

# PEMANFAATAN PANAS PADA KOMPOR GAS LPG UNTUK PEMBANGKITAN ENERGI LISTRIK MENGGUNAKAN GENERATOR THERMOELEKTRIK

**Sugiyanto, Soeadgihardo Siswantoro**

Program Diploma Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM  
Jl Yacaranda Sekip Unit IV Sleman Yogyakarta  
Email : sugiyanto.ugm@gmail.com

## ABSTRACT

*The government launched the kerosene-to-LPG conversion program in 2007 to help reduce kerosene consumption. This program had increased the number of LPG-stoves in society significantly. LPG-stove has high thermal efficiency, so utilizing some of heat from the stove to direct converts into electrical energy will provide economic value of the stove. The kind of technology that possible to be applied in conversion of heat into electrical energy on the LPG-stove is thermoelectric technology.*

*This research utilized the heat of LPG Stoves RI-511A and RI-300HP using thermoelectric generator TEG127 - 40A and TEG126 - 40A. The heat then converts to electrical energy using technology of Seebeck effect on thermoelectric.*

*The result show that voltage and current generated by TEG126 - 40A is better than TEG127 - 40A. LPG-stove RI-551A using TEG127-40A, voltage and current reached 2.69 V and 0,12 respectively. This result is smaller than using TEG - 40A 126 V that reached 3,59 V and 0,34 A. While the value of the voltage and current generated by TEG127-40A on RI-300HP reached 3,77 V and 0,39 A respectively, but it is still smaller than that using TEG126-40A V that reached 4,17 V and 0,48 A.*

*Keywords: LPG-Stove, Thermoelectric Generator, Energy Conversion, Power Generation.*

## INTISARI

Pemerintah Indonesia meluncurkan program konversi minyak tanah ke LPG pada tahun 2007 menyebabkan jumlah kompor Gas LPG di masyarakat semakin banyak. Kompor LPG memiliki efisiensi thermal yang tinggi sehingga memanfaatkan sebagian panas dari kompor ini akan memberi nilai tambah ekonomis. Salah satu teknologi yang sangat dimungkinkan untuk diaplikasikan dalam penkonversian panas menjadi energi listrik pada kompor gas LPG tersebut adalah teknologi termoelektrik.

Penelitian ini memanfaatkan panas dari kompor gas LPG RI-511A dan RI-300HP dengan menggunakan thermoelectric generator tipe TEG 127-40A dan TEG 126-40A. Panas ini dikonversi menjadi energi listrik menggunakan efek Seebeck yang ada pada termoelektrik.

Dari pengujian dan analisa data TEG 126-40A lebih baik dalam pembangkitan tegangan dan arus dibandingkan TEG 127-40A. Pengujian dengan kompor RI-551A, nilai tegangan dan arus mencapai 2.69 V, 0.12 A lebih kecil dibandingkan menggunakan TEG 126-40A yang mencapai 3.59 V dan 0.34 A. Sedangkan nilai tegangan dan arus yang dibangkitkan TEG 127-40A pada kompor RI-300HP mencapai 3.77 V dan 0,39 A, masih lebih kecil dibandingkan menggunakan TEG126-40A yang mencapai 4.17 V dan 0.48 A.

Kata kunci : Kompor Gas LPG, Generator Termoelektrik, Konversi Energi, Pembangkitan Listrik.

## PENDAHULUAN

Dibalik kesuksesan program pemerintah mengkonversi minyak tanah ke bahan bakar LPG yang berlangsung sejak tahun 2007 ternyata meninggalkan beberapa catatan penting, yaitu bagi pemerintah program ini menurunkan beban subsidi bahan bakar minyak (BBM) namun tidak dapat menghilangkan subsidi ini sama sekali. Dari data Ditjen Migas pada tahun 2012 subsidi LPG dengan kemasan tabung 3 kg

mencapai 3,61 juta metrik ton. Dengan harga \$910 per metrik ton maka besaran subsidi berkisar 30 triliun rupiah dan akan meningkat untuk tahun tahun berikutnya. Pemikiran kembali menggunakan kompor minyak tanah sudah tidak mungkin lagi dilakukan karena subsidi minyak tanah sudah dihilangkan sehingga menjadi mahal. Alternatif lain adalah memanfaatkan kembali penggunaan tungku atau kompor tradisional yang menggunakan limbah kayu atau arang kayu

sebagai bahan bakar, namun dari data *Barkeley Air Monitoring Group* (2012), kompor yang menggunakan kayu mempunyai emisi yang lebih tinggi dibandingkan kompor minyak dan gas. Hal ini tentu saja sangat berisiko bagi kesehatan keluarga.

Saat ini penggunaan kompor gas LPG di Indonesia sudah menjadi hal yang umum. Hampir semua rumah tangga, pedagang, industri kecil sudah menggunakan jenis kompor tersebut. Melihat kondisi ini, ada potensi yang bisa dilakukan dengan banyaknya populasi pemakaian kompor gas LPG di masyarakat, antara lain yaitu pemanfaatan sebagian panas yang dihasilkan dari pembakaran gas LPG menjadi energi listrik. Potensi pembangkitan energi listrik ini akan dikaji penggunaannya sebagai sumber energi listrik alternatif rumah tangga dan Usaha Kecil Menengah (UKM).

Pemanfaatan energi untuk skala rumah tangga telah banyak dilakukan antara lain pembangkitan listrik dengan tenaga panas matahari berbasis teknologi mesin striling (Syafriyudin,dkk, 2013). Teknologi yang lain untuk proses konversi panas menjadi listrik langsung menggunakan *Thermoelectric generator* (TEG), yang sumber energinya dapat menggunakan limbah panas, merupakan salah satu teknologi hijau yang dibutuhkan sebagai alternatif sumber energi masa depan (Rowe, D.M., 2006). 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, tidak membutuhkan pemeliharaan, sederhana, kompak dan aman, memiliki ukuran yang sangat kecil dan sangat ringan, mampu beroperasi pada suhu tinggi, mampu beroperasi untuk skala kecil dan lokasi terpencil, ramah lingkungan, dan sumber energi yang fleksibel. Kelebihan-kelebihan tersebut menyebabkan studi mengenai aplikasi generator termoelektrik banyak dilakukan (Ismail,dkk, 2009).

Menurut *Barkeley Air Monitoring Group/BAMG* (2012), kompor gas LPG merupakan kompor yang paling unggul dibandingkan jenis kompor yang lain. Kompor ini mempunyai *high power thermal efficiency* yang paling tinggi, *modified combustion efficiency* paling tinggi dan emisi yang paling rendah. Dengan alasan

tersebut, kebijakan pemerintah agar masyarakat menggunakan kompor gas LPG sangat tepat, jika dilihat dari dampak kesehatan keluarga dan lingkungan. Namun efisiensi pembakaran pada kompor gas LPG yang tinggi tidak dapat mengalirkan seluruh energi yang dilepaskan hasil pembakaran tersebut ke perabot rumah tangga sebagai media memasak. Sebagai contoh, efisiensi pembakaran kayu bisa mencapai lebih dari 90 %, namun hanya 10 % - 40 % saja energi yang diterima oleh perabot memasak ( Bryden,dkk, 2005).

Banyak penelitian yang diarahkan untuk memperbaiki sistem perpindahan kalor api pembakaran ke perabot masak dan juga penelitian mengenai pemanfaatan sebagian panas yang terbuang dari pembakaran tersebut. Pada kompor kayu, Cedar dan Drummond (2009) mempresentasikan desain memperbaiki sistem perpindahan kalor kompor dengan menambahkan blower dan memasang generator termoelektrik untuk memanfaatkan sebagian panas hasil pembakarannya menjadi sumber energi listrik alternatif.

Penelitian lain yang memanfaatkan penggunaan modul termoelektrik untuk pembangkitan energi listrik yang diaplikasikan di kompor kayu dilakukan Nuwayhid dkk (2003), dengan menggunakan modul termoelektrik pendingin, kompor mampu membangkitkan daya 100 W pada suhu permukaan kompor 100°C – 300°C. Maneewan dkk (2009) memanfaatkan panas gas buang pada pengering berbahan bakar biomass pada temperatur ruang pengeringan antara 64°C – 81°C menggunakan 12 jenis modul generator termoelektrik mampu mengkonversi 4,08% energi panas menjadi energi listrik dengan energi listrik yang dibangkitkan sebesar 24,4 W.

Nuwayhid dkk (2005) melanjutkan penelitian dengan pendinginan modul termoelektrik secara pendinginan konveksi alami. Diterapkan pada kompor kayu rumah tangga menggunakan modul tunggal. Hasilnya didapat daya listrik 4,2 W mampu dibangkitkan pada sistem ini. Di Thailand, generator termoelektrik tipe TEP1-1264-3,4 digunakan untuk mengkonversi panas dari kompor berbahan bakar biomass. Hasilnya adalah pada beda suhu berkisar 150°C, unit bisa mencapai daya keluaran sebesar 2,4W. Efisiensi konversi 3,2 % mampu untuk menghidupkan lampu dan radio portable kecil (Lertsatitthanakorn, 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 disebut sebagai efek Seebeck. 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  $T_1$  dan  $T_2$ . Tegangan itu disebut sebagai EMF (*electromotive force*) dan ditunjukkan sebagai berikut :

$$V = (\alpha_{XY}) \cdot (T_h - T_c) \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

- V : Tegangan (volt)
- $\alpha_{XY}$  : koefisien Seebeck material X dan Y (volt/°K)
- $T_h$  : Suhu termokopel yang panas (°K)
- $T_c$  : Suhu termokopel yang dingin (°K)

Koefisien Seebeck ( $VK^{-1}$ ) besarnya diukur dari pengaruh tegangan termoelektrik akibat beda suhu yang melewatinya. Koefisien ini dinotasikan dengan S atau  $\alpha$  yang nilainya tergantung pada suhu material dan struktur kristalnya.

Sifat material yang digunakan untuk mengukur seluruh performa termoelektrik disebut dengan *figure of merit* (Z). *Figure of merit* pada material termoelektrik ditunjukkan dengan:

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\lambda} \dots\dots\dots (2)$$

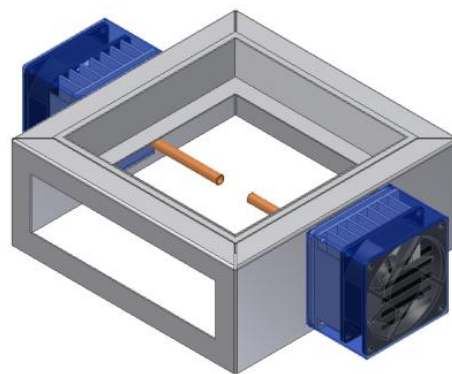
dengan:

- $\alpha$  : Koefisien Seebeck material ( $V.K^{-1}$ )
- $\sigma$  : Konduktifitas listrik material ( $A.V^{-1}m^{-1}$ )
- $\lambda$  : Konduktifitas panas material ( $W.m^{-1}.K^{-1}$ )

Prosedur Penelitian secara umum langkah-langkah pengerjaan penelitian meliputi beberapa hal sebagai berikut :

1. Pembuatan dudukan

Dudukan kompor dibuat dari stainless steel dan dilengkapi dengan pipa konduktor yang terbuat dari tembaga untuk memaksimalkan proses perpindahan kalor ke modul generator termoelektrik. Pipa tembaga ini dihubungkan dengan plat aluminium (berfungsi sebagai *heat sink*) sebagai tempat menempelkan TEG. Sedangkan sisi yang sebaliknya dipasangkan sirip aluminium sebagai *cold sink* untuk menjaga beda suhu antara sisi panas TEG dengan sisi dingin TEG.



Gambar 1. Dudukan kompor

2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua tipe kompor, yaitu kompor rumah tangga dan kompor tekanan tinggi untuk mengetahui kemampuan terbaik dari TEG dengan meninjau tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dari TEG.

3. Bahan dan alat yang digunakan

- a. *Thermoelectric Generator* Tipe TEG 127-40A dan TEG 126-40A
- b. Kompor Gas LPG satu tungku untuk pemakaian rumah tangga tipe RI-551A
- c. Kompor Gas LPG satu tungku tekanan tinggi tipe RI-300HP
- d. Multimeter digital sebagai alat ukur tegangan dan arus
- e. Thermokopel digital sebagai alat ukur suhu.
- f. Beban listrik berupa lampu LED

#### 4. Pelaksanaan pengujian ;

Pada proses pengambilan data dilakukan dengan 3 kondisi :

- Pengambilan data tanpa beban listrik lampu LED dan tanpa panci masak untuk masing-masing tipe TEG ( Kondisi A ).
- Pengambilan data tanpa beban listrik lampu LED dan menggunakan panci masak untuk masing-masing tipe TEG (Kondisi B)
- Pengambilan data menggunakan beban listrik lampu LED dan menggunakan panci masak untuk dua tipe TEG ( Kondisi C )

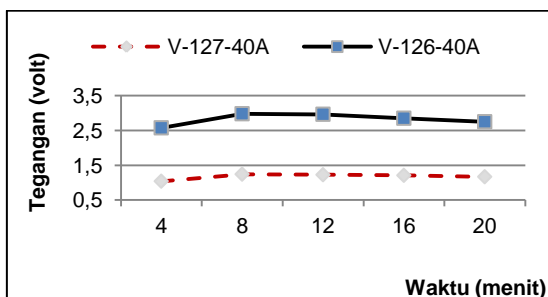


Gambar 2. Contoh cara pengujian pada kompor tipe RI-551A kondisi A

### PEMBAHASAN

#### 1. Pengujian dengan kompor LPG RI-551A pada kondisi A

Pada pengujian ini menggunakan 2 modul TEG tipe sama yang dipasang di sisi kanan dan kiri dari dudukan. Hasil tegangan yang terukur merupakan hasil seri keluaran dari masing-masing modul TEG. Suhu yang terukur dari sisi panas modul TEG bisa mencapai 108 °C, sedangkan pada sisi dingin berkisar 42 °C sampai 73 °C.



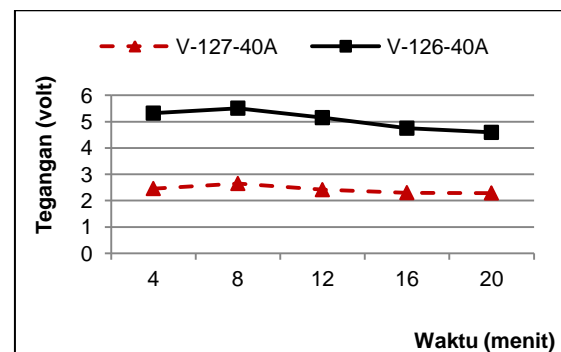
Gambar 3. Grafik tegangan kondisi A

Dari Gambar 3 menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan TEG126-40A lebih besar., meskipun suhu sisi panas masih jauh dari nilai yang dianjurkan untuk masing-masing

tipe TEG, namun kemampuan TEG126-40A untuk mengkonversi panas lebih baik dibandingkan TEG127-40A. Pada gambar tersebut juga ditunjukkan bahwa semakin lama tegangan semakin menurun untuk kedua tipe TEG. Hal ini terjadi karena perbedaan suhu yang terjadi semakin mengecil disebabkan pendinginan alami tidak mencukupi untuk menjaga beda suhu sisi panas dan dingin besar.

#### 2. Pengujian untuk Kompor LPG RI-551A pada kondisi B

Pada pengujian ini dilakukan pada kondisi kompor dibebani panci masak yang berisi air, sedangkan keluaran modul TEG saling dihubungkan seri dan dihubungkan dengan lampu. Sirip aluminium tetap dijaga dengan pendinginan alami dengan udara sekitar. Hasil pengukuran tegangan untuk masing-masing TEG disajikan pada Gambar 4.



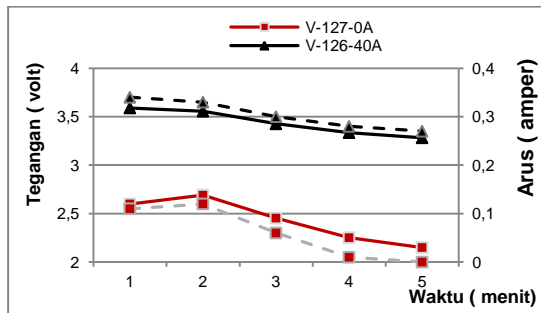
Gambar 4. Grafik tegangan kondisi B pada kompor RI-551A

Pengujian dengan menambahkan panci masak menunjukkan tegangan yang dibangkitkan mengalami kenaikan dibandingkan tanpa panci masak. Hal ini disebabkan konsentrasi panas hasil pembakaran terpusat di daerah yang sempit. Ditunjukkan pula bahwa tegangan semakin turun sebanding penurunan beda suhu antara sisi panas dan sisi dinginnya. Hal ini disebabkan beda suhu antara sisi panas dan sisi dingin semakin mengecil akibat pendinginan hanya menggunakan pendinginan alami. Dapat dilihat juga bahwa TEG126-40 A menunjukkan hasil tegangan lebih besar dibanding TEG127-40A.

#### 3. Pengujian untuk Kompor LPG RI-551A pada kondisi C

Prinsip pengujian untuk kondisi ini sama dengan pengujian sebelumnya. Hanya saja keluaran TEG diberikan beban lampu LED untuk mengetahui besarnya arus yang

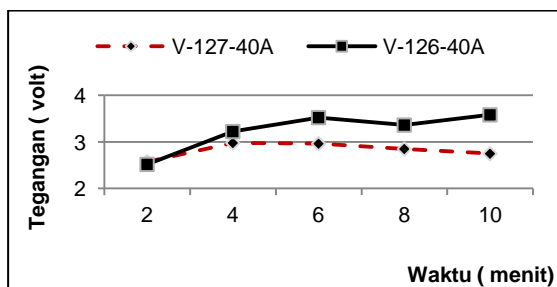
dapat dialirkan oleh modul TEG tersebut. Pada Gambar 5 disajikan hasil ini. Tegangan dan arus untuk tipe TEG127-40 A berkisar 2,6 V dan 0,11 Amper dan akan semakin menurun menjadi 2,15 V dan mendekati 0 amper. Sedangkan untuk TEG126-40 A, tegangan dan arus berkisar 3,59 V dan 0,34 Amper. Nilai ini semakin menurun diangka 3,2 V dan 0,27 Amper.



Gambar 5. Grafik tegangan kondisi C dengan menggunakan dua tipe TEG pada kompor RI-551A

#### 4. Pengujian untuk Kompor LPG RI-300HP pada kondisi A

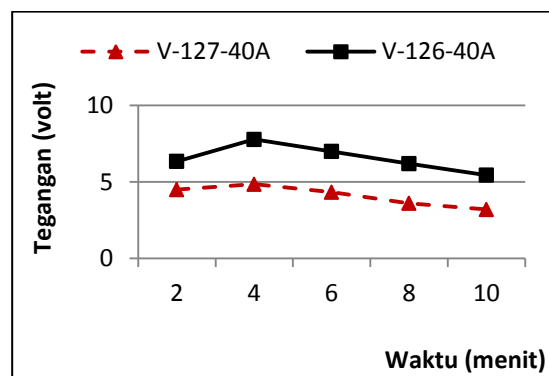
Tipe kompor LPG Ri-300HP merupakan tipe kompor LPG jenis tekanan tinggi yang sering digunakan oleh UKM, contohnya pedagang makanan kaki lima. Karena dikategorikan kompor jenis tekan tinggi maka panas hasil pembakarannya juga tinggi. Saat kondisi tanpa beban, suhu tertinggi pada sisi panas dari modul TEG mencapai 138 °C. Metode pengujian masih sama seperti pada tipe kompor rumah tangga RI-551A, yaitu menggunakan 2 modul TEG tipe sama yang dipasangkan disisi kanan dan kiri dari dudukan. Hasil tegangan yang terukur merupakan hasil seri keluaran dari masing-masing modul TEG. Hasil pengujian kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Grafik tegangan kondisi tanpa LED dan tanpa panci masak pada kompor RI-300HP

Berdasarkan data hasil pengujian pada Gambar 6, tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan TEG126-40A lebih besar dibandingkan TEG127-40A. Maksimal tegangan untuk TEG126-40A mencapai kisaran 3,5 V dibandingkan 1,9 V yang dihasilkan TEG127-40A. Namun dari grafik ditunjukkan pendinginan masih mempengaruhi nilai tegangan yang dihasilkan. Terlihat dari nilai tegangan yang semakin menurun dengan bertambahnya waktu pemanasan.

#### 5. Pengujian untuk Kompor LPG RI-300HP pada kondisi B



Gambar 7. Grafik tegangan kondisi B pada kompor RI-300HP

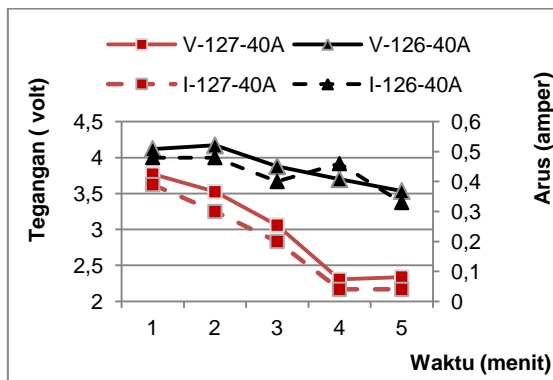
Metode pengujian pada kondisi ini sama seperti yang dilakukan pada tipe kompor RI-551A. Hasil pengujian dapat diamati pada Gambar 7, Pengujian untuk kondisi menggunakan panci masak menunjukkan tegangan yang dibangkitkan mengalami kenaikan dibandingkan tanpa panci masak.

Dapat dilihat juga bahwa TEG126-40 A menunjukkan lebih besar tegangan yang bisa dibangkitkan dibanding TEG127-40A. Nilai tegangan untuk TEG126-40A hampir mencapai 8 V sedangkan TEG127-40 A maksimal hanya mencapai berkisar 5 V. Nilai tegangan 8 V yang dibangkitkan oleh TEG126-40A merupakan nilai yang *reliable* diaplikasikan pada komponen-komponen listrik DC. Misalnya sebagai *charger handphone* dan penerangan berbasis LED.

#### 6. Data pengujian untuk Kompor LPG RI-300HP pada kondisi C

Prinsip pengujian untuk kondisi ini juga sama dengan pengujian sebelumnya. Pada Gambar 8, disajikan hasil ini. Tegangan dan arus untuk tipe TEG 127-40 A berkisar 3,7 V dan 0,39 Amper dan akan

semakin menurun menjadi 2,3 V dan mendekati 0 ampere. Sedangkan untuk TEG 126-40 A, tegangan dan arus berkisar lebih dari 4 V dan 0,48 Ampere. Nilai ini semakin menurun diangka 3,7 V dan 0,46 Ampere. Penurunan tegangan dan arus ini masih disebabkan sisi pendinginan pada sirip aluminium tidak optimal karena menggunakan pendinginan alami.



Gambar 8. Grafik tegangan kondisi A dan kondisi B pada kompor RI-300HP

#### KESIMPULAN

1. TEG tipe 126-40A menghasilkan tegangan dan arus listrik yang lebih besar dibandingkan TEG127-40A untuk kedua tipe kompor gas LPG.
2. Pengujian dengan kompor RI-551A, nilai tegangan dan arus mencapai 2.69 V, 0.12 A lebih kecil dibandingkan menggunakan TEG 126-40A yang mencapai 3.59 V dan 0.34 A. Sedangkan nilai tegangan dan arus yang dibangkitkan TEG 127-40A pada kompor RI-300HP mencapai 3.77 V dan 0,39 A, masih lebih kecil dibandingkan menggunakan TEG126-40A yang mencapai 4.17 V dan 0.48 A.
3. Kompor tipe tekanan tinggi RI-300HP lebih optimal menggunakan TEG126-40A, sedangkan kompor RI-551A lebih optimal menggunakan TEG127-40A.
4. Pendinginan alami tidak cocok diterapkan pada sistem aplikasi modul TEG pada kompor gas LPG. Perlu adanya pendinginan tambahan untuk menjaga tegangan dan arus listrik yang dibangkitkan semakin tinggi. Pendinginan tambahan ini bisa menggunakan kipas DC berdaya kecil yang sumber listriknya bisa diambilkan dari keluaran modul TEG terpasang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Berkeley Air Monitoring Group, 2012, *Stove Performance Inventory Report*, prepared for the Global Alliance for Clean Cookstoves, United Nation Foundation
- Byden M., Still, D., Mac Carty, N., Ogle, D., dan Bond, T., 2005, *Design Principles for Wood Burning Cook Stoves*, Aprovecho Research Center, Amerika.
- Cedar J., dan Drummond, A., 2009, *The Biolite Woodgas Campstove/Engineering Prototype Process*, presented at ETHOS.
- Ismail, B.I., Ahmed, W.H., 2009, *Thermoelectric Power Generation Using Waste-Heat Energy as an Alternative Green Technology*, Recent Patents on Electricals Engineering, Vol.2, p. 27-39.
- Lertsatitthanakorn, C., 2007, *Electrical Performance Analysis and Economic Evaluation of Combined Biomass Cook Stove Thermoelectric (BiTe) Generator*, Bioresource Technology 98, p. 1670-1674
- Nuwayhid, R.Y., Rowe, D.M., dan Min, G., 2003, *Low Cost Stove –Top Thermoelectric Generator for Region with Unreliable Electricity Supply*, J. Renewable Energy 29, p. 205 – 222
- Nuwayhid, R.Y., Hamade, R., 2005, *Design and Testing of a Locally Made Loop Type Thermosyphonic Heat Sink for Stove Top Thermoelectric Generator*, J. Renewable Energy 30, p. 1101-1116
- Manewan, S., Chindaruksa, S., 2009, *Thermoelectric Power Generation System Using Waste Heat from Biomass Drying*, J. Electronic Materials, vol 38, no 7
- Rowe, D.M. (Editor), 2006, *Thermoelectric Handbook Macro to Nano*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Syafriyudin, Susastriawan, Sabdulah, M., Gulo, F., 2013, *Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Berbasis Mesin Striling untuk Skala Rumah Tangga*, Jurnal Teknologi, Vol 6 No 2, p. 187-192.
- [www.migas.esdm.go.id](http://www.migas.esdm.go.id) diakses pada September 2014