indonesia Pada tahun 2014 industri sepeda motor sudah memproduksi sepeda motor sebanyak lebih dari 7,9 juta unit (aisi, 2016). Jika satu unit motor mengkonsumsi 2 liter bahan bakar perhari maka konsumsi BBM mencapai 158 juta liter perhari.

Konsumsi bahan bakar pada kendaraan 100% bahan bakar yang dipakai pada kendaraan, berkisar hanya sekitar 30% yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan tersebut, sebagian besar energi terbuang dalam bentuk panas yang terjadi pada radiator dan gas buang. Temperatur panas buang kendaraan berkisar sekitar 300-700 derajat Celcius (Rahman, 2004). Dengan adanya panas buang pada kendaraan tentunya bisa dikonversi menjadi daya listrik dengan menggunakan termoelektrik *generator*.

Bahan dalam komponen termoelektrik adalah bahan yang dapat mengkonversi energi panas menjadi energi listrik atau jika diberi tegangan listrik maka akan terjadi beda temperatur. Dampak atau resiko dari alat termoelektrik kecil tidak menghasilkan gas beracun karbondioksida maupun polusi lain seperti elemen logam berat (Sutjahja, 2010).

Konsep *seebeck* sebagai efek dari dua buah material logam yang tersambung berada di lingkungan dengan dua temperatur berbeda, maka di material tersebut akan mengalir arus listrik atau gaya gerak listrik. Sedangkan efek termoelektrik adalah kebalikan dari efek *seebeck* apabila dua buah logam direkatkan kemudian dialirkan listrik maka di antara kedua sisi logam tersebut terjadi perbedaan temperatur (Ramdini, 2014).

Penelitian yang dilakukan Nandy Putra dkk, 2009, sebagai sumber panas buang disimulasikan dengan menggunakan pemanas (*heater*) yang divariasikan tegangannya, yaitu 110 V dan 220 V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan dua belas elemen termoelektrik yang disusun secara seri dengan tegangan pemanas 220 V, dapat menghasilkan daya *ouput* maksimum 8,11 Watt dengan perbedaan temperatur rata-rata 42,82°C (Putra dkk., 2009). Penelitian Sugianto, 2015 pengujian kontruksi TEG saat sepeda motor hidup pada putaran mesin 4500 rpm dengan pendinginan sirip-sirip aluminium, 1 Modul tipe termoelektrik HZ14 dan perbedaan tempertur 65 °C pada waktu 15 menit dan dan didapat tegangan *output* 664-665 Mv (Sugianto, 2015).

Karena itu, dari kedua penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka dilakukanlah penelitian lanjutan ini dengan menggunakan 4 Modul Termoelektrik tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848 dengan menggunakan *fan* sebagai sisi dingin.

Termoelektrik (*thermoelektrik*) merupakan fenomena mengkonversikan dari perbedaan temperatur menjadi energi listrik atau dari energi listrik berubah menjadi beda temperatur. Fenomena ini telah dikembangkan menjadi menjadi suatu Modul sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik atau perangkat pendingin/pemanas ( T-Lab, 2016).

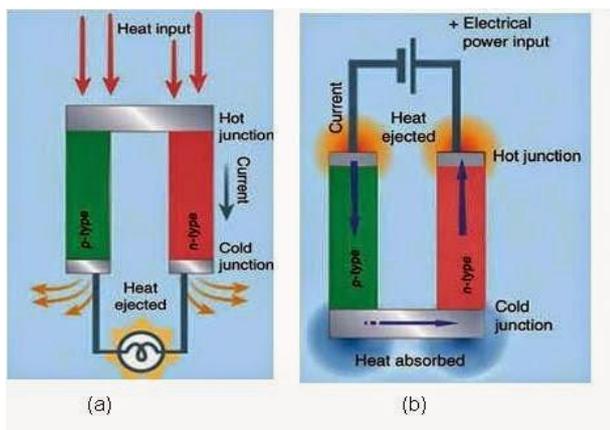
Sejarah dari fenomena termoelektrik adalah seorang ilmuwan berasal dari Jerman, tahun 1821 Thomas Johann Seebeck. Dia melakukan percobaan, a menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian diantara kedua logam tersebut kemudian diletakkan jarum kompas. Pada saat sisi logam tersebut dipanaskan, ternyata jarum kompas bergerak. Fenomena ini terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam sehingga menimbulkan medan magnet.

Jarum kompas bergerak akibat adanya medan magnet Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek *Seebeck*. Pada tahun 1934 Jean Charles Peltier memberikan inspirasi pada penemuan *Seebeck* dengan mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian, ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada kedua logam tersebut dan pelepasan panas. Kemudian dikenal dengan efek *Peltier* (Yudhipri, 2010).

Efek *seebeck* yaitu jika terjadi perbedaan temperatur diantara kedua sambungan, maka akan

terjadi arus listrik. Pada prinsip ini disebut dengan termoelektrik generator (pembangkit listrik). Semakin besar beda temperatur (koefisien *Seebeck*) maka beda potensial listrik yang dihasilkan juga semakin besar.

Sedangkan Efek *Peltier* jika dua logam yang berbeda disambungkan pada arus listrik (DC), maka fenomena yang terjadi yaitu perbedaan Kalor Pada prinsip ini yang disebut dengan termoelektrik sebagai pendingin/pemanas. Bahan termoelektrik terbuat dari *Bismuth-Tellurid*, memiliki koefisien *seebeck* lebih tinggi (Sundari, 2015).

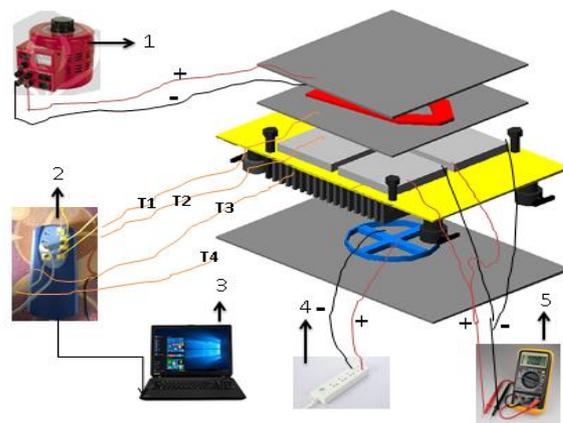


**Gambar 1. (a) Termoelektrik sebagai generator listrik, (b) Generator sebagai pendingin/pemanas** (<http://wiwinsndrtermodinamika.blogspot.co.id/2015/03/termoelektrik.html>)

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan melakukan pengambilan data dilapangan dan pengolahan data secara matematis. Instalasi alat uji termoelektrik generator dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :

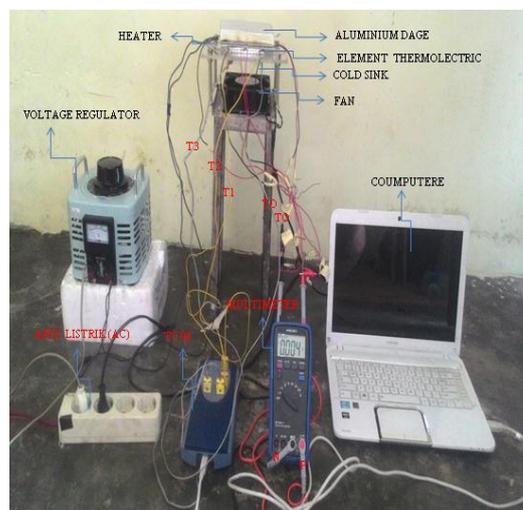
1. Pemasangan kabel *Voltage Regulator Output* pada *Heater*.
2. Pemasangan Kabel pengukur Temperatur sisi *heater*, sisi panas, dan sisi dingin.
3. Pemasangan kabel data akusisi TC-08 pada computer.
4. Aliran listrik dihubungkan pada *Fan*.
5. Memasang kabel *multimeter* pada setiap Modul termoelektrik.



**Gambar 2. Instalasi alat uji Termoelektrik Generator**

Langkah Pengambilan data *termoelektrik generator* ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai berikut :

1. Persiapan alat dan bahan pengujian Termoelektrik generator
2. Menggunakan dua Modul termoelektrik tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848
3. Tegangan *input heater* 60 volt
4. Mengukur temperatur sisi panas dan sisi dingin
5. Mengukur tegangan *output* yang dihasilkan dari dua Modul tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848



**Gambar 3. Proses pengambilan data Thermoelectric Generator**

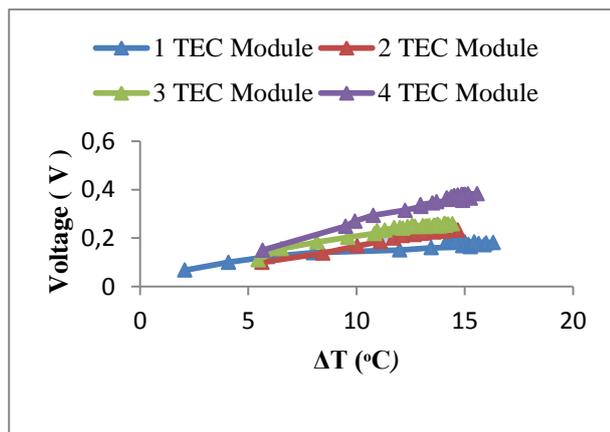
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 buah tipe Modul Termoelektrik, yaitu tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848. Kemudian

melakukan variasi pada tegangan *Voltage Regulator* yang diberikan tegangan pada *heater* dengan variasi tegangan 60 Volt.

1. Pengaruh hasil Tegangan (V) terhadap delta temperatur ( $\Delta T$ ) tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848
  - a. Tegangan *Voltage Regulator* 60 Volt Pada tipe TEC 12706

Pada Gambar 4 menunjukkan setiap kenaikan Tegangan (V) dan temperatur ( $\Delta T$ ) dalam waktu 1 menit. Dengan menggunakan 1 Modul TEC 12706 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0.185 Volt pada delta temperatur 14,54 °C, 2 Modul TEC 12706 tegangan output maksimum sebesar 0,235 Volt pada delta temperatur 14.02 °C. 3 Modul TEC 12706 tegangan output maksimum sebesar 0,260 Volt pada delta temperatur 14,05 °C, dan dengan 4 Modul TEC 12706 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,379 Volt pada delta temperatur 14,87 °C.

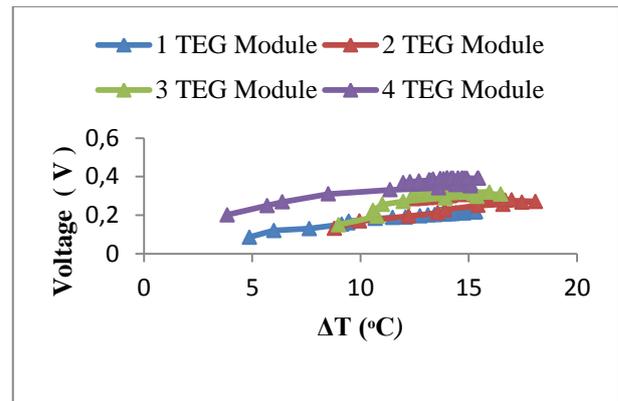


**Gambar 4. Grafik Tegangan Output (V) terhadap delta Temperatur ( $\Delta T$ ) tipe TEC 12706 pada waktu 30 Menit Tegangan *Voltage Regulator* 60 V**

- b. Tegangan *Voltage Regulator* 60 Volt Pada tipe TEG SP 1848

Pada Gambar 5 menunjukkan setiap kenaikan Tegangan (V) dan Temperatur ( $\Delta T$ ) dalam waktu 1 menit. Dengan menggunakan 1 Modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,217 Volt pada delta temperatur 15.31 °C, 2 Modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum sebesar 0.304 Volt pada delta temperatur 14,04 °C. 3 Modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum sebesar 0.341 Volt pada delta temperatur 14,76 °C, dan dengan 4 Modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum

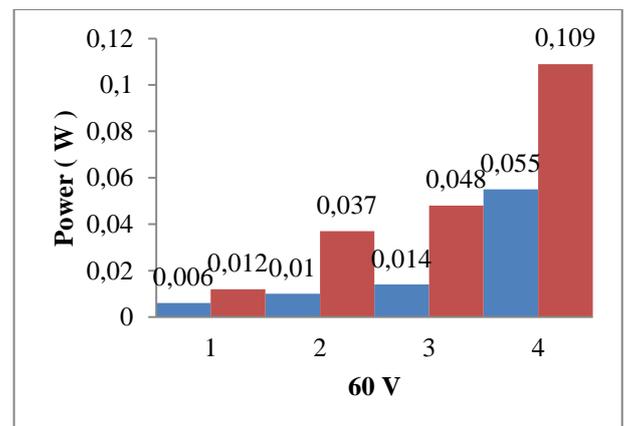
yang dihasilkan sebesar 0,391 Volt pada delta temperatur 14,45 °C.



**Gambar 5. Grafik Tegangan Output (V) terhadap Delta temperatur ( $\Delta T$ ) tipe TEG SP 1848 pada Waktu 30 Menit Tegangan 60 V**

2. Pengaruh hasil Daya (W) terhadap Tegangan output *Voltage Regulator Modul* tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848

Pada Gambar 6 menunjukkan perbandingan daya terhadap variasi tegangan input *Voltage Regulator* 60 v pada *Heater* yang dihasilkan dari kedua tipe Termoelektrik dengan menggunakan 1-4 Modul Termoelektrik. Pada waktu pengujian 30 menit, maka daya dan arus maksimum yang dihasilkan Termoelektrik tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848 1 Modul Termoelektrik sebesar 0,006 W, 0,036 A, dan 0.012 W, 0,057A. 2 Modul Termoelektrik sebesar 0.010 W, 0,045 A, dan 0,037 W, 0,124 A. 3 Modul Termoelektrik 0.014 W, 0,057 A, dan 0,048 W, 0.143 A. 4 Modul Termoelektrik 0,055 W, 0,147 A, dan 0.109 W, 0,279 A.



**Gambar 6. Grafik perbandingan daya maksimum jumlah 1-4 Modul Termoelektrik TEC 12706 dan Modul Termoelektrik TEG SP 1848 Tegangan 60 V pada waktu 30 menit**

## KESIMPULAN

Hasil dari pengujian Termoelektrik tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848 pada tegangan *Voltage Regulator* 60V dengan Modul Termoelektrik 4 buah menunjukkan nilai Tegangan yang dihasilkan nilai Modul termoelektrik SP 1848 lebih besar dibandingkan Modul Termoelektrik TEC 12706 yaitu Tegangan *output* yang dihasilkan Modul Termoelektrik SP 1848 sebesar 0,391 V, sedangkan nilai Tegangan Modul Termoelektrik TEC 12706 sebesar 0,379 V. Perbedaan temperatur sisi panas dan sisi dingin sangat berpengaruh pada kinerja Modul Termoelektrik. Semakin besar perbedaan Temperatur maka nilai Daya *Output* dan arus Modul Termoelektrik akan semakin besar. Untuk Modul Termoelektrik SP 1848 nilai  $\Delta T$  14,45 °C, Daya 0,109 W, Arus 0,279 A Sedangkan untuk Modul Termoelektrik TEC 12706 Nilai  $\Delta T$  14,87 °C, Daya 0,055 W, dan Arus 0,147 A.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau yang menyediakan fasilitas pendukung sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

## DAFTAR PUSTAKA

Putra, N.,R.A. Koestoer, M. Adhitya, A. Roekettino, dan B. Trianto. 2009. *Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik untuk Kendaraan Hibrid*.

- Rahman, B. "Eneгри" 2004. (<http://www.Eneгри.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&1091919348&9>). Diakses pada tanggal 15 Mei 2016..
- Ramdini, Intan D.N. 2014. Termoelektrik Generator. *Indonesian Journal of materials science*. (Online), Vol. 47, No. 120, (<http://www.journal.batan.go.id>), diakses 30 Juni 2016.
- Sugianto, Muh Tarum Numan, Endra suciawan. 2015. Rancang Bangun pada kontruksi TEG ( Termoelektrik Generator ) Pada Knalpot Sepeda Motor untuk Pembangkit Listrik.
- Sudirman, S. 2015. *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2015 – 2034*. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Sutjahja, M. Inge. 2010. Penelitian Bahan Termoelektrik Bagi Aplikasi Konversi Energi dimasa Datang. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. (Online). Vol. 01, No. 01, (<http://jmei.phys.unpad.ac.id>), diakses 17 Mei 2016
- Sundari, W. "Termoelektrik". 2015. (<http://wiwindsdrtermodinamika.blogspot.co.id/2015/03/termoelektrik.html>), diakses pada tanggal 25 mei 2016.
- T-lab. "pendingin temoelektrik". 2014. (<http://catatanteknik.blogspot.co.id/2014/11/jual-pendingin-termoelektrik.html>), diakses pada tanggal 9 juni 2016.
- [www.aisi.or.id](http://www.aisi.or.id) (<http://www.aisi.or.id/statistic/> 2014). Diakses pada tanggal 28 juni 2016.