

## UNJUK KINERJA PEMBANGKIT ENERGI ELEKTRIK MEMANFAATKAN LIMBAH PANAS MESIN MOBIL CITY CAR MENGUNAKAN MODUL TERMO ELECTRIC COOLER (TEC)

**Mirza Yusuf**

Program Studi D3 Teknik Mesin, Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DIY  
[langkahsiguci@gmail.com](mailto:langkahsiguci@gmail.com)

### Abstrak

Perkembangan teknologi untuk menghemat bahan bakar menjadi isu yang menarik dalam penelitian. Energy listrik masih menjadi kebutuhan primer pada system internal combustion engine. Ditinjau secara micro dalam penggunaan elektrikal diterapkan pada system pengapian mesin yang bersumber pada battery mobil. sistem elektrikal pada mobil bersumber pada alternator. Cara kerja alternator menggunakan pulley kopel putaran mesin alternator tersebut juga berdampak membebani putaran mesin. System elektrikal yang mampu menghemat bahan bakar mesin tersebut dapat kita temukan pada modul thermoelectric. terobosan baru sistem sumber energy listrik tersebut menggunakan modul Thermo Electric (TEC) proses konversi energi dengan memanfaatkan seaback effect . Thermo Electric (TEC) ketika dialiri panas pada salah satu sisinya maka akan terjadi proses perpindaan electron di dalam modulnya kemudian terciptalah aliran listrik. Besarnya energy listrik bergantung pada kecepatan pending sisi lawan permukaannya. Proses penurunan temperature dapat dibantu dengan menggunakan alat penukar kalor berupa heat exchanger sirip dan fin. semakin lama proses pendinginan, maka semakin optimal besaran nominal arus yang dihasilkan. Dari data Hasil pengujian dapat diketahui perangkat pembangkit energi tersebut mampu bekerja dengan rate orde satuan milivolt. Selanjutnya energy listrik tersebut dapat dimanfaatkan sebagai system penerangan kendaraan. Di era yang semakin maju ini, banyak sekali lampu LED yang hemat energy diaplikasikan pada mobil citycar yang hemat bahan bakar

**Kata kunci:** sumber energy electric, Thermo Electric (TEC), Seaback effect, lampu LED hemat energy, Hemat bahan bakar

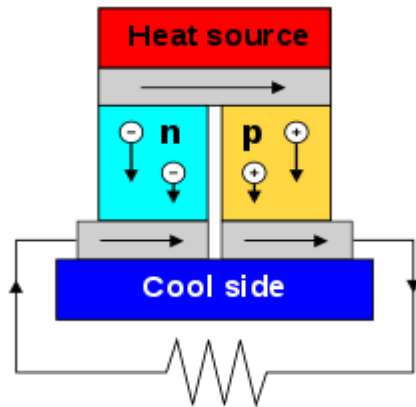
### PENDAHULUAN

Isu pengolahan limbah panas menjadi mengemuka setelah teknologi konvensional banyak bekerja secara durable. Pada alat pengolahan limbah panas menjadi energy adalah tahapan kemajuan teknologi. Ditinjau dari segi durabilitas kinerja dan kontinuitasnya masih terus diriset dan diteliti. Pada bidang yang lebih sempit lagi dibidang otomotif, berbagai aspek terus dikembangkan. Salahsatu efek dari mesin otomotif adalah limbah panas yang dibuang. Emisi limbah panas tersebut berdampak pada lingkungan dan terjadinya pemanasan global. Menanggapi dampak yang demikian maka perlu diciptakan alat baru untuk mengkonfersikan energy panas menjadi bentuk energy lain yang

dapat dimanfaatkan. Hal ini bertujuan untuk mendukung green teknologi dan pemuliaan lingkungan.

Penggunaan system Elektrikal sangat menunjang bahkan memberikan angin segar kemauan teknologi otomotif. Dari headline internasional, isu internal combustion chamber yang begitu besar memberikan limbah panas akan direvolusi menjadi mobil listrik pada tahun 2035. Dimulai dari kereta listrik menggunakan jalur pengkabelan terintegrasi, kereta cepat menggunakan efek superkonduktor dan mobil hybrid Tenaga listrik. Dari contoh tersebut didtem kendaraan tersebut sudah beroperasi secara durable. Salah satu alat pengonversi

limbah panas yang prospektif saat ini adalah thermoelectric. Komponen pengoversi energy ini beroperasi memanfaatkan *seeback effect*



Gambar.1 (proses kerja dalam modul thermoelektrik) Wikipedia

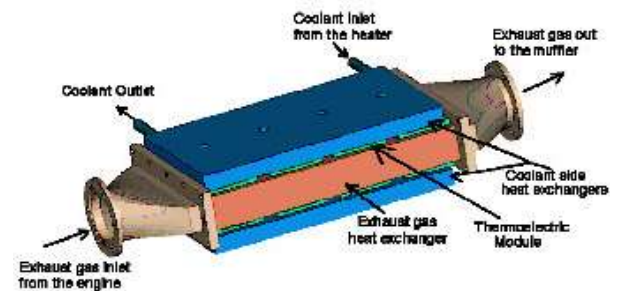
Kinerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dan terjadi panas pada permukaan sebaliknya. Untuk bagian dingin mampu mendinginkan udara tanpa diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin mesin pendingin konvensional. Pada keterangan yang lain Jurnal yang ditulis oleh Joessianto Eko Poetro dan Catur Rakhmad Handoko pada tahun 2013 dengan judul “Analisis Kinerja Sistem Pendingin Arus Searah Yang Menggunakan Heatsink Jenis Extruded Dibandingkan Dengan Heatsink Jenis Slot”. Penelitian ini membahas tentang perbandingan kinerja dari *heatsink* jenis extruded dengan jenis slot yang kinerjanya digunakan pada sistem pendingin yang menggunakan komponen *peltier* sebagai pompa kalornya.

Penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh Andrea Montecucco, dkk. (2014) tentang “The effect of temperature mismatch on thermoelectric generators electrically connected in series and parallel”. Berisikan analisis dampak dari ketidakseimbangan termal pada listrik yang dihasilkan di modul dan system tingkat generator termoelektrik dalam array. Sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya Beberapa modul termoelektrik dapat dihubungkan secara seri atau paralel (membentuk array) untuk menghasilkan model arus dan tegangan yang variatif. Variabilitas kinerja termoelektrik dan sirip pendingin

bertekanan sudah mampu untuk menghasilkan perbedaan suhu yang signifikan. Akibatnya, ketika beroperasi setiap generator termoelektrik dalam array akan memiliki titik operasi listrik yang berbeda dimana energi maksimum dapat diekstraksi dan masalah output daya menurun akan timbul.

Penelitian Selanjutnya dilakukan oleh Z.B. Tang, dkk. (2015) tentang “A research on thermoelectric generator's electrical performance under temperature mismatch conditions for automotive waste heat recovery system”. Pada Penelitian ini, membahas tentang generator termoelektrik dengan memulihkan energi yang berguna dengan fungsimodul termoelektrik yang dapat mengkonversi energi limbah panas menjadi listrik. Dioperasikan yang sebenarnya, modul termoelektrik terhubung dan dioperasikan dibawah kondisi perbedaan suhu dan kemudian masalah output daya menurun menyebabkan akibat distribusi gradien temperature homogen pada permukaan heat exchanger. Dalam studi kasus ini, system uji coba modul thermoelektrik untuk mencari dan menganalisis dampak ketidakseimbangan termal pada output daya listrik pada modul dan sistem.

Variabilitas perbedaan suhu dan besar tekanan juga diuji dalam pengukuran modul individu. Dari output daya dibandingkan saat ini dan ditunjukkan dalam garis lurus untuk tekanan mekanik yang berbeda ketika perbedaan suhu antara permukaan dari Thermoelektrik (350 °C pada sisi panas dan 90 °C pada sisi dingin). Maksimum listrik Disimpulkan bahwa tekanan mekanik yang tepat diterapkan pada modul untuk meningkatkan kinerja listrik dari modul termoelektrik dan tekanan yang tepat dapat menghasilkan kinerja yang lebih baik.



Gambar.2 pemasangan thermoelectric pada exhaust

Hasil eksperimen tersebut menjelaskan fenomena termoelektrik generator dalam penurunan output daya di bawah kondisi suhu linier terhadap temperatur yang terbatas. Cara untuk mengatasi situasi ini dapat ditingkatkan dengan isolasi termal pada modul dan hasilnya terbukti efektif.

Dari beberapa literature tersebut, Rencana penelitian tentang “Rancang bangun sistem generator termoelektrik sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan metode seebeck effect” ini, akan diteliti terkait efisiensi rancang bangun generator termoelektrik yang memanfaatkan limbah panas dari mesin internal combustion untuk bisa mengkonversi energi panas menjadi energi listrik. Sumber panas limbah dari mesin internal combustion selain berdampak pada pemanasan global juga dapat mengurangi efisiensi thermal pada suhu kerja mesin tersebut.

## TINJAUAN TEORITIS

### Material semikonduktor

semikonduktor menjadi komponen yang penting dalam termoelektrik sebagai pengubah energi panas menjadi energi listrik. Terdapat dua jenis material semikonduktor, yaitu tipe p dan tipe n. Material semikonduktor disebut tipe p jika memiliki pembawa muatan yang bernilai positif sedangkan tipe n jika memiliki pembawa muatan yang bernilai negatif (Zeng, Y.J., dkk. 2007).

Efek termoelektrik adalah peristiwa pengkonversian secara langsung dari energi panas menjadi energi listrik atau sebaliknya karena beda suhu suatu material. Material generator termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor yang terdiri dari tipe p dan tipe n. Material tipe-p adalah material yang kekurangan elektron (hole) dan material tipe-n kelebihan elektron. Ketika material tersebut diberikan beda suhu, maka elektron akan bergerak dari sisi bersuhu panas ke sisi yang bersuhu lebih dingin. Pengkonversian energi karena beda suhu menjadi energi listrik

### efek Seebeck

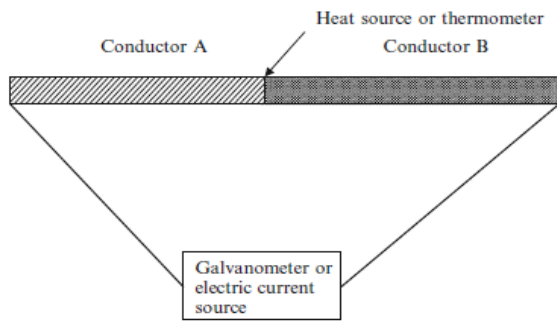
Salah satu piranti yang menghasilkan energy dari panas adalah elemen Peltier. Pembangkit listrik termal Ini atau disebut juga elemen seebeck berbentuk identik dengan elemen peltier. Pada elemen ini memanfaatkan

efek seebeck untuk membangkitkan energi listrik jika terdapat perbedaan suhu pada elemen (Lovell, 1981).

Analogi lain dalam kerja effect seabeck Konduktor pada termokopel yang merupakan dua logam yang berbeda dan dinotasikan sebagai material X dan Y. Apabila pada termokopel B diberikan panas sebesar  $T_h$  dan termokopel A lebih dingin pada suhu  $T_c$ , maka akan timbul tegangan ( $V_o$ ) pada terminal T1 dan T2. Tegangan itu disebut sebagai EMF (Electromotive Force) (Sugiyanto, 2014:101. Vol.7 No.2)

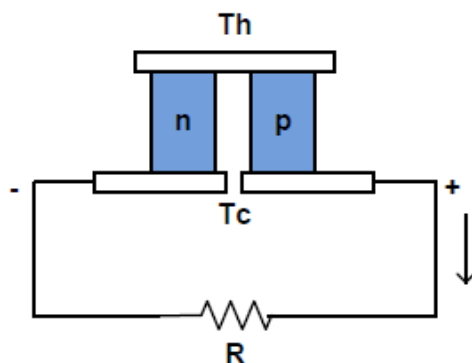
Konsep seebeck menggambarkan bahwa jika dua buah material logam (biasanya semi konduktor) yang tersambung berada di lingkungan dengan dua temperatur berbeda, maka di material tersebut akan mengalir arus listrik atau gaya gerak listrik. Konsep ini apabila diterapkan pada kendaraan bermotor dengan gas buang pada mesin motor bakar berkisar antara 200-300 °C dan temperatur lingkungan berkisar antara 30- 35 °C, akan menghasilkan gaya gerak listrik yang kemudian dapat digunakan untuk menggerakkan motor listrik atau disimpan di dalam baterai. Apabila dapat diterapkan di kendaraan hibrid, konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor akan semakin irit. Berdasarkan penjelasan ini, tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan potensi pembangkit daya

termoelektrik yang memanfaatkan panas gas buang kendaraan bermotor untuk diterapkan pada kendaraan hibrid (G. Min , 1994:497) Element Peltier Elemen peltier atau pendingin termoelektrik(thermoelectric cooler) adalah alat yang dapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah pada kedua kutub materialnya, dalam hal ini semikonduktor. Elemen peltier adalah merupakan bagian terpenting dari generator termoelektrik, kedua sisi yang terbuat dari keramik memiliki fungsi sebagai sisi panas dan sisi dingin yang kemudian menghasilkan arus positif dan negatif.



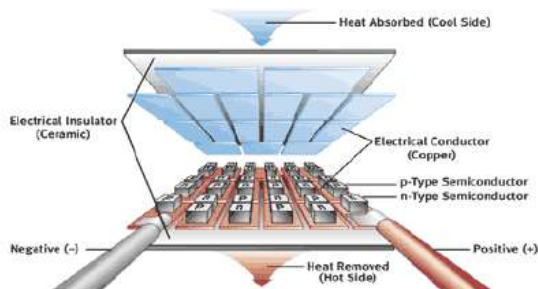
Gambar 3. Percobaan untuk menunjukkan efek Seebeck dan Peltier

Bentuk konstruksi dasar *Thermoelectric* dibangun oleh dua buah semikonduktor yang berbeda, satu tipe N dan yang lainnya tipe P. (mereka harus berbeda karena mereka harus memiliki kerapatan elektron yang berbeda dalam rangka untuk bekerja). Kedua semikonduktor diposisikan paralel secara termal dan ujungnya digabungkan dengan lempeng pendingin biasanya lempeng tembaga atau aluminium.



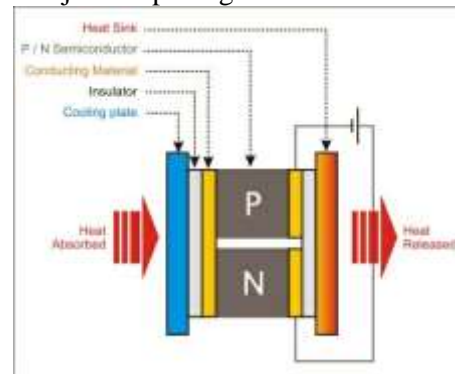
Gambar 4. Penampang *thermoelectric*

ketika kedua jenis semikonduktor tersebut menciptakan perbedaan suhu, maka terciptalah aliran electron yang mampu terbaca sebagai signal elektrik.



Gambar 5. Proses pemindahan panas pada *thermoelectric peltier*

Dalam prakteknya banyak pasangan *thermoelectric* (pasangan) seperti dijelaskan diatas, yang terhubung paralel dan diapit dua buah pelat keramik dalam sebuah *thermoelectric* tunggal. Sedangkan besarnya perbedaan suhu panas dan dingin adalah sebanding dengan arus dan jumlah pasangan semikonduktor di unit.



Gambar 6. Rangkaian *Thermoelectric* pemanen energy listrik

Pada bodi *peltier* terdapat kode yang menunjukkan pembacaan dari spesifikasi yang ada pada peltier tersebut. Sebagai contoh untuk *peltier* dengan kode “TEC1-12706”.



Gambar 7 Kode pada *peltier*

**METODOLOGI PENELITIAN**

Menilai performa dari modul Termoelectric dapat mengacu pada data teknis yang disertakan pada *thermoelectric* antara lain adalah  $\Delta T_{max}$ ,  $I_{max}$ ,  $V_{max}$ ,  $Q_{max}$  dan dimensinya (panjang, lebar, tebal). Berikut adalah penjelasan parameter tersebut :

1.  $\Delta T_{max}$  adalah perbedaan temperature terbesar antara sisi panas dan sisi dingin dari sebuah modul *thermoelectric*. Kondisi ini hanya dapat tercapai jika sisi dingin dari modul *thermoelectric* terisolasi sempurna.

- $I_{max}$  adalah arus listrik yang menyebabkan terjadinya perbedaan temperature terbesar ( $\Delta T_{max}$ ).
  - $V_{max}$  adalah tegangan yang dihasilkan apabila arus  $I_{max}$  mengalir pada modul *thermoelectric*.
  - $Q_{max}$  adalah batas penyerapan kalor yang dapat dilakukan oleh modul *thermoelectric*.
- Berikut ini adalah contoh data teknis dari modul *thermoelectric* dengan kode TEC1-12706 :

Tabel 1 Tabel data teknis *thermoelectric peltier* TEC1-12706

HOT TEMPERATURE (°C)	SIDE	25°C	50°C
		$Q_{max}$ (Watt)	50
$\Delta T_{max}$ (°C)		66	75
$I_{max}$ (Ampere)		6.4	6.4
$V_{max}$ (Volt)		14.4	16.4
Module Resistance (Ohm)		1.98	2.30

Untuk menunjukkan seberapa baik performa dari suatu pompa kalor, maka dikenal *Coefficient of Performance* (COP) yang merupakan perbandingan antara output yang digunakan dengan input yang diberi pada sistem, yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}}$$

$$P_{in} = Q_h - Q_c$$

Dimana :

$Q_c$  = kalor yang dipindahkan

$Q_h$  = kalor yang diemisikan ke lingkungan

$P_{in}$  = daya input sistem

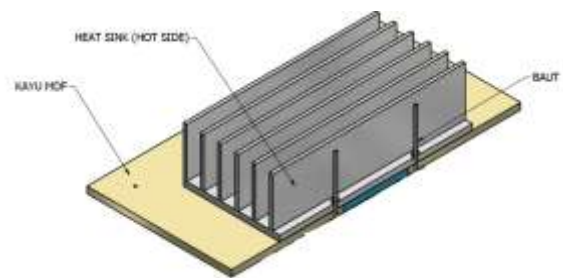
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses uji kinerja ada beberapa hal yang perlu diuji, pengujian dilakukan untuk mendapatkan alat pemanen energy listrik dari limbah panas mesin otomotif:

- Uji variasi heat sink yang paling bagus kinerja nya dalam melepaskan panas.
- Uji kinerja peltier TEC1-12706 yang bertujuan untuk mengetahui seberapa bagus kinerja peltier seri 12706.

- Uji beban lampu LED yang digunakan sebagai penerangan kabin.

Gambar bentuk desain modul pendingin secara tiga dimensi dengan bagian hot side dan cold side agar dapat dievaluasi kinerja dari pendinginan tersebut



Gambar 8. Gambar modul penyerap panas

Suhu pada surface pengujian didapatkan rata rata temperature 245 °C pengujian diukur menggunakan thermometer digital suhu pada permukaan peltier sisi dingin terbaca 30°C. heat sink spesifikasi sama, yaitu dengan ukuran 12 x 12 cm

Tabel 2 Data Hasil Uji Variasi *Heat Sink*

Tabel 3. Kapasitas Kalor Dari Hasil Uji Variasi *Heat Sink*

HEAT SINK	P in (Watt)	$\Delta T$ (°C)	C (Watt/°C)
Tipe A	43,24	33,8	1,27
Tipe B	38,76	21,3	1,82
Tipe C	42,32	30,4	1,4

## Hasil pengujian

yang menggunakan 12 modul peltier yang terpasang secara seri 6 peltier dan secara parallel 6 peltier. Dengan kombinasi kubus heatsink modul peltier 6 modul dan 6 modul atau merupakan kombinasi . Dimana supply tegangan yang diberikan adalah 1-5 V untuk rangkaian parallel dan dan 8-12 V untuk rangkaian seri untuk rangkaian seri menghasilkan voltase yang lebih tinggi dengan nilai arus yang rendah dan tidak stabil.

Hasil arus rangkaian seri didapatkan pada 0,23 (tidak stabil) Ampere kemudian rangkaian parallel menghasilkan arus 0,83 Ampere (stabil)

performa pengujian menghasilkan power naik turun yang drastis ketika mobil sedang berjalan maupun berhenti, perbedaan power pada kisaran 45% dari nilai power yang dihasilkan ketika mobil sedang dalam keadaan berjalan.

Performa pengujian mengalami beda naik turun power kisaran 35% pada kondisi mobil berjalan tetapi pada siang hari berbanding dengan malam hari.

### Kesimpulan

1. Ada 2 model rangkaian yang digunakan yaitu rangkain seri dan rangkaian paralel. Rangkain seri bertugas mensupply voltase secara lebih konsisten dan rangkaian paralel bertugas mensuplay arus secara lebih konsisten.
2. Kinerja generator thermoelectric sangat dipengaruhi oleh aliran angin yang cenderung turbulent dari drag kecepatan yang dihasilkan oleh kecepatan mobil.
3. Pada kondisi siang hari dengan malam hari ditemukan pebedaan yang cukup signifikan dikarenakan kondisi udara dan angin malam hari cenderung remperatur dibawah 20 derajat celcius.
4. Terdapat potensi yang behasil dengan source limbah panas yang dibuang menjadi energy yang bermanfaat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ajiwiguna, Ayodha Tri. 2014. Teknik Sederhana Pemasangan Modul Termoelektrik / Peltier (Online)
- Deddy Reza Dwi P “Perhitungan Heat Rate Heatsink Pada Sisi Panas Thermoelectric TEC12706 Pada Daya 22,4 Watt”  
<http://catatanteknik.blogspot.co.id/2014/11/teknik-sederhana-pemasangan-modul.html>  
diunduh pada tanggal tanggal 02 Maret 2015 Darusman, Alan.
- How to Build a Thermoelectric Energy Generator With a Cheap Peltier Unit. Wikipedia
- Joessianto Eko Poetro, Catur Rakhmad Handoko 178 JURNAL TEKNIK MESIN, TAHUN 21, NO. 2, OKTOBER 2013 ANALISIS KINERJA SISTEM PENDINGIN ARUS SEARAH YANG MENGGUNAKAN

### HEATSINK JENIS EXTRUDED DIBANDINGKAN DENGAN HEATSINK JENIS SLOT

MAKALAH AC(Online)

<https://www.scribd.com/doc/74893410/>  
MAKALAH -AC diunduh pada tanggal 18 Februari 2015

Gutierrez, F dan Mendez, F. (2008). Generation Minimization of a Thermoelectric Cooler, The Open Thermoelectric Journal Vol.2, hlm. 79-80.

Malvino (1981). Prinsip-prinsip Elektronik. Jakarta: Erlangga.

Marsudi, Djiteng (2005). Pembangkitan Energi Listrik. Jakarta: Erlangga.

Merle C. Potter, Solutions Manual Mechanics of Fluids 4th Edition 2011; 101

Mastbergen, Dan dan Dr. Bryan Willson. Tanpa Tahun. Generating Light from Stoves using a Thermoelectric Generator. Department of Mechanical Engineering Colorado State University

New Step 1 TOYOTA Chapter 7 “air conditioning”

Ramdani, Mohamad (2008). Rangkaian Listrik. Jakarta: Erlangga.

MANGSUR. 2010. PENGEMBANGAN COOLBOX TIPE CB-02 MULTI FUNGSI RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS TERMOELEKTRIK UNTUK KENDARAAN RODA DUA (Online)

<http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20284342-S1047Mangsur.pdf> diunduh pada tanggal 02 Maret 2015.

Pambudi Prasetya, (1998; 9) Pintar Servis kulkas AC (Air Conditioner), Amanah, Surabaya

Santosa, Budi Nurhadi. 2015. MENGENAL THERMOELECTRIC(PELTIER)(Online)

Simon Lineykin, Shmul Ben-Yaakov “Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules” 2017.