

PERBANDINGAN PENGGUNAAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* TIPE TEG127-40A DENGAN TEG126-40A SEBAGAI MEDIA KONVERSI PANAS MENJADI LISTRIK PADA KOMPOR GAS LPG DENGAN PENDINGINAN ALAMI

Sugiyanto, Soeadgihardo Siswantoro
Program Studi Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada
Jalan Yacarana, Sekip Unit IV Yogyakarta
email: sugiyanto.ugm@gmail.com.

ABSTRAK

Setelah pemerintah Indonesia meluncurkan program konversi minyak tanah ke LPG, jumlah kompor Gas LPG di masyarakat semakin banyak. Hal ini mendasari pemikiran pemanfaatan sebageaian panas dari kompor ini untuk diubah menjadi energi listrik. Pemanfaatan ini akan memberi nilai tambah ekonomis kompor tersebut dan tentu akan menambah keunggulan dibandingkan jenis kompor yang lain. Salah satu teknologi yang sangat dimungkinkan untuk diaplikasikan dalam penkonversian panas menjadi energi listrik pada kompor gas LPG tersebut adalah teknologi thermoelektrik.

Penelitian ini memanfaatkan panas dari kompor gas LPG RI-511A (tipe rumah tangga) dan RI-300HP (tipe UKM) dengan menggunakan thermoelectric generator tipe TEG 127-40A dan TEG 126-40A sebagai media pengkonversinya. TEG 127-40A dan TEG126-40A dipilih karena diproduksi dari pabrikan yang sama dan masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan.

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.

Keywords : Kompor Gas LPG, Generator Thermoelektrik, Konversi Energi, Pembangkitan Listrik.

PENDAHULUAN

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, yaitu antara lain 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 Menengag (UKM).

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk proses konversi panas menjadi listrik langsung saat ini adalah teknologi thermoelektrik. *Thermoelectric generator* (TEG) yang sumber energinya dapat menggunakan limbah panas merupakan salah satu teknologi hijau yang dibutuhkan sebagai alternatif sumber energi masa depan (Rowe, 2006). Teknologi ini menjanjikan alternatif pembangkitan listrik yang luar biasa karena mempunyai beberapa kelebihan. Beberapa kelebihan dari TEG ini antara lain adalah, sangat dapat diandalkan (biasanya melebihi 100.000 jam operasi kondisi stedi), tanpa suara saat dioperasikan karena tidak memiliki bagian mekanik yang bergerak, tidak membutuhkan peme-

liharaan lebih, 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 thermoelektrik banyak dilakukan (Ismail, 2009).

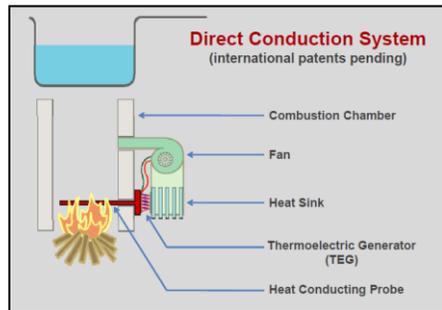
Pada penelitian ini kompor yang digunakan adalah kompor gas LPG untuk rumah tangga, dan kompor tekanan tinggi yang biasa dipakai leh UKM. TEG yang digunakan adalah TEG126-40A dan TEG127-40A dari pabrikan yang sama. Tipe TEG126-40A mewakili tipe yang masuk kategori mahal dan mempunyai karakteristik dapat diaplikasikan pada suhu tinggi (sampai 300 °C) . Keluaran listrik maksimalnya bisa dicapai tipe ini sampai 9 V. Sedangkan TEG127-40A memawikili TEG kategori berharga murah dengan karakteristik yang dibawah tipe TEG127-40A, yaitu maksimal suhu operasi berkisar 200 °C & keluaran listrik hanya berkisar 5 V.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji tipe TEG yang ekonomis diaplikasikan pada kompor gas LPG tipe rumah tangga dan UKM sekaligus mengkaji juga seberapa besar energi listrik bisa dibangkitkan dari panas kompor gas LPG.

Data laporan *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 serta emisi yang paling rendah.

Namun efisiensi pembakaran yang tinggi tidak serta merta energi yang dilepaskan dari hasil pembakaran tersebut sampai ke perabot rumah tangga sebagai media memasak. Jadi ada sebagian panas pembakaran yang tidak dimanfaatkan (Bryden, 2005).



Gambar 1. Teknologi penggunaan generator termoelektrik pada kompor kayu (Cedar dan Drummond, 2009)

Aplikasi TEG sudah pernah diujikan pada kompor kayu. Cedar dan Drummond (2009) mempresentasikan design untuk memperbaiki sistem perpindahan kalor kompor dengan menambahkan blower dan memasang generator termoelektrik untuk memanfaatkan sebagian panas hasil pembakarannya menjadi sumber energi listrik alternatif. Teknologi ini secara skematik dapat dilihat pada Gambar 1.

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

Nuwayhid (2005) melanjutkan penelitian dengan pendinginan modul termoelektrik menggunakan pendinginan konveksi alami. Diterapkan pada kompor kayu rumah tangga menggunakan modul tunggal. Hasilnya 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 2,4. Efisiensi konversi 3,2 % mampu untuk menghidupkan lampu dan radio portable kecil (Lertsatitthanakorn, 2009).

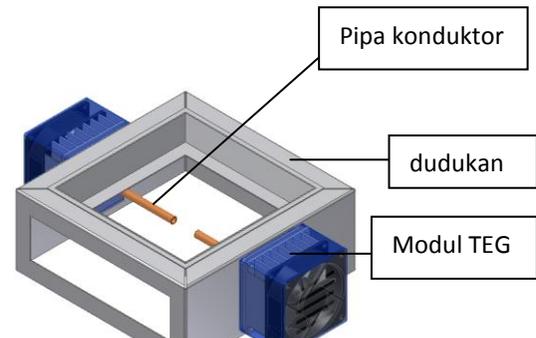
METODOLOGI PENELITIAN

1. Bahan dan alat yang digunakan

- Thermoelectric Generator Tipe TEG 127-40A dan TEG 126-40A merk Everredtronics
- Kompor Gas LPG satu tungku untuk pemakaian rumah tangga tipe RI-551A merk Rinnai
- Kompor Gas LPG satu tungku untuk UKM tipe RI-300HP merk Rinnai
- Multimeter digital sebagai alat ukur tegangan dan arus
- Thermokopel digital sebagai alat ukur suhu.
- Beban listrik berupa lampu LED

2. Prosedure Penelitian

Sebelum pengujian dilakukan, dudukan asli dari kompor harus dibuat ulang sehingga modul TEG bisa terpasang.



Gambar 2. Dudukan kompor

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 menem-

pelkan TEG. Sedangkan sisi yang sebelahnya dipasangkan sirip aluminium sebagai *cold sink* untuk menjaga beda suhu antara sisi panas TEG dengan sisi dingin TEG.

Konstruksi dari dudukan kompor ini bisa dilihat pada Gambar 2. Sisi cold sink berhubungan langsung dengan udara sekitar sebagai media pendinginan secara alami.

3. Pelaksanaan pengujian ;

- a. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan kompor, yaitu kompor rumah tangga (RI-511A) dengan kompor tekanan tinggi (RI-300HP) untuk mengetahui kemampuan terbaik dari TEG dengan meninjau tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dari TEG.
- b. Menguji TEG (*Thermoelectric Generator*) dengan menentukan *range* waktu tertentu.
- c. Sebagai beban pemanasan digunakan panci masak berisi air, dan beban listrik digunakan lampu berbasis LED, 200 Ohm.

Skema pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh pelaksanaan pengujian pada kompor RI-551A

Pada proses pengambilan data dilakukan dengan 3 kondisi :

- a. Pengambilan data tanpa beban lampu LED dan tanpa panci masak untuk masing-masing tipe TEG
- b. Pengambilan data tanpa beban lampu LED dan menggunakan panci masak untuk masing-masing tipe TEG.
- c. Pengambilan data menggunakan lampu LED dan menggunakan panci masak untuk masing-masing tipe TEG.

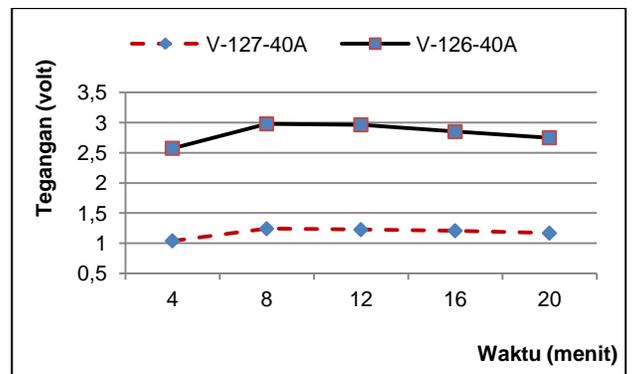
DATA DAN PEMBAHASAN

1. Data pengujian untuk Kompor LPG RI-511A pada kondisi tanpa beban LED dan tanpa panci masak.

Pada pengujian ini 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. Suhu yang terukur dari sisi panas modul

TEG bisa mencapai 108 °C, sedangkan pada sisi dingin berkisar 42 °C sampai 73 °C.

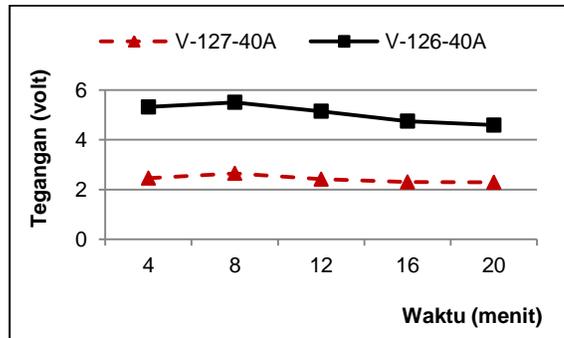
Berdasarkan data hasil pengujian pada Gambar 4, tegangan yang dihasilkan dengan menggunakan TEG126-40A lebih besar. Meskipun suhu sisi panas masih jauh dari nilai yang dianjurkan untuk masing-masing tipe TEG, namun kemampuan TEG126-40A untuk mengkonversi panas lebih baik dibandingkan TEG127-40A. Pada grafik juga ditunjukkan semakin lama tegangan semakin menurun untuk kedua tipe TEG, hal kerena perbedaan suhu yang dihasilkan semakin lama semakin mengecil disebabkan pendinginan alami tidak mencukupi untuk membuat beda suhu sisi panas dan dingin semakin besar.



Gambar 4. Grafik tegangan kondisi tanpa LED dan tanpa panci masak pada kompor RI-551A

2. Data pengujian untuk Kompor LPG RI-511A pada kondisi tanpa beban LED dengan panci masak.

Pada pengujian ini dilakukan pada kondisi kompor dibebani panci masak yang berisi air. Sedangkan keluaran modul TEG saling terhubung seri dan dihubungkan dengan lampu LED 200 Ohm. Sirip aluminium tetap dijaga dengan pendinginan alami dengan udara sekitar. Hasil pengukuran tegangan untuk masing-masing TEG disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik tegangan kondisi dengan panci masak tanpa beban LED pada kompor RI-551A

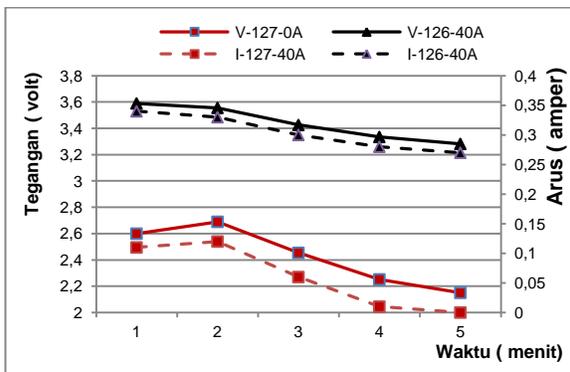
Pengujian untuk kondisi menggunakan panci masak menunjukkan tegangan yang dibangkitkan mengalami kenaikan dibandingkan tanpa panci masak. Hal ini disebabkan konsentrasi panas hasil pembakaran terpusat diarea yang sempit. Meskipun demikian semakin lama suhu sisi panas semakin tinggi namun tidak diimbangi oleh pendinginan disisi dinginnya. Sehingga tegangan akan semakin turun sebanding penurunan beda suhu antara sisi panas dan sisi dinginnya. Dapat dilihat juga bahwa TEG126-40 A menunjukkan lebih besar tegangan yang bisa dibangkitkan dibanding TEG127-40A.



Gambar 7. Kompor tekanan tinggi RI-300HP

3. Data pengujian untuk Kompor LPG RI-511A pada kondisi dengan beban LED dan panci masak.

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 6 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.

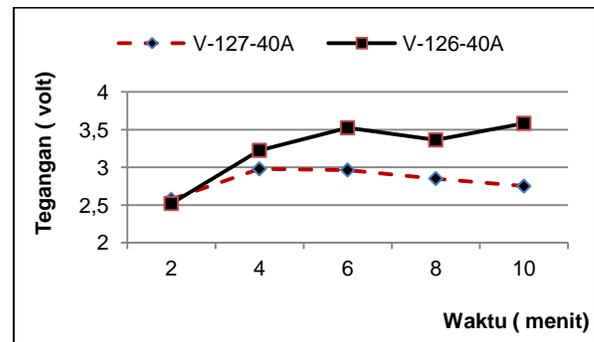


Gambar 6. Grafik tegangan kondisi A dan kondisi B pada kompor RI-551A

4. Data pengujian untuk Kompor LPG RI-300HP pada kondisi tanpa beban LED dan tanpa panci masak.

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 8.

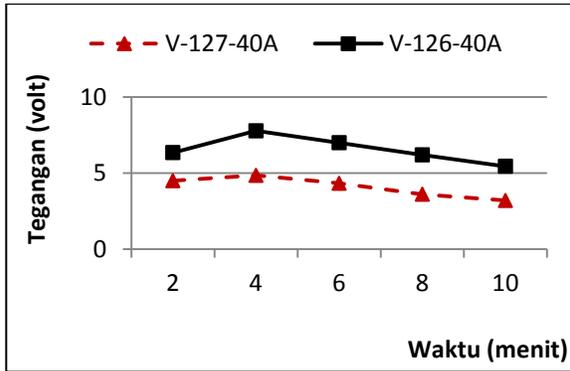


Gambar 8. Grafik tegangan kondisi tanpa LED dan tanpa panci masak pada kompor RI-300HP

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. Data pengujian untuk Kompor LPG RI-300HP pada kondisi tanpa beban LED dengan panci masak.

Metode pengujian pada kondisi ini sama seperti yang dilakukan pada tipe kompor RI-551A. Hasil pengujian dapat diamati pada Gambar 9. Pengujian untuk kondisi menggunakan panci masak menunjukkan tegangan yang dibangkitkan mengalami kenaikan dibandingkan tanpa panci masak.

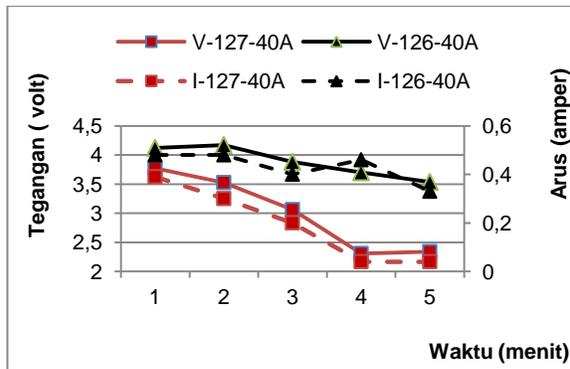


Gambar 9. Grafik tegangan kondisi dengan panci masak tanpa beban LED pada kompor RI-300HP

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 dengan beban LED dan panci masak.

Prinsip pengujian untuk kondisi ini juga sama dengan pengujian sebelumnya. Pada gambar 10 disajikan hasil ini.



Gambar 10. Grafik tegangan kondisi A dan kondisi B pada kompor RI-300HP

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 amper. Sedangkan untuk TEG 126-40 A, tegangan dan arus berkisar lebih dari 4 V dan 0,48 Amper. Nilai ini

semakin menurun diangka 3,7 V dan 0,46 Amper. Penurunan tegangan dan arus ini masih disebabkan sisi pendinginan pada sirip aluminium tidak optimal karena menggunakan pendinginan alami.

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., et al, 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
- Manewan, S., Chindaruksa, S., 2009, *Thermoelectric Power Generation System Using Waste Heat*

- from Biomass Drying*, J.Electronic Materials, Vol 38, no. 7
- Nuwayhid, R.Y., Rowe, D.M., dan Min, G., *Low Cost Stove –Top Thermoelectric Generator for Region with Unreliable Electricity Supply*, J. Renewable Energy 29, p. 205 – 222, 2003
- Nuwayhid, R.Y., Hamade, R., 2005, *Design and Testing of a Locally Made Loop Type Thermosiphonic Heat Sink for Stove Top Thermoelectric Generator*, J. Renewable Energy 30, p. 1101-1116
- Rowe, D.M. (Editor), 2006, *Thermoelectric Handbook Macro to Nano* , CRC Press, Boca Raton, FL