

PENGUJIAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN SISI DINGIN MENGUNAKAN AIR BERTEMPERATUR 10 °C

Gontor Andrapica¹, Rahmat Iman Mainil¹ dan Azridjal Aziz¹

¹Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,
Kampus Bina Widya Km 12.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail : rahmat.iman@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Thermoelectric Generator (TEG) digunakan untuk menghasilkan energi listrik, dengan adanya perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin dari modul termoelektrik . Prinsip ini dikenal dengan nama efek *seebeck* yang merupakan fenomena kebalikan dari efek *peltier* (*Thermoelectric Cooling*). Penelitian ini menggunakan dua buah tipe modul termoelektrik, tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848. Dengan variasi tegangan input 60 V sebagai sumber energi sisi panas (*heater*). Sisi dingin modul termoelektrik menggunakan air bertemperatur 10° dengan laju aliran 16,6 liter/menit. Dari pengujian daya yang dihasilkan modul termoelektrik tipe TEG SP 1848 lebih besar dibandingkan tipe TEC 12706. Daya maksimum yang dihasilkan termoelektrik tipe TEC 12706 pada pengujian 1,2,3 dan 4 buah modul termoelektrik adalah sebesar 0,007 W, 0,018 W, 0,061 W, dan 0,105 W. Sedangkan dengan menggunakan modul TEG SP 1848 daya maksimum yang dihasilkan pada pengujian yang sama adalah sebesar 0,125 W, 0,141 W, 0,274 W dan 0,357 W. Selisih daya maksimum yang dihasilkan antara modul TEC 12706 dan modul TEG SP 1848 adalah berkisar 0,2 W.

Kata Kunci : *generator termoelektrik, efek seebeck*

ABSTRACT

Thermoelectric Generator (TEG) is used to generate electricity, there is temperature different between the hot and cold side from thermoelectric module. This principle is called the *seebeck* effect which is the opposite phenomena of the *peltier* effect. This research used two types of thermoelectric module, TEC 12706 and TEG SP 1848 type. With the variation of input voltage was 60 V to heat the heater electric attached at hot side module. Cold side of thermoelectric module used ice water at temperature 10 °C with speed of water circulation is 16.6 liter/minute. According to the test, the power generated by thermoelectric modul TEG SP 1848 is bigger than thermoelectric modul of TEC 12706. Power maximum generated by thermoelectric TEC 12706 type at the first until fourth testing were 0.001 W, 0.0018 W, 0.0061 W and 0.105 W. Whereas using module of TEG SP 1848 the maximum energy at the same testing were 0.125 W, 0.141 W, 0.274 W and 0.357 W. The difference of maximum energy used between TEC 12706 and TEG SP 1848 module was around 0.2 W.

Keywords : *thermoelectric generator, seebeck effect*

PENDAHULUAN

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. Di samping relatif lebih ramah lingkungan, teknologi ini sangat efisien, tahan lama, dan juga mampu menghasilkan energi dalam skala besar maupun kecil. Teknologi *thermoelectric* bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi energi listrik

secara langsung (*thermoelectric generator*) (Sukur, 2004).

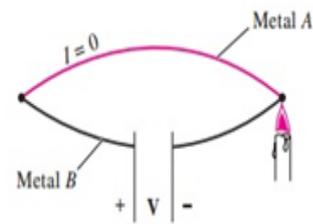
Beberapa penelitian yang telah memanfaatkan modul *thermoelectric* sebagai energi listrik dilakukan Wirawan, 2012, menggunakan *heat pipe* pada sisi dingin modul *thermoelectric* didapatkan tegangan maksimal sebesar 16,5 V dengan susunan rangkaian seri 8 buah modul *thermoelectric*. Daya yang dihasilkan sebesar 2,4 W dengan menggunakan resistor 100 ohm sebagai beban.

Dalam sebuah penelitian yang dilakukan Eakburanawat, 2006, yang mengembangkan battery charger berbasis *thermoelectric* dengan sumber panas buang dari tungku api dan dinding tungku, daya maksimum yang dihasilkan sebesar 7,99 W. Kemudian Nuwayhid dkk, 2005, juga memanfaatkan panas dari tungku api dengan menggunakan konveksi bebas pada sisi *thermoelectric* yang menghasilkan daya sebesar 4,2 W.

Dalam laporannya Nandy, 2009, telah mensimulasikan sebagai sebuah sumber kalor dengan menggunakan pemanas/heater yang divariasikan tegangannya, yaitu 110 V dan 220 V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan 12 elemen *thermoelectric* yang disusun secara seri dengan tegangan pemanas 220 V, dapat menghasilkan daya output maksimum 8,11 W dengan perbedaan temperatur rata-rata 42,82 °C.

Teknologi yang lain untuk proses konveksi panas menjadi listrik langsung menggunakan *thermoelectric generator* yang sumber energinya dapat menggunakan limbah panas, merupakan salah satu teknologi hijau yang dibutuhkan sebagai alternatif sumber energi masa depan (Rowe, 2006).

Modul *thermoelectric generator* bekerja berdasarkan prinsip kerja dari efek seebeck (Riffat, 2003), yang pertama kali ditemukan pada tahun 1821 oleh Thomas Johann Seebeck (Min, 1994), yaitu efek yang terjadi bila terdapat dua material yang berbeda dihubungkan dalam suatu rangkaian tertutup dan pada kedua sambungannya dipertahankan pada temperatur yang berbeda maka arus listrik akan mengalir dalam rangkaian tersebut dan ketika salah satu kawatnya diputuskan lalu disambung dengan sebuah galvanometer, maka akan terlihat perbedaan tegangan dari kedua ujung tersebut. Prinsip kerja dari efek seebeck seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Efek seebeck (Cengel, 2005)

Penggunaan modul *thermoelectric* sebagai sistem pembangkitan daya maupun sistem pendinginan terdapat tiga parameter yang harus diperhatikan yaitu : Q adalah beban kalor yang akan dipindahkan (Watt), T_h adalah temperatur sisi panas modul *thermoelectric* (°C), T_c adalah temperatur sisi dingin modul *thermoelectric* (°C). Beban kalor adalah jumlah total kalor yang harus dipindahkan oleh modul *thermoelectric* dari objek yang hendak didinginkan/diambil panasnya kelilingkungan (Hidayat, 2006).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah modul *thermoelectric* terhadap daya yang dihasilkan dan Mengetahui daya listrik yang dihasilkan pada bukaan katub 45 °C (laju aliran 16,6 liter/menit) dari kedua tipe modul *thermoelectric*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen (*experimental research*). Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau.

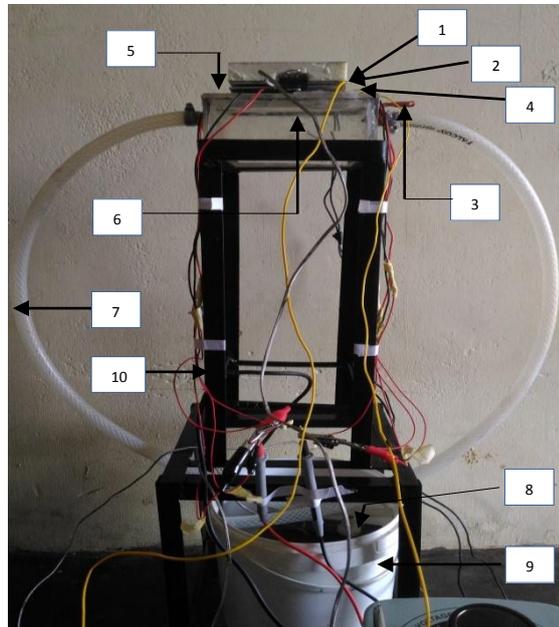
Bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Thermoelectric* tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848
- Voltage regulator* dengan input tegangan 60 Volt yang digunakan untuk memanaskan *heater*.
- Multimeter digital yang digunakan sebagai alat ukur tegangan dan arus.
- Termokopel yang digunakan sebagai alat ukur temperatur.

Pengujian dilakukan dengan menempelkan 4 buah modul *thermoelectric* antara *heater* dan box pendinginan dengan dudukan *thermoelectric* menggunakan alumunium, pengambilan data tegangan dan arus output dari modul

thermoelectric divariasikan dengan 1 modul *thermoelectric*, 2 modul *thermoelectric*, 3 modul *thermoelectric* dan 4 modul *thermoelectric*.

Adapun alat uji *thermoelectric generator* dapat dilihat pada Gambar 2.

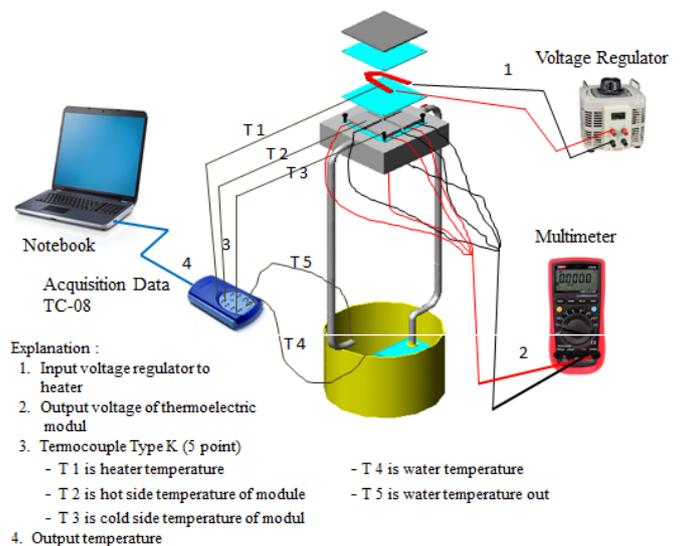


Gambar 2. Alat uji *thermoelectric generator*

Alat uji pembangkit listrik berbasis *thermoelectric generator* memiliki beberapa bagian penting yaitu: 1 adalah aluminium penjepit heater, 2 adalah heater, 3 adalah katub, 4 adalah modul *thermoelectric*, 5 adalah kedudukan modul *thermoelectric*, 6 adalah box air bagian atas, 7 merupakan selang air, 8 adalah pompa, 9 adalah bak penampung air bagian bawah dan 10 adalah rangka dari alat uji *thermoelectric generator*.

Pengambilan data dilakukan pada saat temperatur air berkisar 10 °C. Input panas menggunakan heater yang dihubungkan pada voltage regulator dengan tegangan sebesar 60 V. Lama pengamatan pengujian dilakukan dalam waktu 30 menit. Dikedua sisi modul *thermoelectric*, (sisi panas dan sisi dingin) dan heater diletakkan masing-masing sebuah termokopel tipe K untuk mengukur temperatur heater dan temperatur sisi panas dan sisi dingin pada modul *thermoelectric*, termokopel ini disambungkan ke alat ukur temperatur TC-08 data aquisition tipe khusus yang dihubungkan ke komputer. Termokopel lainnya ditempatkan pada air es yang berada didalam bak penampung air bagian bawah dan saluran air yang keluar dari box bagian atas. Sebelum dilakukan penelitian

instalasi penelitian terlebih dahulu dipasang, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Instalasi alat uji *thermoelectric generator*

Data pengukuran beberapa temperatur pada ke 5 titik termokopel secara langsung dalam bentuk file notepad dan secara visual dapat dibaca dalam layar komputer dengan bantuan software picolog recorder yang akan digunakan. Data yang terbaca adalah T heater (T1), Thot (T2) dan Tcold (T3) sisi modul *thermoelectric*, Tair (T4), Tair keluar dari box bagian atas (T5). Besar tegangan dan arus yang dihasilkan dari modul *thermoelectric* diukur menggunakan multimeter digital. Data arus, tegangan dan temperatur ini selanjutnya digunakan untuk menghitung besar daya output yang dihasilkan oleh modul *thermoelectric* dan besar selisih temperatur pada kedua sisi modul *thermoelectric*.

Untuk mendapatkan data mengenai daya yang dihasilkan oleh kedua tipe modul *thermoelectric* tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848 akan digunakan rumus dari perhitungan daya listrik yang dinyatakan dalam rumus berikut :

$$P = V.I \quad (1)$$

Keterangan :

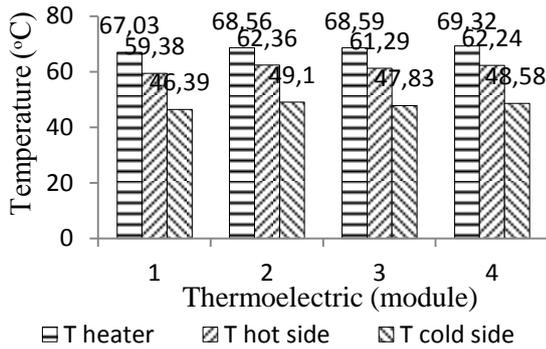
- P : Daya (Watt)
- V : Tegangan (Volt)
- I : Arus (Ampere)

HASIL DAN PEMBAHASAN

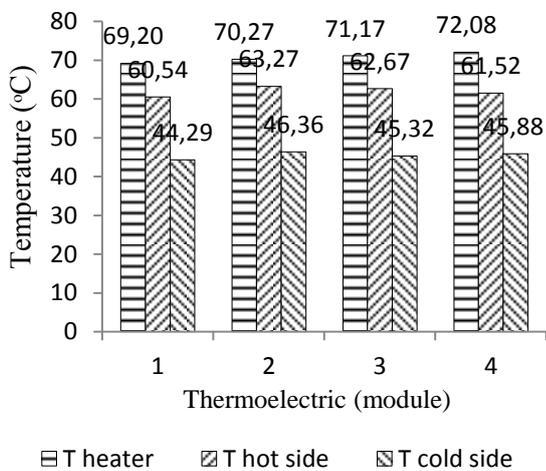
Temperatur heater, sisi panas dan dingin dengan pengujian menggunakan 1 modul *thermoelectric* tidak terlalu berbeda pada pengujian dengan

mennggunakan 2, 3 dan 4 modul dari kedua tipe modul *thermoelectric*.

Gambar 4 merupakan perbandingan temperatur dengan pengujian 1 s.d 4 modul *thermoelectric* tipe TEC 12706. Nilai temperatur pada kurva merupakan rata-rata temperatur pada saat stasioner. Temperatur *heater* dari pengujian 1 s.d 4 modul *thermoelectric* berkisar antara 67 °C s.d 69 °C. Kemudian temperatur sisi panas dan sisi dingin *thermoelectric* antara 59 °C s.d 62 °C dan 46 °C s.d 48 °C.



Gambar 4. Perbandingan temperatur dengan pengujian 1 s.d 4 modul *thermoelectric* tipe TEC 12706

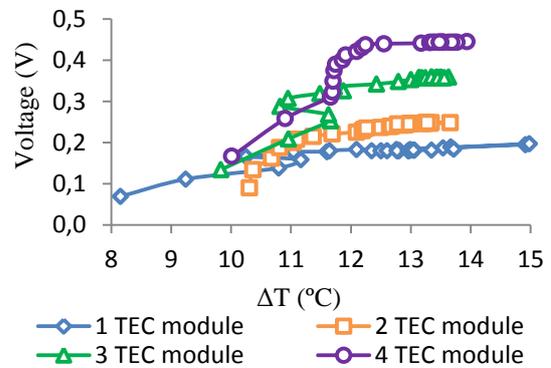


Gambar 5. Perbandingan temperatur dengan pengujian 1 s.d 4 modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848

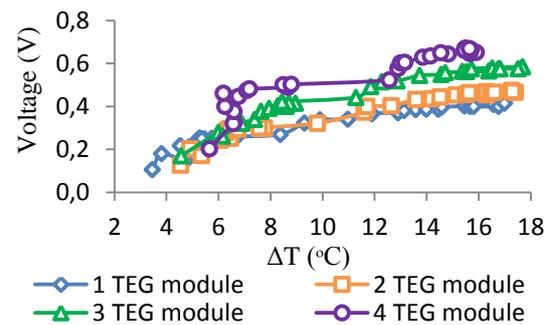
Gambar 5 merupakan perbandingan temperatur dengan pengujian 1 s.d 4 modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848. Nilai temperatur *heater*, sisi panas dan sisi dingin yang dihasilkan *thermoelectric* tipe TEG SP 1848 hampir sama dengan *thermoelectric* tipe TEC 12706. Nilai temperatur pada TEG SP 1848 juga merupakan rata-rata temperatur pada saat stasioner. Temperatur *heater* yang dihasilkan dari pengujian

1 s.d 4 modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848 berkisar antara 69 °C s.d 72 °C. Kemudian temperatur sisi panas dan sisi dingin modul *thermoelectric* berkisar antara 60 °C s.d 63 °C dan 44 °C s.d 46 °C.

Dapat dilihat pada Gambar 6 dengan menggunakan 1 modul TEC 12706 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,197 Volt pada delta temperatur 14,98 °C, selanjutnya dengan 2 modul TEC 12706 tegangan output maksimum sebesar 0,248 Volt pada delta temperatur 13,66 °C. Kemudian dengan 3 modul TEC 12706 tegangan output maksimum sebesar 0,359 Volt pada delta temperatur 13,63 °C dan dengan 4 modul TEC 12706 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,445 Volt pada delta temperatur 13,94 °C.



Gambar 6. Perubahan *voltage* terhadap delta temperatur pada TEC 12706

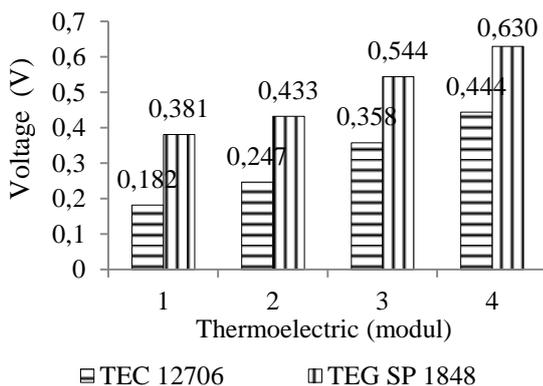


Gambar 7. Perubahan *voltage* terhadap delta temperatur pada TEG SP 1848

Dapat dilihat pada Gambar 7 dengan menggunakan 1 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,415V pada delta temperatur 17 °C, selanjutnya dengan 2 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum sebesar 0,474 V pada delta temperatur 17,42 °C. Kemudian dengan 3 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum sebesar 0,589 V pada

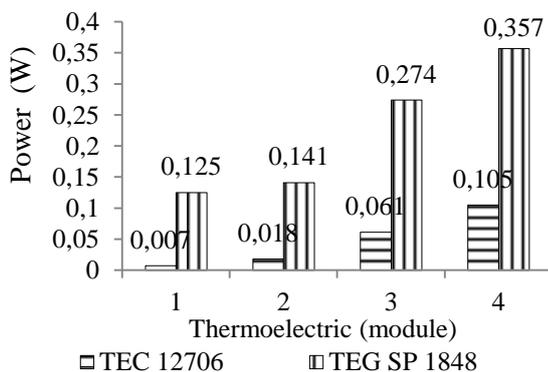
delta temperatur 17,90 °C dan dengan 4 modul TEG SP 1848 tegangan output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,669 V pada delta temperatur 15,47 °C. Tegangan output yang dihasilkan dari modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848 lebih besar dibandingkan dengan modul *thermoelectric* tipe TEC 17206.

Perbandingan tegangan output yang dihasilkan dari kedua modul *thermoelectric* tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848 dengan delta temperatur yang sama yaitu sebesar ± 13 °C dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan voltage tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848

Perbandingan daya output yang dihasilkan dari kedua modul *thermoelectric* pada pengujian 1 s.d 4 modul dapat dilihat pada Gambar 9. Daya yang dihasilkan modul *thermoelectric* tipe TEG SP 1848 lebih besar dibandingkan *thermoelectric* tipe TEC 12706.



Gambar 9. Perbandingan daya pada pengujian 1 s.d 4 modul *thermoelectric* tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848

Dengan pengujian menggunakan 1 modul *thermoelectric* daya output maksimum yang dihasilkan *thermoelectric* tipe TEC 12706 dan tipe

TEG SP 1848 adalah sebesar 0,007 W dan 0,125 W. Pengujian dengan 2 modul dari kedua tipe *thermoelectric*, daya output maksimum didapatkan sebesar 0,018 W dan 0,141 W. Kemudian pengujian dengan 3 modul dari kedua tipe *thermoelectric*, daya maksimum yang dihasilkan sebesar 0,061 W dan 0,274 W. selanjutnya pengujian dengan 4 modul dari kedua tipe modul *thermoelectric*, daya output maksimum yang dihasilkan sebesar 0,105 W dan 0,357 W.

Dilihat dari perbandingan nilai daya output yang dihasilkan dari kedua modul *thermoelectric* tipe TEC 12706 dan TEG SP 1848, didapatkan selisih perbandingan nilai daya pada pengujian 1 s.d 4 modul berkisar 0,2 W.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan : semakin banyak jumlah modul *thermoelectric* yang digunakan saat pengujian, maka daya yang dihasilkan akan meningkat. Selisih daya maksimum yang dihasilkan antara modul TEC 12706 dan modul TEG SP 1848 adalah berkisar 0,2 W. Daya maksimum yang dihasilkan dengan laju aliran air 16,6 liter/menit dengan menggunakan modul TEC 12706 pada pengujian 1,2,3 dan 4 modul *thermoelectric* adalah sebesar 0,007 W, 0,018 W, 0,061 W, dan 0,105 W. Kemudian dengan menggunakan modul TEG SP 1848 daya maksimum yang dihasilkan pada pengujian yang sama adalah sebesar 0,125 W, 0,141 W, 0,274 W dan 0,357 W.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Riau sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Yunus A. 2005. *Thermodynamics an Engineering Approach 5th Edition*. Mc.Graw Hill, Amerika
- Eakburanawat. J & I. Boonyaroonate,2006. "Development of a thermoelectric batter-charger with microcontroller-bassed maximum power point tracking technique", *J. Appl. Energy*, 83/7, 687-704.
- Hidayat. Axel & Nandy Putra 2006. "Pengembangan Alat Uji Kualitas dan Karakteristik Elemen Peltier", *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin V*.

- Min. G & D.M. Roe, 1994, "*Handbook of Thermoelectric, Peltier devices as generator*", CRC Press LLC, Florida.
- Nandy Putra, Raldi Artono Koestor, M. Adhitya, Ardian Roekettino, dan Bay Trianto.2009, "Potensi Pembangkit Daya *Thermoelectric* Untuk Kendaraan Hibrid", Jurnal Makara Teknologi. Vol.13, No.2.,53-58.
- Nuwayhid. Rida Y, Alan Syihadeh dan Nasreen Ghaddar, "*Development ad Testing of a Domestic Woodstove Thermoelectric Generator with Natural Convection Cooling*".*Energy Conversion and Management* 46 (2005) 1631–1643.
- Riffat. S.B, & Ma. Xiaoli.,2003, "Thermoelectric a review of Present and Potential Aplication" *J. Applied Thermal Engineering*, Vol.23,913-935.
- Rowe, D.M. (Editor),2006, *Thermoelectric Handbook Macro to Nano*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Sukur, Edi. 2004. Melirik Teknologi Termoelektrik sebagai Sumber Energi Alternatif. (Online), (<http://www.energi.lipi.go.id>), diakses 1 Agustus 2016.
- Wirawan, Rio. 2012. Analisa Penggunaan *Heat Pipe* pada *Thermoelectric Generator*. Laporan Penelitian Departemen Teknik Mesin. FT-UI.