

PENGARUH TEMPERATUR AIR YANG DIDINGINKAN AC DAN TEMPERATUR AIR RADIATOR TERHADAP *OUTPUT* DAYA *THERMOELECTRIC GENERATOR*

Asep Pranoto, Imam Muda Nauri, Sumarli
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5, Malang (65145)
Email: aseppranoto78@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beda temperatur air yang didinginkan AC dan temperatur air radiator terhadap *output* daya *thermoelectric generator*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental pada 12 buah *thermoelectric generator* yang dirangkai seri, dipasang pada mesin Honda Jazz i-VTEC. Air radiator dengan temperatur 80-90°C sebagai pemanas *thermoelectric* dan air yang didinginkan AC dengan temperatur 17-27°C sebagai pendingin. Hasil penelitian didapatkan beda temperatur minimum 53°C menghasilkan 0,0007 Ampere, 2,52 Volt dan 1,764 miliWatt. Kemudian dengan beda temperatur maksimum 73°C menghasilkan 0,00246 Ampere, 4,35 Volt dan 10,701 miliWatt. Kesimpulan penelitian ini yaitu ada pengaruh beda temperatur terhadap *output* daya *thermoelectric generator*.

Kata Kunci: Temperatur air yang didinginkan AC, temperatur air radiator, *thermoelectric generator*

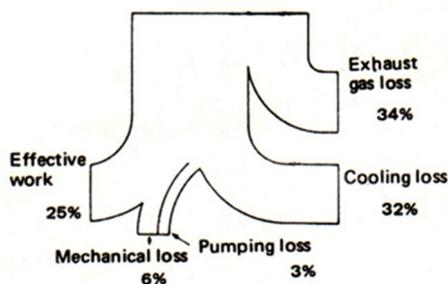
Abstract: This study aims to determine the effect of differences in temperature of water-cooled by AC and radiator water temperature on the *thermoelectric generator* power output. This study used an experimental method on 12 *thermoelectric generators* in series, mounted on a Honda Jazz i-VTEC engine. Radiator water with a temperature of 80-90 °C as a *thermoelectric* heater and water-cooled by AC with a temperature of 17-27 °C as a coolant. The results showed that a minimum temperature difference of 53 °C resulted in 0,0007 Ampere, 2,52 Volt, and 1,764 milliWatt. Then with a maximum temperature difference of 73 °C produces 0,00246 Ampere, 4,35 Volts, and 10,701 milliWatt. The conclusion of this study is that there is an effect of temperature differences on the power output of the *thermoelectric generator*.

Keywords: AC cooled water temperature, radiator water temperature, *thermoelectric generator*

Sumber daya alam dari fosil terus digali agar kebutuhan energi dunia terus tercukupi. Namun sumber energi fosil ini sifatnya terbatas dan suatu saat akan habis. Salah satu contoh penggunaannya yakni bahan bakar minyak (bbm) untuk menggerakkan mesin industri, transportasi dan lain sebagainya. Konsumsi bbm di Indonesia setiap tahunnya mengalami kenaikan. Sebagai contoh konsumsi bbm selama masa posko nasional esdm dalam menghadapi hari raya Idul Fitri 1440 h (21 Mei-17 Juni 2019) mencapai 2,87 juta kiloliter (kl). Dengan rerata harian sebesar 102,56 ribu kl per hari.

Bbm dibakar di dalam suatu mesin untuk menghasilkan energi panas dan tekanan yang tinggi untuk diubah menjadi energi gerak. Energi panas yang dihasilkan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*), hanya 25% energi yang dimanfaatkan secara efektif. Sedangkan 75% lainnya terbuang

dengan rincian 34% di gas buang, 32% di sistem pendinginan (radiator), 6% gesekan di dalam mesin, dan 3% saat pemompaan. Limbah kalor dari mesin kendaraan dikategorikan berada di kisaran rendah hingga menengah (80 – 240°C). Adapun klasifikasi limbah kalor dibagi menjadi 3 yakni tingkat tinggi (590°C sampai 1650°C), tingkat menengah (200°C sampai 590°C), dan tingkat rendah (25°C sampai 200°C). Namun dari energi panas yang terbuang tersebut ada potensi untuk dimanfaatkan yaitu dengan mengkonversinya menjadi energi listrik menggunakan teknologi *thermoelectric generator*.



Gambar 1. Neraca Panas Pada Mesin Pembakaran Dalam

Thermoelectric generator merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi secara langsung yaitu dari energi panas menjadi energi listrik (Puspita, s.c., Sunarno, H., Indarto, B., 2017). Efek *seebeck*, efek *peltier*, dan efek *thomson* merupakan yang mempengaruhi bekerjanya *thermoelectric generator* (Tang, 2016). Efek yang menyebabkan terjadinya tegangan listrik akibat perbedaan suhu pada dua jenis logam dinamakan efek *seebeck*. Efek *peltier* merupakan kebalikan dari efek *seebeck*. Jika terdapat dua logam berbeda disambung dan dialirkan arus listrik, maka fenomena pompa kalor akan terjadi (Sawitri, 2019). Sedangkan efek *thomson* berbeda dengan efek *seebeck* dan efek *peltier*, dimana efek *thomson* dapat diukur secara langsung untuk masing-masing material. Sedangkan efek *peltier* dan efek *seebeck* hanya dapat ditentukan untuk material yang berpasangan (Sulistiyanto, 2014).

Konsep *seebeck* dapat diilustrasikan ketika dua buah logam semikonduktor berbeda yang tersambung berada di lingkungan dengan temperatur berbeda, maka arus listrik atau gaya gerak listrik akan mengalir pada sambungan logam tersebut (Min, G., & Roe, D.M., 1994). Gaya gerak listrik yang terjadi tersebut adalah gaya gerak listrik termal dan elemen termal sebagai sumbernya (Karim, S., & Sunardi, 2003).

Thermoelectric generator terdiri dari bahan semikonduktor tipe-n dan semikonduktor tipe-p. Pada *thermoelectric generator* tipe tec1-12706 tersusun dari Bi_2Te_3 tipe-p dan Bi_2Te_3 tipe-n. Setiap tipe semikonduktor tersebut memiliki fungsi masing-masing untuk mengalirkan kalor sehingga dapat menghasilkan tegangan listrik. Elektron semikonduktor tipe-n akan tertarik ke bagian bertemperatur tinggi. Kemudian tertarik ke muatan pada material semikonduktor tipe-p dan mengalir sehingga menghasilkan beda potensial serta arus listrik.

Kalor juga mengalir dan dibuang dari salah satu ke sisi lainnya. Ketika terjadi beda potensial atau tegangan listrik maka akan timbul arus listrik. Nilai beda potensial yang didapatkan sebanding lurus dengan *gradient* temperatur yang terjadi (Ryuanargo, 2013).

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu apakah ada pengaruh beda temperatur air yang didinginkan AC dan temperatur air radiator terhadap *output* daya *thermoelectric generator*? Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh beda temperatur air yang didinginkan AC dan temperatur air radiator terhadap *output* daya *thermoelectric generator*. Kemudian manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu memberikan alternatif teknologi pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi panas yang terbuang pada sistem pendingin mesin kendaraan.

Penerapan *thermoelectric generator* sebagai pembangkit listrik sudah pernah dilakukan seperti yang dilakukan oleh Klara, S., & Sutrisno, (2016). Penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa dengan perbedaan suhu 39 °C dan pada kondisi putaran mesin 2500 rpm dengan menggunakan 6 buah *thermoelectric generator* yang dirangkai seri menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan rangkaian paralel yaitu 68,88 watt (Klara, S., & Sutrisno, 2016).

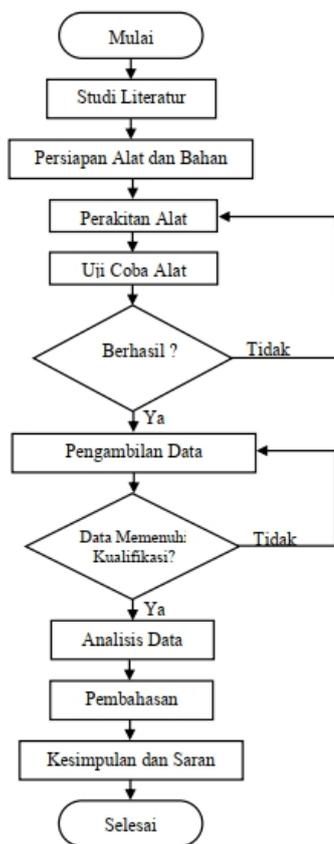
Penelitian lain yang sejenis yaitu yang dilakukan oleh Pratama (2018). Tegangan tertinggi yang dihasilkan yaitu pada kondisi putaran mesin 3000 rpm dengan *thermoelectric generator* dirangkai secara seri. *Thermoelectric generator* tipe tec1-12706 menghasilkan tegangan 15,01 volt sedangkan tipe sp 1848 27145 sa menghasilkan tegangan 13,48 volt. Kemudian pada putaran mesin yang sama dengan rangkaian ditambahkan beban, *thermoelectric generator* tipe tec1-12706 menghasilkan tegangan tertinggi dibandingkan dengan tipe yang lainnya yaitu 2,65 volt. Sedangkan arus listrik tertinggi dihasilkan oleh *thermoelectric generator* tipe sp 1848 27145 sa dengan menggunakan rangkaian seri 0,24 ampere. Kemudian untuk daya listrik tertinggi dihasilkan oleh *thermoelectric generator* tipe tec1-12706 dengan menggunakan rangkaian seri sebesar 0,6095 watt. Besarnya nilai daya

yang dihasilkan setiap *thermoelectric generator* berbanding lurus dengan besarnya nilai beda temperatur (pratama, a.p, 2018).

Julianto (2016) dengan memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi pada sistem pendingin mesin di kapal untuk mendapatkan pembangkit listrik alternatif. Didapatkan data bahwa dengan beda temperatur minimum 20°C maka akan menghasilkan daya sebesar 0,8 watt. Kemudian dengan beda temperatur maksimal 65°C maka akan menghasilkan daya sebesar 40 watt (Julianto, T., 2016).

METODE PENELITIAN

Metode eksperimental digunakan pada penelitian ini. Karena ditujukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh beda temperatur terhadap daya *output thermoelectric generator*. Adapun alur penelitian yang dilakukan yaitu:



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

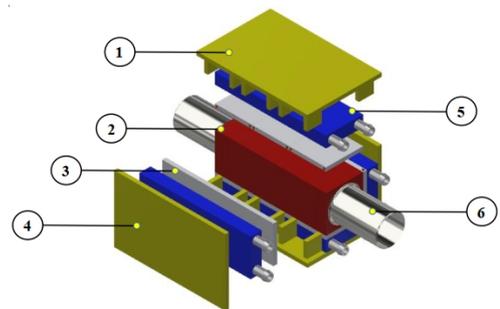
Alat Dan Bahan

Penelitian ini memerlukan peralatan dan bahan sebagai berikut:

- A. *Thermoelectric generator* tipe *tec1-12706*
- B. Pipa silinder *stainless steel*
- C. Pipa persegi *stainless steel*
- D. *Upper base* radiator
- E. *Waterblock*
- F. Radiator *watercooling waterblock*
- G. Slang
- H. Pompa air
- I. Avometer digital
- J. *Thermometer*

Skema Pengujian

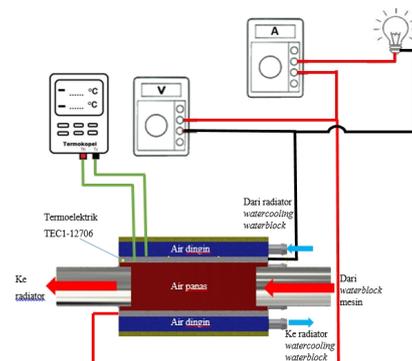
Berikut ini adalah desain alat dan skema pengujian alat *thermoelectric generator*.



Gambar 3. Desain Alat Uji Termoelektrik

Keterangan:

1. Tutup atas
2. Pipa persegi stainless steel
3. Termoelektrik tipe *tec1-12706*
4. Tutup bagian samping
5. *Waterblock*
6. Pipa persegi stainless steel



Gambar 4. Skema Pengujian Alat

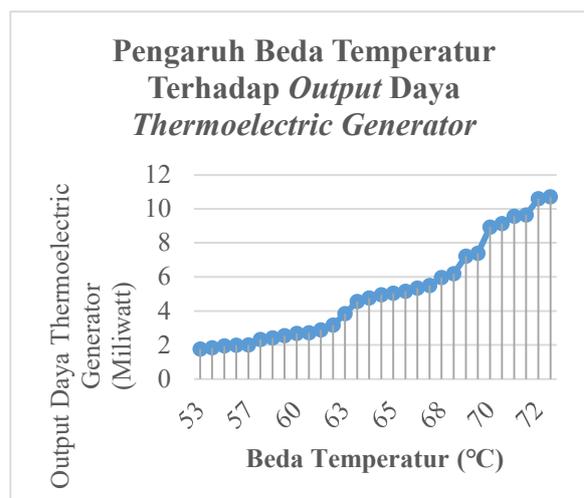
Pelaksanaan Pengujian

Berikut langkah-langkah dalam proses pengambilan data:

1. Pastikan alat uji termoelektrik terinstalasi dengan benar yaitu sesuai dengan gambar 2 serta termoelektrik berjumlah 12 buah yang dirangkai secara seri.
2. Menginstalasi alat uji termoelektrik pada kendaraan serta memasang alat ukur pengambil data seperti termometer, avo meter, dan beban sesuai dengan gambar 3.
3. Menghidupkan termometer dan avo meter.
4. Mengalirkan air ke dalam *waterblock* sebagai pendingin.
5. Sebelum mesin mobil dihidupkan, pastikan air *coolant* radiator cukup dan masuk ke dalam alat uji termoelektrik.
6. Hidupkan mesin dan tunggu hingga mencapai suhu kerja mesin (**8** °C).
7. Nyalakan pompa air untuk mengalirkan air yang didinginkan oleh ac.
8. Setelah suhu mesin mencapai suhu kerjanya hidupkan ac mobil. Atur temperatur ac dan kecepatan blower untuk didapatkan suhu air yang diinginkan sesuai dengan tabel instrumen penelitian. Kemudian catat hasil pengukuran *thermometer* dan avo meter.

Matikan AC, mesin, alat ukur *thermometer* dan avometer).

HASIL DAN PEMBAHASAN



. Gambar 4. Pengaruh Beda Temperatur (X) Terhadap Output Daya Thermoelectric Generator (Y)

Grafik pada gambar 4 diketahui hasil penelitian dengan jumlah sampel 30 meliputi temperatur yang terdiri dari temperatur air yang didinginkan AC, temperatur air radiator dan beda temperatur. Beda temperatur didapatkan dari selisih temperatur air yang didinginkan AC dan temperatur air radiator. Pada penelitian ini satuan temperatur yang digunakan yaitu °C. Kemudian output thermoelectric generator terdiri dari tegangan, kuat arus dan daya. Output daya thermoelectric generator didapatkan dari perkalian tegangan dan kuat arus thermoelectric generator yang dihasilkan menggunakan rumus dasar daya listrik. Satuan tegangan yang digunakan yaitu volt. Kemudian satuan kuat arus yang digunakan yaitu ampere. Sedangkan untuk satuan daya yang digunakan adalah miliwatt.

Grafik pada gambar 4 menjelaskan hasil pengukuran alat thermoelectric generator yang diinstalasi pada mesin kendaraan. Air radiator sebagai pemanas sisi thermoelectric generator, sedangkan air yang didinginkan AC sebagai pendingin sisi lain thermoelectric generator. Berdasarkan grafik pada gambar 4 menunjukkan hasil penelitian bahwa semakin besar nilai beda temperatur maka nilai kuat arus, tegangan dan daya thermoelectric generator semakin meningkat juga. Dengan adanya beda temperatur minimum yaitu 53°C menghasilkan 0,0007 Ampere, 2,52 Volt dan 1,764 mili Watt. Kemudian dengan beda

temperatur maksimum 73°C menghasilkan 0,00246 Ampere, 4,35 Volt dan 10,701 mili Watt.

Dengan hasil arus, tegangan dan daya output thermoelectric generator diatas nilainya masih jauh dibawah nilai dari penelitian yang dilakukan oleh Klara & Sutrisno (2016). Walaupun pada penelitian tersebut ada kesamaan dengan penelitian ini yaitu menggunakan thermoelectric generator yang dirangkai secara seri. Namun jumlah thermoelectric generator pada penelitian tersebut hanya menggunakan 6 buah sedangkan pada penelitian ini menggunakan 12 buah. Dengan perbedaan suhu 39 °C dan pada kondisi putaran mesin 2500 RPM dengan menggunakan 6 buah thermoelectric generator yang dirangkai seri tersebut dapat menghasilkan daya sebesar 68,88 Watt. Perbedaan daya yang dihasilkan dengan penelitian ini dipengaruhi oleh beberapa hal seperti penerapan alat, bahan yang digunakan atau faktor lain. Klara & Sutrisno (2016) menerapkan alatnya dipasang pada sistem gas buang mesin diesel sebagai pemanas. Serta menggunakan *heat sink* untuk bagian pendingin thermoelectric generator. Sedangkan pada penelitian ini diterapkan pada sistem pendingin mesin bensin dengan air radiator sebagai pemanasnya serta menggunakan waterblock yang dialiri oleh air yang didinginkan AC untuk sebagai pendingin thermoelectric generator.

Dalam penelitian Pratama (2018), tegangan tertinggi yang dihasilkan yaitu pada kondisi putaran mesin 3000 rpm dengan thermoelectric generator dirangkai secara seri. Thermoelectric generator tipe TEC1-12706 menghasilkan tegangan 15,01 volt sedangkan tipe SP 1848 27145 SA menghasilkan tegangan 13,48 volt. Kemudian pada putaran mesin yang sama dengan rangkaian ditambahkan beban, thermoelectric generator tipe TEC1-12706 menghasilkan tegangan tertinggi dibandingkan dengan tipe yang lainnya yaitu 2,65 volt. Sedangkan arus listrik tertinggi dihasilkan oleh thermoelectric generator tipe SP 1848 27145 SA dengan menggunakan rangkaian seri 0,24 ampere. Kemudian untuk daya listrik tertinggi dihasilkan oleh thermoelectric generator tipe TEC1-12706 dengan menggunakan rangkaian seri sebesar 0,6095 Watt. Tegangan yang

dihasilkan pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Pratama (2018), pada penelitian ini didapat tegangan terbesarnya 4,35 Volt dengan beda temperatur 73°C.

Dalam penelitian Julianto (2016), didapatkan hasil data bahwa dengan beda temperatur minimum 20°C maka menghasilkan daya sebesar 0,8 watt. Kemudian dengan beda temperatur maksimal 65°C maka akan menghasilkan daya sebesar 40 watt. Sedangkan pada penelitian ini dengan beda temperatur yang sama yaitu 65°C hanya dapat menghasilkan 5,1528 milli watt.

Pada penelitian ini setiap penambahan 1% tingkat beda temperatur, maka output daya thermoelectric generator akan meningkat sebesar 0,458 mili Watt. Adapun nilai konstan sebesar -24,157, artinya jika tidak ada beda temperatur (X) maka nilai output daya thermoelectric generator (Y) adalah -24,157 mili Watt. Nilai konstan yang bernilai negatif menandakan bahwa output daya thermoelectric generator belum terbangkitkan. Output daya thermoelectric generator akan bangkit jika beda temperatur minimum 53°C. Dengan demikian hal tersebut sesuai dengan hukum Seebeck yang dikenalkan oleh ilmuwan Jerman yang bernama Thomas Johan Seebeck pada tahun 1821.

Konsep seebeck dapat diilustrasikan ketika dua buah logam semikonduktor berbeda yang tersambung berada di lingkungan dengan temperatur berbeda, maka arus listrik atau gaya gerak listrik akan mengalir pada sambungan logam tersebut (Min, G., & Roe, D.M., 1994). Gaya gerak listrik yang terjadi tersebut adalah gaya gerak listrik termo dan elemen termo sebagai sumbernya (Karim, S., & Sunardi, 2003)

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran, perhitungan dan analisa yang telah dilakukan peneliti kesimpulan yang didapatkan yaitu ada pengaruh beda temperatur temperatur air yang didinginkan AC dengan temperatur air radiator terhadap *output* daya *thermoelectric generator*. Rangkaian 12 buah *thermoelectric generator* dirangkai seri dengan memanfaatkan air

radiator sebagai pemanas dan air yang didinginkan AC sebagai pendinginnya sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Dalam penelitian ini rangkaian tersebut dengan beda temperatur minimum 53°C menghasilkan 0,0007 Ampere, 2,52 Volt dan 1,764 mili Watt. Kemudian dengan beda temperatur maksimum 73°C menghasilkan 0,00246 Ampere, 4,35 Volt dan 10,701 mili Watt.

Setiap penambahan 1% tingkat beda temperatur, maka *output* daya *thermoelectric generator* akan meningkat sebesar 0,458 mili Watt. Apabila tidak terjadi beda temperatur di kedua sisi *thermoelectric generator*, maka nilai konstan *output* daya *thermoelectric generator* sebesar -24,157 mili Watt. Nilai konstan yang bernilai negatif menandakan bahwa *output* daya *thermoelectric generator* belum terbangkitkan. *Output* daya *thermoelectric generator* akan bangkit jika beda temperatur minimum 53°C. Dari penelitian ini juga didapatkan persamaan $Y = -24,157 + 0,458 X$. Dimana Y adalah *output* daya *thermoelectric generator*, sedangkan X adalah beda temperatur antara temperatur air yang didinginkan AC dan temperatur air radiator.

Tegangan, kuat arus dan daya yang dihasilkan rangkaian *thermoelectric generator* pada penelitian ini masih kecil sehingga belum dapat menyuplai baterai atau sistem kelistrikan yang membutuhkan daya listrik yang besar. Namun dengan hasil tersebut sudah mampu menyalakan lampu LED. Adapun cara untuk mendapatkan tegangan, kuat arus dan daya yang lebih besar yaitu dengan cara menambah jumlah *thermoelectric generator*, menggantinya dengan kualitas yang lebih baik seperti tipe SP 1848 27145 SA, atau dengan menambahkan rangkaian penyetabil tegangan.

Saran

Hasil penelitian ini dapat dijadikan rujukan ilmu pengetahuan di bidang otomotif untuk diterapkan pada sistem suplai dan pengisian kelistrikan pada kendaraan khususnya pada *electric car* atau *electric motor bike*.

DAFTAR RUJUKAN

Julianto, T. 2016. *Pemanfaatan Perbedaan Temperatur Pada Main Engine Cooling System Sebagai Energi Alternatif Untuk*

- Pembangkit Listrik Di Kapal*. Skripsi: Surabaya: Fakultas Ilmu Kelautan ITS.
- Karim, S., & Sunardi. 2003. *Penentuan Elektromotansi Termal Beberapa Jenis Termokopel Dengan Pasangan Logam Yang Bervariasi (Upaya Untuk Mendapatkan Pasangan Logam Yang Terbaik Untuk Termokopel)*. Jurnal FMIPA UPI.
- Klara, S., & Sutrisno. 2016. *Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik*. Volume 14, No 1. Hal 113-128. Makassar.
- Min, G., & Roe, D.M. 1994. *Handbook of thermoelectrics, Peltier devices as generator*. Florida: CRC Press LLC.
- Pratama, A.P. 2018. *Studi Eksperimental Termoelektrik Generator Tipe SP 184827145 SA Dan TEC1-12706 dengan Variasi Seri dan Paralel Pada Supra X 125 CC*. Tidak diterbitkan. Surakarta: FT UMS.
- Puspita, S.C., Sunarno, H., Indarto, B. 2017. *Generator Termoelektrik Untuk Pengisian Aki*. Volume 13, No 2. Hal 84-87. Surabaya.
- Ryanuargo, Anwar, S., & Sari, S.P. 2013. *Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin*. Jurnal Rekayasa Elektrika, 10(4), 180 – 185.
- Sawitri, R. A. 2019. *Pengaruh Zn Terhadap Struktur Dan Sifat Termoelektrik Material Skutterudites $Co_{4-x}Zn_xSb_{12}$ Menggunakan Metode Sintesis Modified Polyol*. Malang: FMIPA UM.
- Sulistiyanto, N. 2014. *Pemodelan Sistem Pendingin Termoelektrik pada Modul Superluminescence LED*. Jurnal EECCIS 8, 67-72.
- Tang, Y. 2016. *Thermoelectric Skutterudites: Why and How High ZT Can Be Achieved (Ph.D. Thesis)*. California Institute of Technology