ARTIKEL

Analisa Variasi Temperatur Dan Jumlah Elemen *Peltier* Terhadap *Output* Tegangan TEG Pada Tungku Peleburan Logam Bekas Dengan Rangkaian Seri

Oleh:

AHMAD MUAZAM

14.1.03.01.0103

Dibimbing oleh :

1. **Hesti Istiqlaliyah, M.Eng.**
2. **M. Muslimin Ilham, M.T.**

PROGRAM STUDI MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2018

SURAT PERNYATAAN
ARTIKEL SKRIPSI TAHUN 2018

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap	: Ahmad Muazam
NPM	: 14.1.03.01.0103
Telepun/HP	: 085730154483
Alamat Surel (Email)	: Ahmadmuazam77@gmail.com
Judul Artikel	: Analisa Variasi Temperatur dan Jumlah Elemen *Peltier* Terhadap *Output* Tegangan TEG pada Tungku Peleburan Logam Bekas dengan Rangkaian Seri
Fakultas – Program Studi	: Fakultas Teknik - Teknik Mesin
Nama Perguruan Tinggi	: UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kyai Haji Ahmad Dahlan No. 77, Mojoroto, Kediri.

Dengan ini menyatakan bahwa :

a. artikel yang saya tulis merupakan karya saya pribadi (bersama tim penulis) dan bebas plagiarisme;

b. artikel telah diteliti dan disetujui untuk diterbitkan oleh Dosen Pembimbing I dan II.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian data dengan pernyataan ini dan atau ada tuntutan dari pihak lain, saya bersedia bertanggungjawab dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Mengetahui		Kediri 10 Agustus 2018
Pembimbing I	Pembimbing II	Penulis,
Hesti Istiqlaliyah, M.Eng NIDN 0709088301	M. Muslimin Ilham, M.T NIDN 0713088502	Ahmad Muazam NPM 14.1.03.01.0103

Analisa Variasi Temperatur Dan Jumlah Elemen *Peltier* Terhadap *Output* Tegangan TEG Pada Tungku Peleburan Logam Bekas Dengan Rangkaian Seri

AHMAD MUAZAM
14.1.03.01.0103
FT - Teknik Mesin
Ahmadmuazam77@gmail.com
Hesti Istiqlaliyah, M.Eng[1] dan M. Muslimin Ilham, M.T[2]

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi banyaknya industri pengolahan logam bekas di Indonesia yang belum memanfaatkan energi panas buang secara maksimal, sedangkan pada saat ini kebutuhan energi semakin meningkat. Energi panas yang terbuang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan cara pengonversian, dimana pengonversian menggunakan TEG (*Thermoelectric Generator*) yang berfungsi mengubah panas menjadi listrik dengan memanfaatkan beda temperatur. Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap *output* tengangan TEG pada tungku peleburan logam bekas dengan rangkaian seri. 2) Untuk mengetahui pengaruh jumlah elemen *peltier* terhadap *output* tengangan TEG pada tungku peleburan logam bekas dengan rangkaian seri. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan faktorial L_6 dengan replikasi 3 kali uji coba dan menggunakan analisis data anova 2 arah karena jumlah faktor lebih dari satu yaitu variasi temperatur dinding tungku dan jumlah elemen *peltier*. Hasil dari penelitian ini adalah kenaikan temperatur dinding berpengaruh terhadap *output* tegangan TEG dan jumlah elemen *peltier* juga mempengaruhi hasil *output* tegangan TEG. Penggunaan 3 keping elemen *peltier* yang di rangkai seri secara elektris dengan temperatur 320 ˚C menghasilkan *output* tegangan terkecil sebesar 1.4700 *Volt* , dan temperatur 400 ˚C menghasilkan *output* tegangan terbesar sebesar 2.4400 *Volt.* Sedangkan 6 keping elemen *peltier* yang di rangkai seri secara elektris dengan temperatur 320 ˚C menghasilkan *output* tegangan terkecil sebesar 2.9233 *Volt*, dan temperatur 400 ˚C menghasilkan *output* tegangan tertinggi sebesar 5.0167 *Volt.*

KATA KUNCI : : Temperatur, Jumlah Elemen, *Output* tegangan, *Thermoelectric generator*

I. LATAR BELAKANG

Seiring berjalannya waktu industri pengolahan logam bekas di Indonesia semakin banyak, industri logam terdiri dari pengolahan besi, baja, dan *non ferro* seperti aluminium, tembaga, *stainless steel*, timah, dll. Penguatan struktur industri nasional diarahkan melalui hilirisasi, karena bisa berdampak positif pada peningkatan nilai tambah di dalam negeri. Guna mendorong percepatan program hilirisasi. Pemerintah terus memberikan dukungan antara lain dalam pemberian insentif fiskal seperti *tax allowance*. Selain itu, pemerintah juga memberikan pelatihan kepada mereka yang mau memulai usaha peleburan logam bekas. Pada tahun 2016, pertumbuhan industri logam sebesar 9,79 persen atau di atas pertumbuhan ekonomi nasional yang hanya mencapai 5,05 persen. Kontribusi industri tercermin dari peningkatan nilai investasi, lapangan kerja, serta nilai ekspor. Kemenperin mencatat, sekitar 1.400 industri logam di dalam negeri mampu menyerap tenaga kerja sebanyak 430 ribu orang pada tahun 2015 (Gaikindo, 2017).

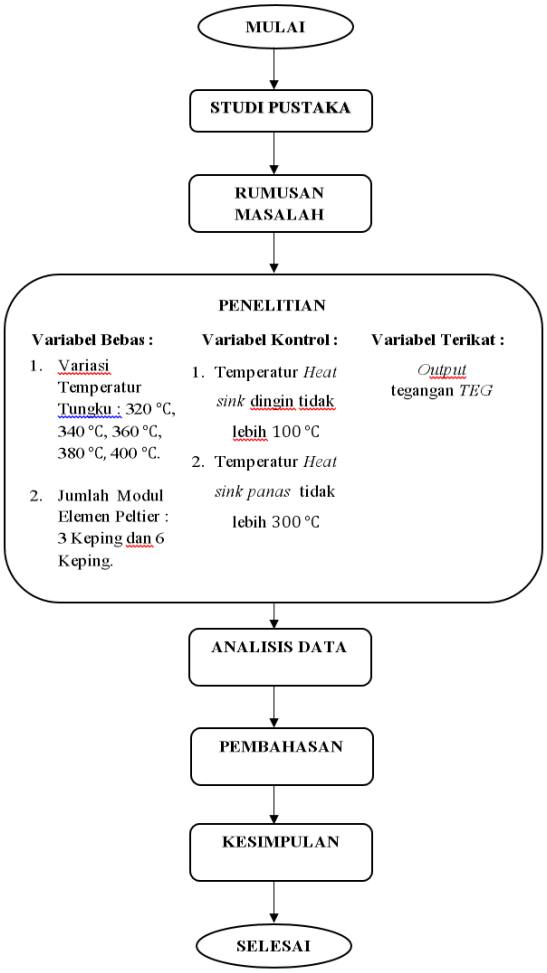
Peleburan logam membutuhkan temperatur panas yang tinggi dan waktu yang cukup lama, tergantung dari jenis logam, jenis bahan bakar, dan jenis tungku peleburnya. Dalam keadaan murni, temperatur leleh logam aluminium adalah 660 °C, untuk temperatur lebur paduannya antara 520 °C sampai 660 °C, namun aluminium mempunyai sebuah lapisan yang dinamakan oksidasi aluminium yang mempunyai titik lebur 2000 ºC – 2050 ºC (Rochman dkk., 2010). Temperatur panas yang tinggi dan waktu yang cukup lama saat peleburan maka menghasilkan temperatur yang tinggi pula dan belum dimanfaatkan secara maksimal, sehingga energi panas hanya bersalur secara konduksi pada dinding tungku pelebur sebagai panas buang. Energi panas yang terbuang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan cara pengonversian. Dimana energi panas dikonversi menjadi energi listrik dengan sejumlah elemen *peltier* yang terangkai secara pararel maupun seri menggunakan konsep *thermoelectric generator* (TEG).

Pada tahun 2020 mendatang diperkirakan kebutuhan energi akan bertambah sekitar 40 persen dari kebutuhan saat ini (Sukur, 2004). Sebagai salah satu alternatif untuk menangani masalah tersebut, thermoelectric adalah salah satu solusi dalam mengatasi masalah energi yang selalu bertambah dari tahun ke tahun seiring dengan kemajuan teknologi. Teknologi ini menjanjikan alternatif pembangkitan listrik yang luar biasa

karena mempunyai beberapa kelebihan, yaitu dapat diandalkan keawetannya, tanpa suara saat dioperasikan karena tidak memiliki bagian mekanik yang bergerak, sederhana, mampu beroperasi pada suhu tinggi, mampu beroperasi untuk skala kecil, ramah lingkungan, dan sumber energi yang fleksibel. Kelebihan tersebut menyebabkan studi mengenai aplikasi generator thermoelektrik banyak dilakukan (Ismail dkk., 2009).

II. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

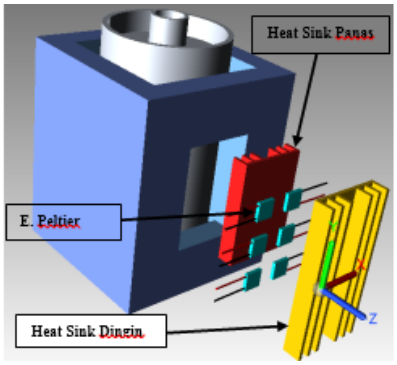
B. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimen faktorial dengan dua faktor sebagai berikut:

Tabel 1. Faktor dan Taraf Penelitian

Temperatur	Jumlah Elemen
a1=320 ˚C	b1=3
a2=340 ˚C	b2=6
a3=360 ˚C	
a4=380 ˚C	
a5=400 ˚C	

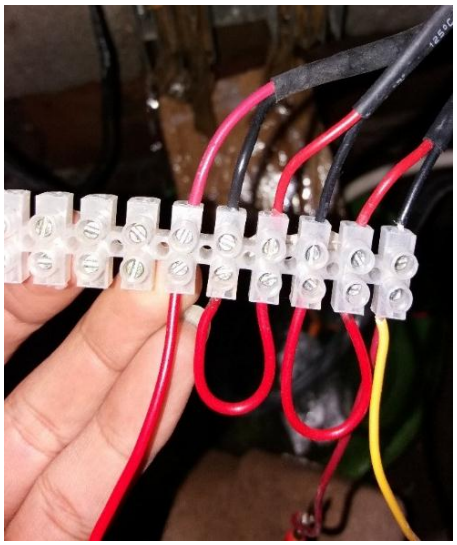
Desain *Thermoelectric Generator* pada penelitian ini yaitu menjepit elemen peltier dengan heat sink panas dan heat sink dingin, kemudian di tempelkan langsung pada dinding tungku. Dimana dimensi elemen peltier adalah 40 mm x 40 mm, dimensi heat sink sisi panas adalah 20 cm x 10 cm, dan heat sink sisi dingin menggunakan dimensi 30 cm x 10 cm. Berikut rangkaian *Thermoelectric Generator* tersebut.



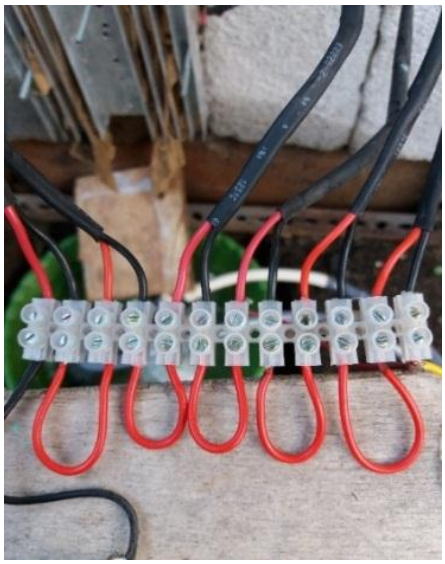
Gambar 2. Rangkaian TEG pada Tungku

Setelah elemen *peltier* terangkai dengan *heat sink* panas dan *heat sink*

dingin, selanjutnya perangkaian elemen *peltier* seri secara elektris, dan berikut rangkaiannya.



Gambar 3. R. seri 3 elemen *peltier*



Gambar 4. R. seri 6 elemen *peltier*

Data penelitian didapat dari instrument ukur, untuk temperatur dinding tungku serta *heat sink* diukur menggunakan *thermometer infrared*. Sedangkan untuk pengukuran *output* tegangan menggunakan multimeter digital.

Gambar 5. Pengukuran temperatur

Gambar 6. Pengukuran *output* tegangan

Analisis data secara statistik menggunakan metode *Analysis of Varians* (ANOVA) deengan software Minitab 16.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

Berdasar hasil eksperimen yang telah dilakukan, maka didapat data *output*

tegangan *Thermoelectric Generator* sebagai berikut:

Tabel 2. Data hasil pengujian *output* tegangan (Vout)

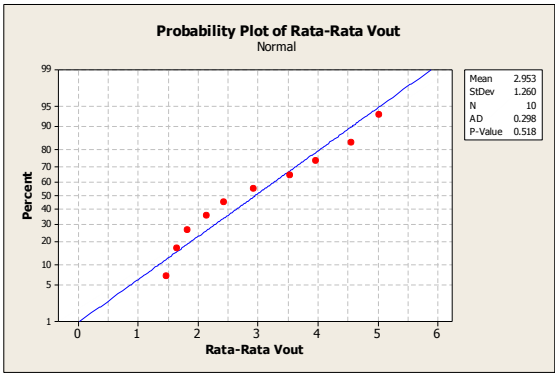
NO	Jumlah Elemen	Temperatur	Vout (V) X_1	X_2	X_3	Rata2
1		320 °C	1.48	1.5	1.43	1.4700
2		340 °C	1.65	1.67	1.63	1.6500
3	3	360 °C	1.87	1.84	1.78	1.8300
4		380 °C	2.17	2.15	2.1	2.1400
5		400 °C	2.63	2.32	2.37	2.4400
6		320 °C	3	2.87	2.9	2.9233
7		340 °C	3.57	3.48	3.56	3.5367
8	6	360 °C	3.95	4	3.97	3.9733
9		380 °C	4.58	4.5	4.58	4.5533
10		400 °C	5	4.95	5.1	5.0167

B. Analisis Data

Dalam prosedur analisis data ini perlu terlebih dahulu diuji dengan asumsi IIDN (Identik, Independen, dan Distribusi Normal) untuk mengetahui apakah data varibel dalam keadaan baik atau tidak. Serta sebagai syarat dari Anova terhadap data yang didapat selama eksperimen.

1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data variabel yang ada dalam penelitian ini berdistribusi nomal atau tidak. Peneliti menggunakan taraf signifikan kesalahan sebasar α = 5% (0,05), dengan kata lain tingkat keyakinan adalah 95%. Uji normalitas ini menggunakan *software* Minitab 16, yang menghasilkan plot normalitas sebagai berikut.

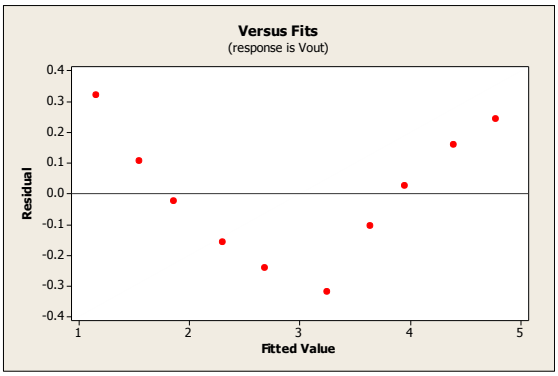


Gambar 7. Plot uji normalitas pada variabel *Output* tegangan TEG

Gambar 7 menunjukkan hasil uji normalitas terhadap *Output* tegangan TEG, penggunaan uji normalitas Anderson-Darling diperoleh nilai *P-Value* sebesar 0.518 yang berarti lebih besar dari nilai taraf signifikan kesalahan α = 5% (0,05), oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal.

2. Uji identik

Uji identik dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian yang dihasilkan identik atau tidak. Bila sebaran data pada *output* uji terbesar secara acak dan tidak membentuk pola tertentu disekitar harga nol maka data memenuhi asumsi identik. Namun bila *output* uji terbesar secara tidak acak dan membentuk pola tertentu disekitaran harga nol maka data tidak identik. Berikut plot uji identik yang peneliti uji menggunakan Minitab 16.

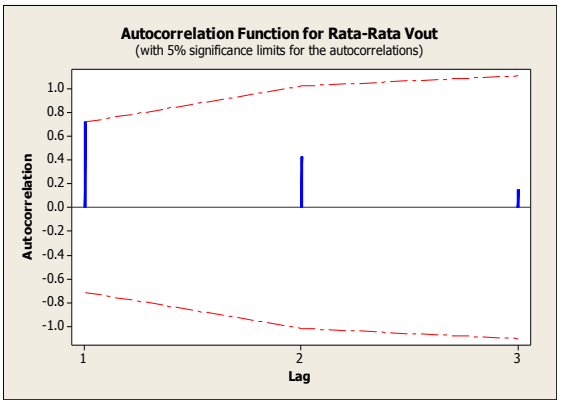


Gambar 8. Plot residual *Output* tegangan TEG pada uji identik

Gambar 8. menunjukkan hasil uji identik dengan variabel respon *output* tegangan TEG, dimana nilai residual tersebar secara acak tanpa membentuk sebuah pola, dengan demikian data tersebut memenuhi asumsi identik.

3. Uji independen

Uji independin pada penelitian ini dilakukan menggunakan *auto correlation function* (AFC) yang terdapat pada program Minitab 16. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat nilai AFC yang keluar dari batas interval atau tidak. Bila tidak terdapat nilai yang melebihi batas interval maka data penelitian ini memenuhi asumsi independen, namun bila terdapat data penelitian yang melebihi batas interval maka terdapat hasil pengukuran yang terpengaruh oleh hasil pengukuran lainnya. Berikut plot hasil uji independen data penelitian ini dari *output* Minitab 16.



Gambar 9. Plot ACF *Output* tegangan TEG pada uji independen

Gambar 9 tidak ada nilai AFC pada tiap lag yang keluar dari batas interval. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada kolerasi antar residual yang bararti penelitian ini bersifat independen.

C. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisa data menggunakan ANOVA dan uji hipotesis yang telah dilakukan dalam penelitian tentang *output* tegangan TEG yang dihasilkan dengan memvariasikan jumlah elemen *peltier* serta temperatur dinding tungku peleburan logam bekas maka didapatkan hasil pembahasan berupa data pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Dimana temperatur tungku yang divariasikan berpengaruh signifikan terhadap *output* tegangan TEG begitupun jumlah elemen *peltier* juga berpengaruh terhadap *output* tegangan TEG.

Berdasar hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti, semakin tinggi temperatur sumber *thermal* (dinding

tungku) *output* tegangan juga meningkat. Hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur maka pergerakan ion listrik pada *peltier* semakin cepat dan menyebabkan naiknya *output* tegangan TEG, pernyataan ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Achmad Tri Fadhila (2017) dengan judul "Analisa Pengaruh *Temperatur Exhaust*, Jumlah Elemen *Peltier* Serta Jenis Rangkaian Terhadap *Output* Tegangan *Thermoelectric Generator* Pada *Exhaus*t Kendaraan Bermotor" yang menyatakan bahwa temperatur yang paling optimum adalah temperatur tertiggi pada variabel bebas peneliti.

Dalam penelitian ini masing-masing variabel bebas memiliki beberapa level yang menunjukkan keadaan optimal *output* tegangan TEG. Variabel bebas pertama temperatur dinding tungku mempunyai 5 level yaitu 320 ˚C, 340 ˚C, 360 ˚C, 380 ˚C, 400 ˚C yang mempunyai *range* temperatur 20 ˚C. Hasil data penelitian temperatur tungku yang optimal untuk mendapatkan *output* tegangan TEG adalah 400 ºC dengan 6 keping elemen *peltier* menghasilkan *output* tegangan TEG sebesar 5,1 *Volt*, sedangkan temperatur 400 ºC dengan 3 keping elemen *peltier* menghasilkan *output* tegangan TEG sebesar 2,6 *Volt*. Variabel bebas yang kedua yaitu jumlah elemen *peltier* yang mempunyai 2 level yaitu 3 elemen *peltier* dan 6 elemen *peltier*. Berdasar hasil data penelitian ada pengaruh jumlah elemen *peltier* terhadap *output* tegangan TEG dikarenakan setiap elemen *peltier* memiliki suatu tegangan sendiri, dan jika dirangkai seri secara elektris maka tegangannya akan bertambah. Pada tegangan yang seimbang memiliki sudut yang sama dan hanya menghasilkan urutan simetris tanpa nol dan negatif. Ketika dirangkai seri maka tegangan akan bertambah, ketidaksamaan tegangan antar *peltier* pada rangkaian seri menyebabkan *output* tegangangan meningkat secara linier namun tidak stabil, pernyataan ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Hafidh Abdurrohman Al Fikri (2016) dengan judul "Efektifitas Modul *Peltier* TEC-12706 Sebagai Generator Dengan Memanfaatkan Energi Panas Dari Modul *Peltier* TEC-12706" yang menyatakan bahwa setiap bertambahnya elemen *peltier* maka *output* tegangan bertambah namun tidak stabil karena adanya hambatan pada rangkaian kabel yang terangkai seri.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen dan analisa yang telah dilakukan, maka penelitian *Themoelectric Generator* yang berjudul Analisa variasi temperatur dan jumlah elemen peltier terhadap *output* tegangan TEG pada tungku peleburan logam bekas

dengan rangkaian seri dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kenaikan temperatur dinding berpengaruh terhadap *output* tegangan TEG, Seiring naiknya temperatur maka *output* tegangan juga ikut naik. Penggunaan 3 keping elemen *peltier* yang di rangkai seri secara elektris dengan temperatur 320 ˚C menghasilkan *output* tegangan terkecil sebesar 1.4700 *Volt* , dan temperatur 400 ˚C menghasilkan *output* tegangan tertinggi yaitu sebesar 2.4400 *Volt.* Sedangkan 6 keping elemen *peltier* yang di rangkai seri secara elektris dengan temperatur 320 ˚C menghasilkan *output* tegangan terkecil sebesar 2.9233 *Volt.* dan temperatur 400 ˚C menghasilkan *output* tegangan tertinggi yaitu sebesar 5.0167 *Volt.*
2. Jumlah elemen *peltier* mempengaruhi hasil *output* tegangan TEG, dimana dengan rangkaian 6 keping elemen *peltier* yang di rangkai seri secara elektris mampu menghasilkan nilai tertinggi dari rata-rata replikasi 3 kali yaitu sebesar 5.0167 *Volt* dengan temperatur 400 ˚C, sedangkan 3 keping elemen peltier yang di rangkai seri secara elektris menghasilkan nilai rata-rata dari 3 kali replikasi sebesar 2.4400 *Volt* dengan temperatur 400 ˚C.

B. Saran

Dari hasil eksperimen dan analisa yang telah dilakukan serta beberapa kesimpulan yang telah didapat maka saran yang bisa direkomendasikan terkait dengan eksperimen ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam penelitian sumber *thermal* yang digunakan adalah dinding tungku peleburan logam bekas, untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa menggunakan sumber *thermal* lain yang mempunyai panas buang dan belum termanfaatkan.
2. Peletakan TEG mempengaruhi *output* tegangan TEG sehingga apabila persebaran panas tidak merata membuat besar *output* tegangan TEG menjadi tidak optimal, untuk penelitian selanjutnya diharapkan TEG dipasang pada posisi yang tepat supaya mendapatkan arus yang optimal.
3. Perlu adanya percobaan-percoban lanjutan dari konsep *Thermoelectric Generator* ini yaitu:
   a. Memperbesar dimensi *heat sink* dingin agar beda temperaturnya tinggi sehingga hasil *output* tegangannya juga tinggi.
   b. Mengasih sirkulasi pendingin agar temperatur *heat sink* dingin tetap konstan.

V. DAFTAR PUSTAKA

Al Fikri, Hafidh Abdurrohman. 2016. *Efektifitas Modul Peltier TEC-12706 Sebagai Generator Dengan Memanfaatkan Energi Panas Dari Modul Peltier TEC-12706*. (Online), tersedia: http://eprints.ums.ac.id, diunduh 25 Desember 2017.

Fadhila, Achmad Tri. 2017. Analisa Pengaruh Temperatur Exhaust, Jumlah Elemen *Peltier* Serta Jenis Rangkaian Terhadap Output Tegangan Thermoelectric Generator Pada Exhaust Kendaraan Bermotor. *Jurnal Simki-Techsain*. 01 (01). (Online), tersedia: http://simki.unpkediri.ac.id, diunduh 15 Desember 2017.

Indonesia Perkuat Struktur Industri Logam Pada 2017. Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia. (Online) Tersedia: Https://Www.Gaikindo.Or.Id, diunduh 15 Desember 2017.

Ismail, Basel I., et-al. 2009. Thermoelectric Power Generation Using Waste-Heat Energy as an Alternative Green Technology. *Jurnal Recent Patents on Electrical Engineering*, 2. (Online) tersedia: https://pdfs.semanticscholar.org, diunduh 15 Desember 2017.

Rochman, R., et-al. 2010. Karaktetrisasi Sifat Mekanik Dan Pembentukan Fasa Presipitat Pada Aluminium Alloy 2024–T81 Akibat Perlakuan Penuaan. *Jurnal Mekanika*. (Online), tersedia: http://jurnal.ft.uns.ac.id, diunduh 29 Desember 2017.

Sukur, Edi. 2004. *Melirik Teknologi Termoelektrik sebagai Sumber Energi Alternatif*. (Online), tersedia: http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi, diunduh 25 Desember 2017.