

VARIASI MEDIA PENDINGIN PADA *THERMOELETRIC GENERATOR* YANG MEMANFAATKAN PANAS BUANG AIR CONDITIONER

Mustafa¹, Muhammad Hasan Basri, Reyhan Kiay Demak^{2,3}

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin

Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta Palu^{1, 2, 3}

email: mustafa7mesin@yahoo.co.id¹; muhhasanbasri@yahoo.com²; Reyhan_kade@yahoo.com³

Abstract: Variation of the cooling medium on a thermoelectric generator that utilizes heat dissipating air conditioner . The heat waste in the air conditioner is low quality energy that is released to the environment, the heat waste can be used to heat the thermoelectric generator (TEG) module but in the other side the module needs to be cooled to create temperature differences on both sides of the module.

This experiment were carried out by utilizing two cooling media, water and refrigerant coming out of the evaporator on liquid plate heat exchanger as the heat sink.

The test results show the best performance obtained in refrigerant media where the open circuit voltage (V_{oc}) and Short circuit current (I_{sc}) generated from 10 modules arranged in series are 9.31 Volts and 270.8 mA with a temperature difference of 21.08 °C, and on water cooling media V_{oc} 7.5 Volts, I_{sc} 200.2 mA with a temperature difference of 17.5 °C

Keywords: Air Conditioner, Thermoelectric generator, cooling media, water, refrigerant.

Abstrak: Variasi media pendingin pada *thermoelectric generator* yang memanfaatkan panas buang air conditioner. Panas buang pada air conditioner merupakan energy berkualitas rendah yang terbuang cuma-cuma ke lingkungan, kalor yang terbuang tersebut dapat dimanfaatkan untuk memanaskan modul thermoelektrik generator (TEG) akan tetapi modul tersebut perlu didinginkan pada sisi lainnya agar tercipta perbedaan temperature pada kedua sisi modul.

Pada penelitian ini dilakukan eksperimen dengan memanfaatkan dua media pendingin yaitu air dan refrigerant yang keluar dari evaporator pada sebuah heat exchanger tipe *liquid plate* yang berfungsi sebagai *heat sink*.

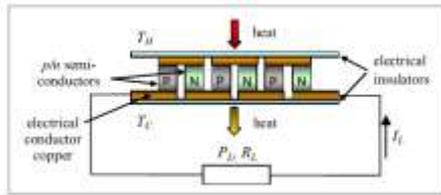
Hasil pengujian menunjukkan kinerja terbaik didapatkan pada media refrigerant dimana open circuit voltage (V_{oc}) dan Short circuit current (I_{sc}) yang dihasilkan dari 10 modul yang disusun seri adalah 9,31 Volt dan 270.8 mA dengan selisih temperature 21.08 °C, dan pada media pendingin air V_{oc} 7,5 Volt , I_{sc} 200,2 mA dengan selisih temperature 17,5 °C

Kata Kunci: Air Conditioner, *Thermoelectric generator*, media pendingin, air, refrigerant.

PENDAHULUAN

Air Conditioner (AC) merupakan perangkat yang berfungsi untuk memindahkan kalor dari temperatur rendah ke temperatur tinggi dengan bantuan kerja yang dilakukan oleh kompresor, kalor yang dilepas kondensor ke lingkungan merupakan energi thermal kualitas rendah yang terbuang ke lingkungan (*waste heat*) sementara temperatur refrigeran yang keluar kompresor dapat berkisar pada suhu 60-90 °C, modifikasi pada perangkat air conditioner konvensional dapat dilakukan

untuk memanfaatkan panas buang pada sisi kondensor dengan berbagai metode seperti untuk memanaskan air panas dan juga untuk membangkitkan listrik dengan perangkat thermoelectric generator (TEG), thermoelektrik generator merupakan modul semikonduktor yang dapat menghasilkan arus listrik ketika diberikan beda temperature pada kedua sisinya.



Gambar 1. Prinsip kerja TEG (R. Ahiska, dkk, 2014)

Termoelektrik generator (TEG) adalah perangkat semikonduktor yang terdiri beberapa thermoelement yang merupakan gabungan semikonduktor tipe p dan n, ketika perbedaan temperature diberikan diantara kedua sisinya maka tegangan listrik akan dihasilkan pada kedua ujung TEG, besaran tegangan yang dapat dihasilkan oleh TEG dipengaruhi oleh koefisien seebeck dengan persamaan sebagai berikut: (R. Ahiska dkk, 2014)

$$V = \alpha(T_H - T_C) \quad (1)$$

Dimana α adalah koefisien seebeck, T_H temperature pada sisi panas dan T_C Temperatur pada sisi dingin.

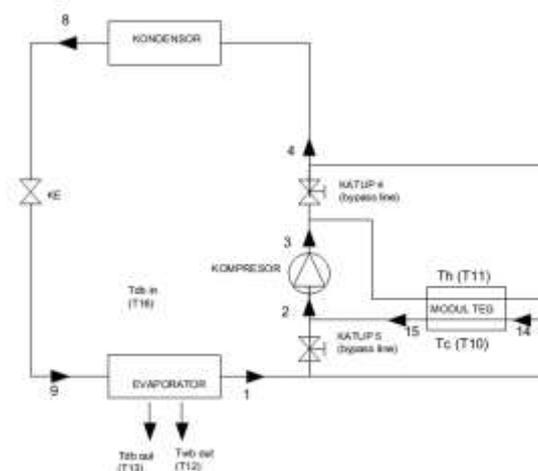
Kinerja TEG dipengaruhi oleh perbedaan temperature pada kedua sisinya, akan tetapi dalam menganalisis efisiensi TEG tidak dapat menggunakan efisiensi carnot saja, efisiensi carnot hanya dapat dijadikan sebagai rujukan untuk efisiensi maksimal yang dapat dicapai pada perbedaan temperature diantara heat sink dan heat source, sedangkan pada TEG nilai efisiensi ditentukan oleh figure of merit (ZT) . pada saat ini mayoritas perangkat peltier dan TEG menggunakan material Bi_2Te_3 dengan nilai ZT sekitar 1. (P.M.P Trinidad, dkk, 2015)

Beberapa eksperimen telah dilakukan untuk memanfaatkan termoelektrik generator yang bekerja dengan memanfaatkan beda temperature yang dihasilkan oleh air conditioner, seperti yang dilakukan oleh Yildiz dkk (2014) yang memanfaatkan panas dari refrigerant keluar kompresor untuk memanaskan TEG dan mendinginkannya menggunakan refrigerant yang keluar dari

evaporator. Remeli dkk (2015) memanfaatkan selisih temperature pada udara yang masuk dan keluar system air conditioner untuk mendapatkan energy listrik dari TEG. Dan Damanhuri dkk (2018) telah memanfaatkan air kondensat untuk mendinginkan TEG dengan selisih temperature yang didapat pada masing-masing modul sekitar 9.7 – 10.3 °C.

Untuk mendapatkan kinerja yang baik dari TEG diperlukan perbedaan temperature yang besar diantara kedua sisinya, oleh karena itu pada penelitian ini penulis memfokuskan pada sisi pendingin TEG guna mendapatkan metode pendinginan yang optimal pada sisi dingin TEG dengan cara memvariasikan media pendingin pada modul TEG menggunakan air yang disirkulasikan pada heat sink dan dengan menggunakan refrigerant yang keluar dari evaporator.

METODE PENELITIAN



Gambar 2. Skema Alat Pengujian

Alat pengujian menggunakan AC Split 1 PK Low Watt dengan refrigerant R410A yang dimodifikasi dengan menambahkan perangkat modul TEG, pada jalur keluar kompresor dipasang sebuah heat exchanger dengan tipe liquid plate heat sink, didalamnya mengalir refrigerant yang keluar dari kompresor dengan temperature dan tekanan yang tinggi. Pada perangkat heat exchanger tersebut kalor dari refrigerant ditransfer ke

permukaan sisi panas TEG, lalu pada sisi sebaliknya dipasang heat sink dengan tipe yang sama, pada heat sink dialirkan media pendingin yang berfungsi untuk menyerap dan melepaskan kalor dari permukaan sisi dingin TEG sehingga tercipta perbedaan temperature pada kedua permukaan TEG. Adapun spesifikasi dari heat exchanger dan modul TEG dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1.Spesifikasi Heat Sink dan Modul TEG

dimensi plat modul TEG:	200 x 80mm
tebal plat: 1 mm	10 mm
bahan plat:	Aluminium
diameter pipa:	3/8" dan 1/4"
panjang pipa pada diameter 3/8":	480 mm
panjang pipa pada diameter 1/4' ;	680 mm
bahan pipa:	Tembaga
modul TEG	Tipe SP 1848 267154
dimensi TEG:	40 x 40 mm
jumlah TEG:	10 Buah

Pada eksperimen ini dilakukan dua variasi pengujian yaitu; pengujian A dengan pendingin air yang disirkulasikan menggunakan pompa dengan debit 2 liter per menit (LPM) dan pengujian B dengan media pendingin refrigerant yang keluar dari evaporator.

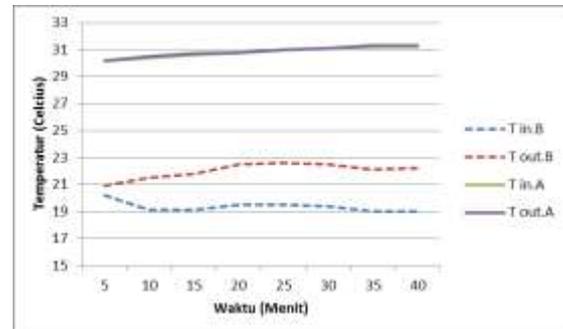
Proses pengambilan data dilakukan selama 40 menit dengan interval pengambilan data setiap 5 menit, temperature pada setiap titik pengamatan direkam menggunakan data logger arduino dengan sensor DS18B20, tekanan pada sisi kondensor dan evaporator diukur menggunakan bourbon tube pressure gauge dan arus serta tegangan yang keluar dari modul TEG diukur menggunakan multimeter digital sanwa CD711. Hasil dari data yang terukur lalu diolah dan dianalisis.

HASIL DAN DISKUSI

Distribusi Temperatur pada heat sink

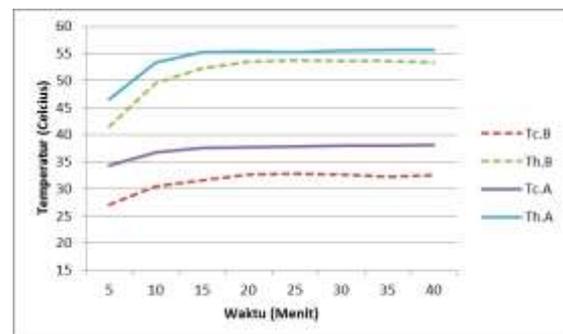
Temperatur fluida pada sisi masuk dan sisi keluar heat sink dan heat exchanger dapat diamati pada gambar 3, dari grafik tersebut terlihat bahwa temperature air pendingin pada pengujian A berkisar diantara 30-31 °C, pada pengujian temperature air yang masuk dan keluar hampir sama, dengan nilai

rata-rata temperature masuk 31.1 °C dan temperature keluar 31.2 °C, pada pengujian B temperature refrigerant yang masuk heat sink rata-rata 19.2 °C dan keluar pada temperature 22.4 °C.



Gambar 3. Temperatur fluida Keluar masuk heat sink.

Perbedaan temperature fluida yang masuk pada heat sink menyebabkan perbedaan temperature plat heat sink yang cukup signifikan, lihat gambar 4, pada pengujian A temperature plat heatsink berkisar pada 38 °C dan pada pengujian B pada temperature 32.6 °C, hal ini disebabkan karena temperature air yang tersedia berada pada temperature lingkungan yaitu sekitar 30 °C, sedangkan temperature refrigerant yang keluar evaporator jauh lebih rendah pada 19 °C.



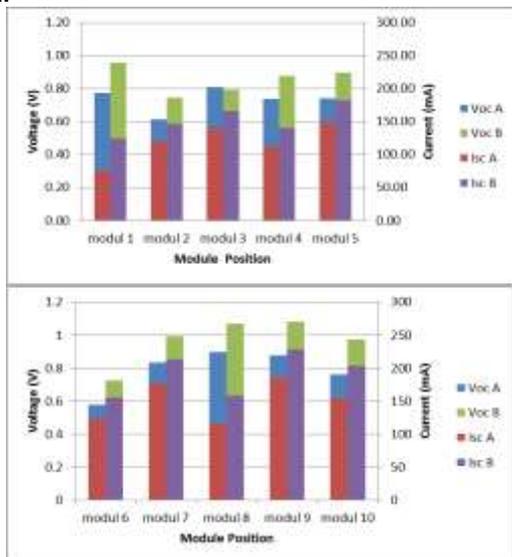
Gambar 4. Temperatur plat heat sink dan heat exchanger

Pada grafik diatas juga dapat diamati bahwa turunnya temperature heatsink akan menyebabkan temperature plat heat exchanger pada sisi panas akan ikut turun, seperti yang terlihat pada grafik diatas bahwa temperature plat heat exchanger pada pengujian A pada temperature 55.5 °C dan pada pengujian B turun menjadi 53.6 °C. secara keseluruhan pengujian B dapat

menghasilkan selisih temperature yang lebih besar dibandingkan pengujian A yaitu 21 °C dibandingkan dengan 17.5 °C.

Distribusi output tegangan dan arus pada masing-masing modul

Selisih temperature diantara sisi panas dan dingin modul TEG akan menghasilkan output tegangan dan arus listrik pada kedua ujung TEG, pada gambar 5 dapat diamati distribusi output pada setiap modul, dari hasil pengujian dapat terlihat bahwa output pada pengujian B lebih besar dibandingkan pengujian A, kondisi ini sesuai dengan perbedaan temperature pada pengujian B yang lebih besar dibandingkan pengujian A.



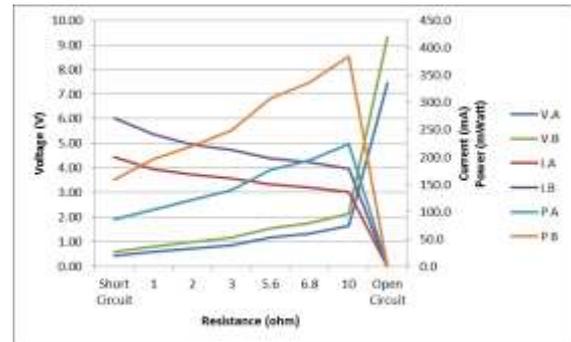
Gambar 5. Distribusi V_{oc} dan I_{sc} Pada modul TEG

Pada persamaan 1 dapat terlihat bahwa tegangan output merupakan fungsi dari perbedaan temperature, sehingga semakin besar perbedaan temperature diantara kedua sisi TEG akan menghasilkan output tegangan yang semakin besar.

Pada grafik tersebut juga terlihat bahwa output pada masing-masing modul tidaklah sama, kondisi ini disebabkan karena perbedaan temperature yang tidak merata pada permukaan plat heat exchanger dan heat sink. Dari sebaran output dapat diamati bahwa output terbaik didapat pada posisi modul 7 sd. 10

sedangkan output terendah pada modul 2 dan 6, hal ini berlaku untuk kedua pengujian sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan sebaran output lebih disebabkan oleh posisi pipa dan desain heat exchanger dibandingkan dengan variasi fluida pendingin.

Output Total pada 10 Modul TEG dirangkai seri



Gambar 6. V_{oc} dan I_{sc} Pada Modul TEG dengan variasi media pendingin

Sepuluh buah TEG selanjutnya disusun secara seri dan diberikan variasi hambatan dengan range 1 sd. 10 ohm, hasil pengukuran arus dan tegangan pada setiap variasi beban selanjutnya ditampilkan pada gambar 6. Dari hasil perhitungan daya pada kedua pengujian didapatkan bahwa daya maksimal didapatkan pada nilai hambatan 10 ohm dengan nilai daya pada pengujian A sebesar 223 mWatt dan 383 mWatt pada pengujian B. secara keseluruhan pengujian B menghasilkan output berupa tegangan, arus dan daya yang lebih besar dibandingkan pada pengujian A.

KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa variasi fluida pendingin pada heat sink mempengaruhi kinerja TEG dimana factor terbesar yang mempengaruhi adalah temperature fluida yang masuk pada heat sink. pada pengujian dengan media air, temperature air yang tersedia di lingkungan jauh lebih tinggi dibandingkan temperature refrigerant yang keluar evaporator sehingga

menghasilkan selisih temperature dan kinerja yang lebih rendah pada TEG.

DAFTAR PUSTAKA

Pedro M, P. Trinidad, G. Carbajal, 2015, 'Potensial use of thermoelectric generator device for air condotioning system", 13th LACCEI Annual International Conference, July 29-3, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic

A.A.M. Damanhuri, M.I.H.C. Abdullah, A.M.H.S Lubis, M.Z. Zakaria, M.S.F. Hussin, M.A. Kasno, "Development of TEG peltier device for heat harvesting from 1.5 hp split unit air conditioning

system", International Journal of Applied Engineering Research, Vol.13, No.5 , pp 2390-2394.

F. Yildiz and K.L. Coogler, 2014, "Low Power Energy Harvesting with a Thermoelectric Generator through an Air Conditioning Condenser" 121st ASEE Annual Conference & Exposition, June 15-18, 2014, Indianapolis, USA

R. Ahiska and R. Mamur, 2014, "A Review: Thermoelectric geneartors in renewable energy", International Journal of renewable energy research, Vol.4, No.1.