JURNAL

ANALISA PENGARUH TEMPERATUR *EXHAUST*, JUMLAH ELEMEN PELTIER SERTA JENIS RANGKAIAN TERHADAP *OUTPUT* TEGANGAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* PADA *EXHAUST* KENDARAAN BERMOTOR

Analysis Effect of Exhaust's Temperature, Total of Peltier's Element and Circuit Type For Thermoelectric Generator Output Voltage at Exhaust Internal Combustion Vehicle

Oleh:

Achmad Tri Fadhila

13.1.03.01.0152

Dibimbing oleh :

1. **Irwan Setyowidodo, M.Si**
2. **Am. Mufarrih, M.T**

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2017

SURAT PERNYATAAN
ARTIKEL SKRIPSI TAHUN 2017

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap	: Achmad Tri Fadhila
NPM	: 13.1.03.01.0152
Telepon/HP	: 081335774824
Alamat Surel (Email)	: achmadtrifadhila@gmail.com
Judul Artikel	: Analisa Pengaruh Temperatur *Exhaust*, Jumlah Elemen Peltier Serta Jenis Rangkaian Terhadap *Output* Tegangan *Thermoelectric Generator* Pada *Exhaust* Kendaraan Bermotor.
Fakultas – Program Studi	: Fakultas Teknik – Program Studi Teknik Mesin
Nama Perguruan Tinggi	: Universitas Nusantara PGRI Kediri
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. K.H achmad Dahlan No. 76 Kediri, Indonesia

Dengan ini menyatakan bahwa :

a. Artikel yang saya tulis merupakan karya saya pribadi (bersama tim penulis) dan bebas plagiarism.
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,……..

Pembimbing I	Pembimbing II	Penulis,
Irwan Setyowidodo, M.Si	Am. Mufarrih, M.T	Achmad Tri Fadhila
NIDN.0701098404	NIDN. 0730048904	NPM 13.1.03.01.0152

ANALISA PENGARUH TEMPERATUR *EXHAUST*, JUMLAH ELEMEN PELTIER SERTA JENIS RANGKAIAN TERHADAP *OUTPUT* TEGANGAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* PADA *EXHAUST* KENDARAAN BERMOTOR

ACHMAD TRI FADHILA
13.1.03.01.0152
FT – Prodi Teknik Mesin
Email: achmadtrifadhila@gmail.com
Irwan Setyowidodo, M.Si[1] dan Am. Mufarrih, M.T[2]

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

Abstrak

Penelitian ini dilatar belakangi pengamatan peneliti terhadap persentase energi kendaraan bermotor, dimana 40% energi terbuang sebagai *exhaust gas* bertemperatur tinggi. Persentase tersebut mampu dikonversi menjadi energi listrik dengan konsep *thermoelectric generator* menggunakan elemen peltier. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan temperatur *exhaust* optimum untuk *output* tegangan tertinggi, memperoleh jumlah elemen peltier optimum untuk *output* tegangan tertinggi dan memperoleh jenis rangkaian peltier optimum untuk *output* tegangan tertinggi. Lalu mendapatkan titik optimum koefisien *Seebeck*. Penelitian ini berupa matriks orthogonal L_{20} dengan tiga replikasi menggunakan rancangan faktorial. Variabel bebas yang divariasikan yaitu temperatur *exhaust*, jumlah elemen peltier serta jenis rangkaian. Variabel respon penelitian ini adalah *output* tegangan yang di analisis menggunakan Anova serta uji kontras metode Scheffe. Kesimpulan penelitian ini adalah faktor temperatur *exhaust*, jumlah elemen peltier serta jenis rangkaian mampu berjalan simultan dan mempengaruhi *output* tegangan, dalam hasil Anova. Berdasarkan *main effect plot* dan uji kontras, kombinasi faktor optimum untuk *output* tegangan tertinggi adalah temperatur *exhaust* 240^0C dengan empat elemen peltier yang terangkai seri. Kombinasi ini menghasilkan tegangan 3,4 V. Lalu titik optimum koefisien *seebeck* sebesar 0,0524 V/K. Berdasarkan simpulan penelitian ini, direkomendasikan implementasi *thermoelectric generator* pada kendaraan bermotor menggunakan kombinasi faktor temperatur *exhaust* 240^0C dengan empat elemen peltier terangkai seri.

Kata kunci: *thermoelectric generator*, temperatur *exhaust*, elemen peltier, jenis rangkaian.

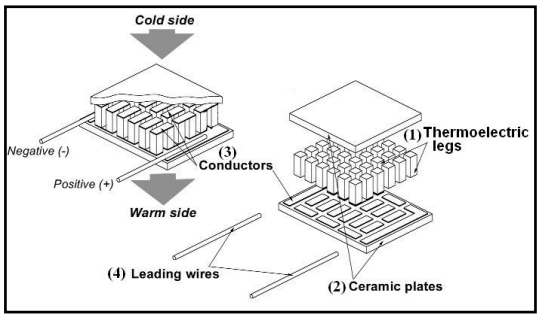
A. PENDAHULUAN

Seiring mulai berkembangnya bidang industri serta bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan kebutuhan energi juga semakin meningkat. Secara umum hal ini dicerminkan pada konsumsi energi nasional pada tahun 2010 yang naik hingga 5,5% bila dibandingkan dengan konsumsi energi tahun 2009 (Wirawan, 2014: 174). Dalam sektor kendaraan bermotor khususnya konsep *internal combustion*, adalah jenis kendaraan yang paling mendominasi di dunia. Namun efisiensi penggunaan energi kendaraan bermotor dengan *internal combustion* masih sangat kecil. Dimana dari 100% persentase energi bahan bakar, 30% energi digunakan untuk operasi *engine*, 5% dialokasikan untuk gesekan pada transmisi, 25% untuk mobilitas dan 40% terbuang sebagai *exhaust gas* (Karri, 2005: 3). 40% energi pada *exhaust gas* (gas buang) ini berbentuk *thermal energy* dengan temperatur cukup tinggi yang masih belum dimanfaatkan maksimal sehingga energi termal ini hanya bertransfer secara

konveksi pada dinding saluran pipa *exhaust* sebagai panas buang. Permasalahan persentase energi *thermal* yang terbuang tersebut mampu dikonversikan menjadi energi listrik dengan konsep *thermoelectric generator* (TEG) dengan sejumlah elemen peltier yang terangkai secara elektris sebagai bagian utamanya.

Tujuan penelitian ini adalah (1) mendapatkan temperatur *exhaust* optimum untuk *output* tegangan tertinggi, (2) memperoleh jumlah elemen peltier optimum untuk *output* tegangan tertinggi, (3) memperoleh jenis rangkaian peltier optimum untuk *output* tegangan tertinggi, (4) mendapatkan titik optimum koefisien *Seebeck* selama eksperimen pada grafik perfomansi.

Elemen peltier merupakan sebuah perangkat yang awalnya menggunakan implementasi prinsip peltier, dimana bila arus listrik dialirkan pada sambungan dua jenis logam maka akan menghasilkan perpindahan kalor.



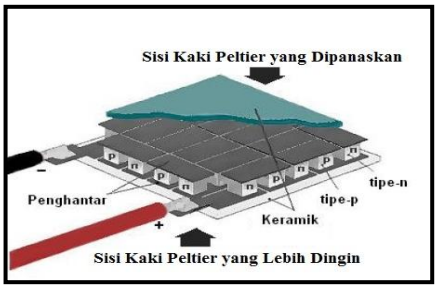
Gambar 1. Konstruksi elemen peltier.

Pada gambar 1, memperlihatkan kontruksi sebuah elemen peltier dimana (1) merupakan kaki dari *thermoelectric peltier element*, (2) adalah plat keramik yang menjepit elemen, (3) konduktor elektrik dan (4) ialah kabel elektrik elemen peltier. Plat keramik digunakan untuk mengisolasi modul secara elektrik dari pengaruh pemukaan luar. Plat keramik ini memiliki konduktivitas *thermal* yang baik dengan jenis material keramik aluminium oxide (Al_2O_3).

Thermoelectric generator di awali dari teori fisikawan Jerman bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1826, bahwa dua buah bahan semikonduktor yang berbeda jenis bila masing-masing permukaan memiliki beda (gradien) temperatur maka akan menghasilkan tegangan. Kondisi ini selanjutnya dikenal sebagai efek *Seebeck* yang dinotasikan dengan formula :

$$S = \frac{V}{\Delta T} \qquad (1)$$

Dimana S adalah koefisien *Seebeck* (V/K), V sebagai tegangan yang dihasilkan (volt) dan ΔT adalah Beda temperatur sisi *heat sink* panas dan *heat sink* dingin (kelvin). Besarnya koefisien ini akan merepresentasikan kinerja *thermoelectric generator*.



Gambar 2. Skema peltier sebagai bagian TEG.

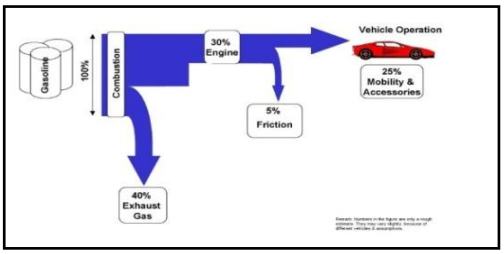
Pada gambar 2, terlihat elemen peltier terdiri dari kaki-kaki dengan dua jenis material semikonduktor yaitu tipe-n (material yang kelebihan elektron) dan tipe-p (material yang kekurangan elektron). Elektron pada ujung sisi kaki yang dipanaskan memiliki energi kalor yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan ujung kaki yang dingin. Elektron yang dengan energi kalor yang lebih besar akan menyebar sampai ujung kaki-kaki yang lebih dingin. Pada tahap ini kenetralan atom tetap terjaga sehingga distribusi elektron membentuk muatan negatif pada ujung yang dingin (kelebihan muatan elektron) dan muatan positif pada ujung yang panas (kekosongan elektron pada atom) sehingga terbentuk tegangan listrik.

Range temperatur dimana TEG beroperasi dikatakan sebagai temperatur operasional, yang dapat disimbolkan melalui formula :

$$T_{ops} = \frac{T_h + T_c}{2} \qquad (2)$$

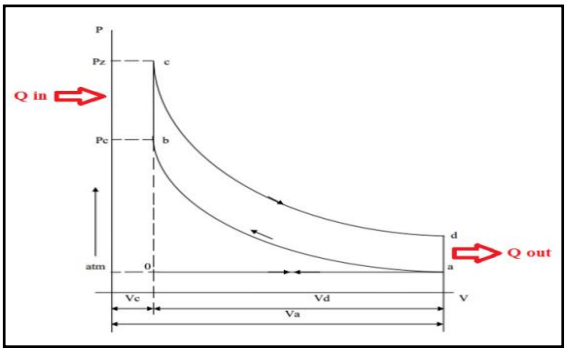
Dimana T_h adalah temperatur sisi panas dan T_c sebagai temperatur sisi dingin.

Energi yang dimanfaatkan di penelitian ini adalah energi *thermal* saluran *exhaust* dari hasil persentase energi *internal combustion*. Dimana terdapat angka *energy losses* yang dianggap sebagai energi yang terbuang dalam persentase energi bahan bakar konsep *internal combustion*.



Gambar 3. Persentase energi kendaraan bermotor.

Seperti ilustrasi gambar 3, masih terdapat 40% energi dengan temperatur tinggi yang terbuang dari konsep *internal combustion* Bila merujuk pada Diagram P-V 4 tak maka sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram P-V siklus 4 tak.

Diagram P-V pada gambar 4, menunjukkan dua titik krusial yaitu *combustion* (titik b-c) dimana panas masuk dalam sistem lalu *exhaust* (titik d-a) dimana panas dibuang dari sistem *internal combustion*.

Untuk menemukan taraf penelitian yang optimum, uji kontras metode Scheffe dapat diaplikasikan dalam penelitian ini. Metode ini membutuhkan nilai *Standard error* untuk himpunan kontras, dengan formulasi:

$$Sc_u = \sqrt{MS_E \sum_{i=1}^{a} (c_{1u}^2 / n_i)} \qquad (3)$$

Dimana MS_E adalah *Mean squares of error*, $c_{1\,u}^2$ adalah himpunan data kontras dan n_i sebagai jumlah observasi. Selain itu nilai kritis taraf signifikan juga dibutuhkan, dengan formulasi:

$$S_{\alpha.u} = Sc_u \sqrt{(a-1)F_{\alpha\, a-1\, N-a}} \qquad (4)$$

Sc_u adalah *Standard error* untuk himpunan data kontras, $a-1$ sebagai derajat kebebasan dan $F_{\alpha\, a-1 N-a}$ sebagai nilai F tabel.

B. METODE PENELITIAN

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

Tabel 1. Faktor dan taraf penelitian.

Temp. Exhaust	Jumlah Peltier	Jenis Rangkaian
a1 = 200^{0}C	b1 = 2 keping	c1 = seri
a2 = 210^{0}C	b2 = 4 keping	c2 = paralel
a3 = 220^{0}C	-	-
a4 = 230^{0}C	-	-
a5 = 240^{0}C	-	-

Dimensi desain *thermoelectric generator* penelitian ini yaitu *heat sink* panas untuk 2 peltier berdimensi 10 cm x 8 cm sedangkan untuk 4 peltier menggunakan dimensi 19 cm x 8 cm. Dimensi *heat sink* dingin menggunakan ukuran 25 cm x 12 cm. Berikut *thermoelectric generator* tersebut:

(a)

(b)

Gambar 5. (a) TEG 2 keping peltier (b) TEG 4 keping peltier.

Data penelitian didapatkan dari instrumen ukur, untuk temperatur *exhaust* dan *heat sink* diukur dengan *thermometer infrared*. Sedangkan untuk pengukuran *output* tegangan menggunakan *multitester* analog.

(a)

(b)

Gambar 6. (a) Pengukuran temperatur (b) pengukuran tegangan.

Analisis data secara statistik menggunakan metode analisis varian (Anova) dengan *software* Minitab 16 serta uji lanjut (uji kontras metode Scheffe) secara analitis.

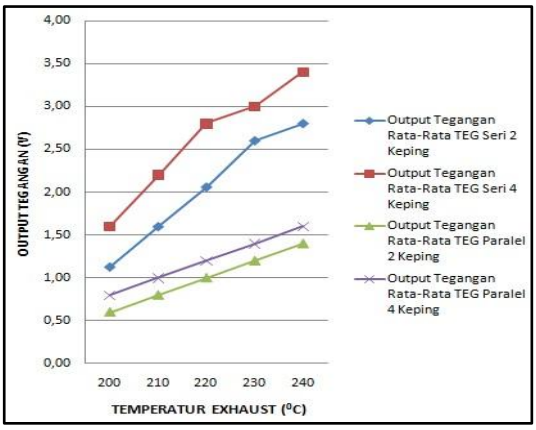
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil eksperimen didapatkan data *output* tegangan rata – rata *thermoelectric generator* sebagai berikut:

Tabel 2. Data *output* tegangan rata-rata.

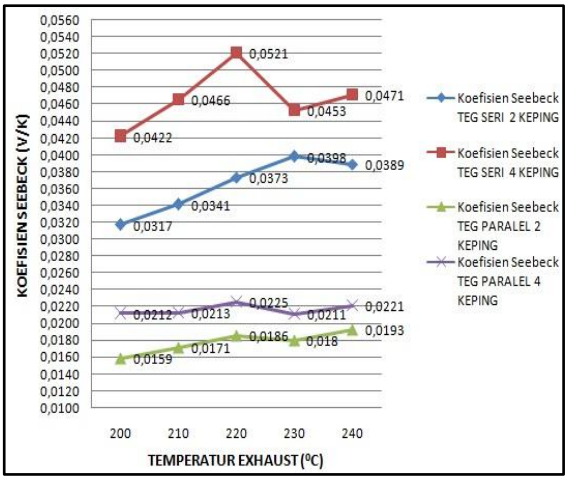
No	Faktor Penelitian			Rata-rata Tegangan (V Out)
	Jenis Rangkaian	Jumlah Peltier	Temp. Exhaust	
1	Seri	2	200 ^{0}C	1,13
2			210 ^{0}C	1,6
3			220 ^{0}C	2,06
4			230 ^{0}C	2,6
5			240 ^{0}C	2,8
6		4	200 ^{0}C	1,6
7			210 ^{0}C	2,2
8			220 ^{0}C	2,8
9			230 ^{0}C	3
10			240 ^{0}C	3,4
11	Paralel	2	200 ^{0}C	0,6
12			210 ^{0}C	0,8
13			220 ^{0}C	1
14			230 ^{0}C	1,2
15			240 ^{0}C	1,4
16		4	200 ^{0}C	0,8
17			210 ^{0}C	1
18			220 ^{0}C	1,2
19			230 ^{0}C	1,4
20			240 ^{0}C	1,6

Pada tabel 2, terlihat secara empiris bahwa rangkaian seri dengan empat keping elemen peltier menghasilkan tegangan yang lebih besar, adapun grafik data tersebut adalah sebagai berikut:

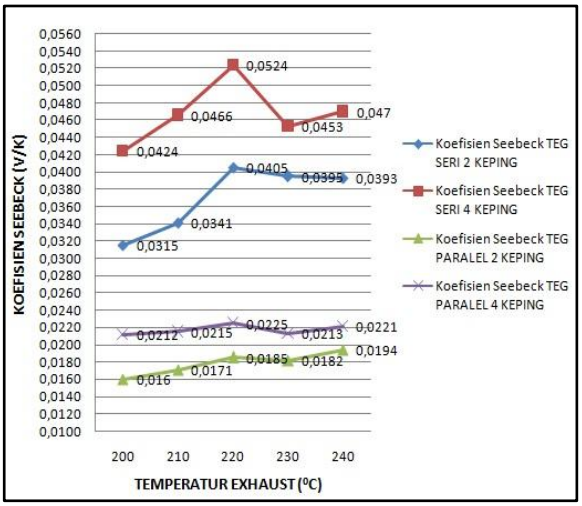


Gambar 7. Grafik *output* tegangan.

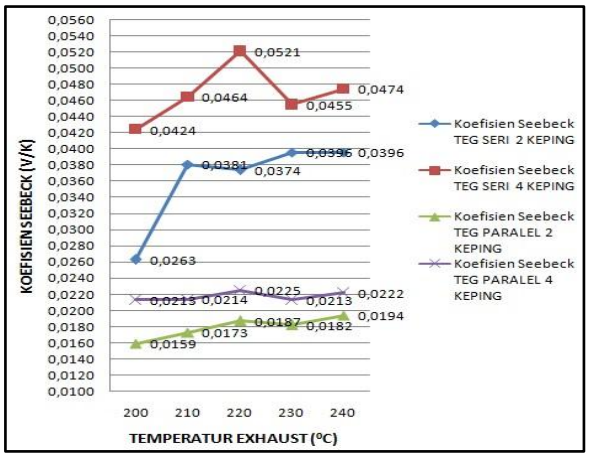
Data pendukung koefisien *Seebeck* dan temperatur operasional juga didapatkan dari hasil eksperimen. Berikut grafik koefisien *Seebeck* ketiga eksperimen:



(a)



(b)



(c)

Gambar 8. (a) *S* eksperimen pertama (b) *S* eksperimen kedua (c) *S* eksperimen ketiga.

Pada gambar 8, telah diketahui bahwa nilai koefisien Seebeck (*S*) tertinggi ada pada eksperimen kedua yaitu 0,0524 V/K. Artinya setiap adanya perbedaan temperatur 1 K di kedua sisi TEG maka akan menghasilkan tegangan 0,0524 V.

Sedangkan data temperatur operasional (T_{ops}) sebagai berikut :

Tabel 3. Temperatur Operasional TEG.

Temperatur Exhaust (^{0}C)	Temperatur Operasional TEG (^{0}C)
200 ^{0}C	61,125
210 ^{0}C	66,6
220 ^{0}C	73,2125
230 ^{0}C	82,0125
240 ^{0}C	88,9125

Dari semua data tersebut, data tabel 2 akan di analisis menggunakan metode Anova untuk mengetahui apakah ada pengaruh variasi faktor penelitian terhadap besarnya tegangan *output* TEG Berikut hasil analisis varian penelitian ini:

Tabel 4. Hasil analisis varian data penelitian.

Source	DF	Seq SS	Adj MS	F	P
Rangkaian	1	7,4298	7,4298	122,30	0,000
Jumlah Peltier	1	0,7258	0,7258	11,95	0,004
T.Exhaust	4	4,0873	1,0218	16,82	0,000
Error	13	0,7898	0,0608		
Total	19	13,0327			

Sedangkan persentase kontribusi faktor penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Persentase kontribusi

Variabel Bebas	% Kontribusi
Jenis Rangkaian	56,54
Jumlah Elemen Peltier	5,10
Temperatur *Exhaust*	29,50
Error	8,86
Total	100,00

Berdasarkan tabel 4, jenis rangkaian memiliki nilai F tertinggi yaitu 122,30. Lalu nilai F_{hitung} temperatur *exhaust* sebesar 16,82 dan F_{hitung} jumlah elemen peltier yaitu sebesar 11,95. Sedangkan nilai *P-Value* cenderung sangat rendah (jauh di bawah nilai α =0,05).

Merujuk pada pada tabel 5, jenis rangkaian memiliki persentase kontribusi tertinggi yaitu 56,54 %. Diikuti temperatur *exhaust* dengan persentase kontribusi sebesar 29,50 % dan jumlah elemen peltier dengan persentase kontribusi terkecil yaitu 5,10 %.

Untuk penelitian *thermoelectric generator* ini sendiri nilai $F_{0,05\ (2)\ (57)}$ adalah

3,16. Lalu taraf signifikan yang digunakan adalah sebesar 5% (α =0,05). Untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari faktor penelitan terhadap *output* tegangan yang dihasilkan oleh *thermoelectric generator* maka dapat dilakukan perbandingan nilai F_{hitung} dan F_{tabel} sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan nilai F_{hitung} dan F_{tabel}.

Variabel Bebas	F_{hitung}		F_{tabel}
Jenis Rangkaian	122,30	>	3,16
Jumlah Elemen Peltier	11,95	>	3,16
Temperatur *Exhaust*	16,82	>	3,16

Sedangkan perbandingan *P-Value* dengan nilai taraf signifikan adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Perbandingan nilai *P-Value* dan α

Variabel Bebas	*P-Value*		α
Jenis Rangkaian	0,000	<	0,05
Jumlah Elemen Peltier	0,004	<	0,05
Temperatur *Exhaust*	0,000	<	0,05

Berdasarkan perbandingan nilai F_{hitung} dan F_{tabel} pada tabel 6, semua nilai F_{hitung} > F_{tabel}. Artinya semua faktor penelitian memberikan pengaruh terhadap *output* tegangan secara simultan. Sedangkan pada tabel 7, semua nilai *P-Value* < α =0,05, sehingga mempertegas ada pengaruh dari semua faktor penelitian terhadap *output* tegangan.

Dalam uji kontras metode Scheffe, dilakukan perbandingan awal antara rangkaian seri dan paralel untuk dua keping peltier sebagai berikut:

Tabel 8. Uji kontras 2 keping seri-paralel

Γ	$\lvert C \rvert$		$S_{0,05}$	Hasil Uji
$\mu_1 - \mu_{11}$	0,53	>	0,502	Kontras
$\mu_2 - \mu_{12}$	0,8	>	0,502	Kontras
$\mu_3 - \mu_{13}$	1,06	>	0,502	Kontras
$\mu_4 - \mu_{14}$	1,4	>	0,502	Kontras
$\mu_5 - \mu_{15}$	1,4	>	0,502	Kontras

Pada tabel 8, menunjukkan faktor rangkaian seri dengan dua keping elemen peltier ($\mu_{1,}\mu_{2,}\mu_{3,}\mu_{4,}\mu_{5,}$) lebih kontras jika dibandingkan dengan faktor rangkaian paralel dengan dua keping peltier.

Sedangkan perbandingan kedua antara rangkaian seri dan paralel untuk empat keping peltier adalah berikut:

Tabel 9. Uji kontras 4 keping seri-paralel

Γ	$\lvert C \rvert$		$S_{0,05}$	Hasil Uji
$\mu_6 - \mu_{16}$	0,8	>	0,502	Kontras
$\mu_7 - \mu_{17}$	1,2	>	0,502	Kontras
$\mu_8 - \mu_{18}$	1,6	>	0,502	Kontras
$\mu_9 - \mu_{19}$	1,6	>	0,502	Kontras
$\mu_{10} - \mu_{20}$	1,8	>	0,502	Kontras

Berdasarkan hasil uji kontras pada tabel 9, faktor rangkaian seri dengan empat elemen peltier ($\mu_{6,}\mu_{7,}\mu_{8,}\mu_{9,}\mu_{10}$) lebih kontras jika dibandingkan dengan faktor rangkaian paralel dengan empat keping elemen peltier.

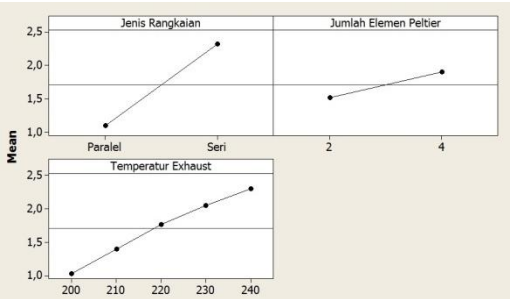
Lalu uji kontras terakhir antara dua dan empat keping peltier dengan rangkaian seri, yaitu sebagai berikut:

Tabel 10. Uji kontras seri 2 – 4 keping.

Γ	$\lvert C \rvert$		$S_{0,05}$	Hasil Uji
$\mu_1 - \mu_6$	0,47	<	0,502	Tidak Kontras
$\mu_2 - \mu_7$	0,6	>	0,502	Kontras
$\mu_3 - \mu_8$	0,74	>	0,502	Kontras
$\mu_4 - \mu_9$	0,4	<	0,502	Tidak Kontras
$\mu_5 - \mu_{10}$	0,6	>	0,502	Kontras

Berdasarkan hasil uji kontras pada tabel 10, *thermoelectric generator* dengan empat keping elemen peltier yang terangkai secara seri lebih optimum untuk beberapa *range* temperatur *exhaust* yaitu antara temperatur 210 ^{0}C, 220 ^{0}C, dan 240 ^{0}C.

Secara keseluruhan dapat diketahui dari penelitian ini bahwa ada pengaruh dari variasi temperatur *exhaust*, jenis rangkaian dan jumlah peltier terhadap *output* tegangan *thermoelectric generator*. Bila merujuk faktor optimum maka mampu terlihat dari *main effect plot* berikut:



Gambar 9. *Main effect plot* faktor penelitian.

Pada gambar 9, memperlihatkan jenis rangkaian seri dengan empat elemen peltier serta *range* temperatur tertinggi (240 ^{0}C) yang berjalan simultan untuk menghasilkan *output* tegangan tertinggi pada *thermoelectric generator*. Hal ini diperkuat pula oleh hasil uji kontras dimana empat keping elemen peltier yang terangkai secara seri bersifat lebih kontras jika dibandingkan dengan faktor lainnya untuk *range* temperatur *exhaust* 210 ^{0}C, 220 ^{0}C, dan 240 ^{0}C.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui rangkaian seri menjadi rangkaian yang optimum jika dibandingkan dengan rangkaian paralel. Elemen peltier pada *thermoelectric generator* berfungsi layaknya baterai DC yang secara teoritis jika terdapat empat sumber tegangan yang dirangkai secara seri akan menghasilkan tegangan yang tinggi ($V_{Tot} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$).

Dari penelitian ini diketahui jumlah empat elemen peltier lebih optimum dalam menghasilkan *output* tegangan. Kesimpulan ini diperkuat oleh buku yang ditulis oleh Melcor (2000) dengan judul "*Thermoelectric Handbook: Perfomance and Properties*", jumlah elemen lebih dari satu keping disebut sebagai *thermoelectric multistage*. Penerapan ini bertujuan menghasilkan tegangan yang lebih besar.

Berdasarkan hasil penelitian, temperatur *exhaust* optimum untuk menghasilkan *output* tegangan tertinggi ada pada *range* 240 ^{0}C. Tingginya temperatur ini juga dikarenakan faktor optimumnya *heat trap* pada *heat sink* dingin yang mampu mempertahankan temperatur tidak lebih dari 54 ^{0}C, sehingga semakin tinggi temperatur

sumber *thermal* maka semakin besar beda temperatur yang timbul.

D. SIMPULAN DAN SARAN

1. Simpulan

Simpulan penelitian ini antara lain:

1) Berdasarkan hasil *main effect plot* dan uji kontras, temperatur optimum saluran *exhaust* adalah 240 ^{0}C.
2) Berdasarkan hasil *main effect plot* dan hasil uji kontras, jumlah keping elemen peltier optimum adalah empat keping.
3) Berdasarkan hasil *main effect plot* dan hasil uji kontras, jenis rangkaian optimum adalah seri.
4) Grafik perfomansi didapatkan koefisien *seebeck* optimum di angka 0,0524 V/K pada uji coba kedua.

2. Saran

Disarankan untuk penelitian selanjutnya agar menitik beratkan pada beban elektris yang disuplai oleh *thermoelectric generator*.

E. DAFTAR PUSTAKA

Bitschi, Andreas. 2005. *Modeling Of Thermoelectric Divices For Electric Power Generation*. Disertasi. Dipublikasikan. Zurich: Institute Of Thecnology Zurich.

Buchori, Luqman. 2010. *Handout Perpindahan Panas (Heat Transfer)*. Semarang: Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP.

Melcor, 2000. *Thermoelectric Handbook: Perfomance and Properties*. Trenton: Laird Technologies.

Montgomery, Douglas C. *Design and Analysis of Experiments*. New York: Jhon Wiley & Sons, INC.

Haryadhi, Denny. *Handout Motor Bakar*. (Online), Tersedia: http://Scribd.edu/motorbakar.html, Diunduh 15 September 2016.

Karri, A Madhav. 2005. *Modeling Of An Automotive Exhaust Thermoelectric Generator*. Tesis. Dipublikasikan. Clarkson: Department of Mechanical and Aeronautical Engineering Clarkson University.

O'Halloran, Steven. 2012. *Power And Efficiency Measurement In A Thermoelectric Generator*. Jurnal American Society For Engineering: halaman 4

Putra, Nandy, 2009. *Potensi Pembangkit Daya Thermoelectric Untuk Kendaraan Hibrid*. Jurnal Teknik Universitas Indonesia. 13 (2): 2.

Setiawan, Ade. 2009. *Handout Perancangan Percobaan*. (Online), Tersedia: http://smartstat.wordpress.com, Diunduh 7 September 2016.

Setiawan, Andreas. 2012. Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe Generator Termoelektrik. Jurnal Teknik Mesin. 11 (1): 4.

Wirawan, Rio. 2014. *Aplikasi Heat Pipe Pada Thermoelectric Generator*. Proceeding Seminar Nasional Thermofluid IV, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta, 29 April 2014.