



## ANALISIS ENERGI LISTRIK DARI PANAS KONDENSOR AIR CONDITIONER DENGAN INSULASI DAN GENERATOR TERMoeLEKTRIK

*Electrical Energy Analysis of Air Conditioner Condenser Heat with Insulation and Thermoelectric Generator*

Sri Poernomo Sari<sup>1\*</sup>, Depi Kurniawan Saputra<sup>1</sup> dan Donawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya no. 100, Indonesia

### Informasi artikel

Diterima: 11/05/2019

Direvisi : 17/05/2019

Disetujui: 20/05/2019

### Abstrak

Tujuan penelitian adalah menganalisis energi termal yang dihasilkan dari kondensor *air conditioner* menjadi energi listrik dengan insulasi dan generator termoelektrik. Ducting bahan plat aluminium dengan ketebalan 1.2 mm berbentuk silinder, diameter 355 mm, panjang 100 mm dan 200 mm digunakan untuk menampung udara panas dari kondensor. Ducting dihubungkan dengan sisi panas generator termoelektrik, heatsink dan fan dipasang di bagian sisi dingin termoelektrik untuk menjaga kestabilan temperatur. Pengujian dilakukan untuk ducting menggunakan insulasi *glasswool* dan *rockwool* dengan ketebalan 4 mm. Pengujian untuk ducting 100 mm menggunakan insulasi *rockwool* dan *glasswool* dengan ketebalan 4 mm menghasilkan daya listrik rata-rata 0.018 dan 0.015 Watt, ducting 200 mm menghasilkan 0.015 dan 0.012 Watt. Daya listrik rata-rata yang dihasilkan dari panas kondensor untuk ducting 100 mm dan 200 mm dengan insulasi *rockwool* 26.76% dan 25.25% lebih besar dari pada *glass wool*.

**Kata Kunci:** Energi listrik, kondensor, air conditioner, insulasi, generator termoelektrik.

### Abstract

*The purpose of the research is analyzing the thermal energy produced from air conditioner condenser into electrical energy with insulation and thermoelectric generator. Ducting aluminum plate with a thickness of 1.2 mm in the shape of a cylinder, diameter of 355 mm, length of 100 mm and 200 mm is used to hold hot air from the condenser. Ducting is connected to the thermoelectric generator heat side, heatsinks and fans are installed on the cold side of the thermoelectric to maintain temperature stability. Tests are carried out for ducting using rockwool and glass wool insulation with a thickness of 4 mm. Testing for 100 mm ducting using rockwool and glass wool insulation with a thickness of 4 mm produces an average electric power of 0.018 and 0.015 Watt, 200 mm ducting produces 0.015 and 0.012 Watt. Power generated from condenser heat for ducting 100 mm and 200 mm with rockwool insulation are 26.76% and 25.25% greater than glass wool.*

**Keywords:** Electric energy, condenser, air conditioner, insulation, thermoelectric generator.

\*Penulis Korespondensi : Handphone: 0858 8042 3336  
email : [sri\\_ps@staff.gunadarma.ac.id](mailto:sri_ps@staff.gunadarma.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan manusia untuk memenuhi suatu tingkat kualitas hidup tidak dapat dihindari. Potensi sumber daya alam yang ada senantiasa dapat selalu diekspos oleh manusia guna memenuhi kebutuhan hidupnya, namun tidak selamanya manusia menggantungkan diri dari sumber daya alam tersedia di bumi karena sifatnya terbatas. Upaya dilakukan dengan cara menghemat energi atau menggunakan kembali energi yang telah digunakan sebelumnya. Metode konservasi energi yang tepat dapat memperpanjang masa habis sumber energi berbahan dasar sumber daya alam. Sektor perindustrian membutuhkan sumber energi listrik dimana salah satu sumber pembangkit listrik adalah sumber daya alam namun membutuhkan sumber energi bahan bakar fosil.

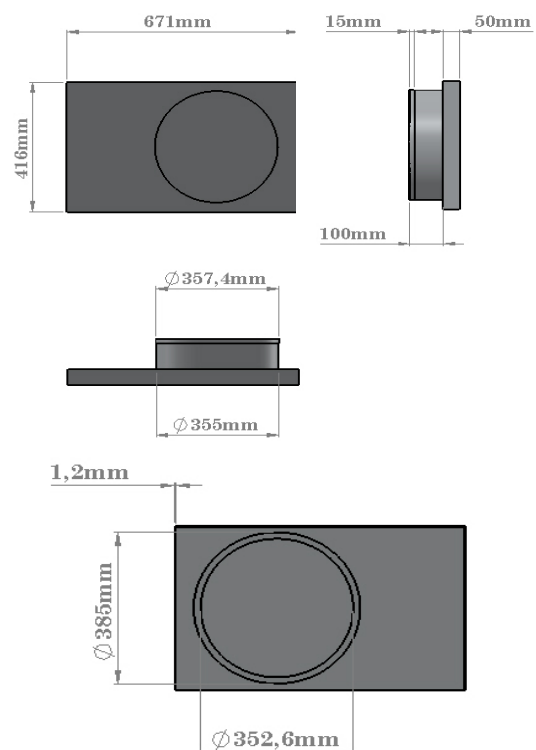
Secara umum efisiensi termal masih berlangsung sangat rendah, yang lain merupakan panas yang dibuang ke lingkungan. Energi listrik dapat disalurkan kembali ke berbagai kebutuhan instrumen berdaya listrik dengan pemanfaatan panas buang yang besar ke lingkungan ini. Penggunaan air conditioner menghasilkan energi panas dari kerja kondensor. Panas kondensor akan ke atmosfer dan menjadi polusi termal. Panas yang tidak terpakai ini berada pada kisaran rendah antara temperatur 25°C hingga 200°C. Energi termal yang terbuang dapat dimanfaatkan dengan bantuan generator termoelektrik menjadi pilihan untuk mengkonversikan energi termal yang terbuang menjadi energi listrik. Tujuan penelitian adalah menganalisis energi termal yang dihasilkan dari kondensor air conditioner menjadi energi listrik dengan insulasi dan generator termoelektrik.

## 2. METODOLOGI

Konversi energi panas menjadi energi listrik dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan kondensor air conditioner dengan ducting dilapisi bahan insulasi rockwool, glasswool dan generator termoelektrik. Penggunaan *ducting* untuk pemanfaatan udara panas kondensor berbahan plat aluminium diameter 355 mm panjang 100 mm dan 200 mm dan tebal plat 1,2 mm (lihat gambar 1).

Generator termoelektrik yang digunakan adalah seri TEG12706 sebanyak 14

buah. Pada alat uji terdapat 3 buah termometer digital yang berguna untuk mengetahui temperatur fluida awal *ducting*, temperatur ujung *ducting* yang dirambati panas yang keluar dari kondensor dan temperatur *heatsink*. *Ducting* dilapisi bahan insulasi jenis *rockwool* dan *glasswool* dengan tebal 4 mm agar panas yang dihasilkan oleh kondensor tidak keluar atau berkurang. *Ducting* ini berfungsi untuk menyimpan udara panas yang akan dikonversikandari udara panas menjadi energi listrik dengan bantuan generator listrik yang disebut termoelektrik. Penggunaan material ini dikarenakan bahwa aluminium merupakan konduktor yang baik dalam menyalurkan udara panas yang dikeluarkan oleh kondensor. Dalam sistem *ducting* kondensor ini terdapat tiga buah komponen yaitu *cubeducting*, *cylinder ducting*, dan *casing cylinder ducting*.



Gambar 1 *Ducting* 100 mm

Kondensor komponen dalam sistem refrigerasi yang berfungsi untuk melepas panas dari refrigeran agar terjadi pengembunan. Kondensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah kondensor *air conditioner* jenis *split* kapasitas 1 PK.

*Heatsink* adalah logam dengan desain khusus yang terbuat dari aluminium yang berfungsi untuk memperluas transfer panas dari sebuah permukaan. Semakin luas permukaan perpindahan panas maka akan semakin cepat proses pendinginannya. Oleh karena itu penggunaan *heatsink* dalam penelitian ini berguna untuk mendinginkan sisi dingin dari termoelektrik agar terjadi perbedaan temperatur sehingga menimbulkan perbedaan potensial listrik (lihat gambar 2).



Gambar 2 Heatsink Aluminium



Gambar 3 Rockwool

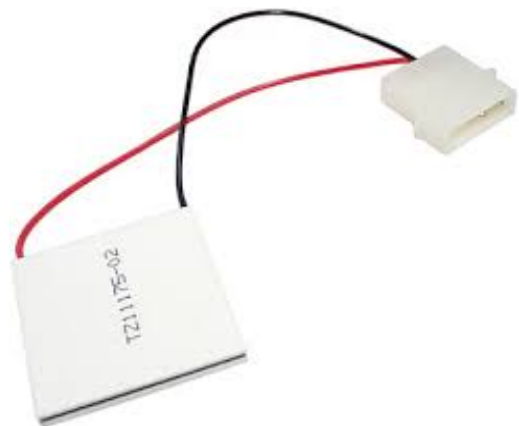
Bahan insulasi berguna untuk mencegah panas merambat atau masuk kedalam material lain. Bahan insulasi digunakan untuk melapisi *ducting* agar udara panas yang mengalir di dalam *ducting* tidak keluar dan panas lingkungan atau dari luar tidak masuk ke dalam *ducting*. Sehingga -67-temperature di dalam *ducting* hanya berasal dari kerja kondensor. Jenis bahan insulasi yang digunakan dalam penelitian ini berjenis *rockwool* (lihat gambar 3) dan *glasswool* (lihat gambar 4). Pemilihan jenis insulasi ini dikarenakan dari panas *ducting* kurang dari 90°C. Tembaga adalah konduktor

yang baik dalam perambatan panas atau perambatan listrik. Penggunaan kawat tembaga dalam penelitian ini berguna untuk menyambung termoelektrik pada *junction* terminal agar dapat membuat rangkaian listrik seri.

Termoelektrik merupakan teknologi yang bekerja mengkonversikan energi panas menjadi energi listrik secara langsung, atau sebaliknya dari energi listrik menjadi energi panas dan dingin (lihat gambar 5). Prinsip kerja termoelektrik ini menggunakan prinsip efek *seebeck* yang artinya jika dua buah logam yang berbeda disambungkan pada salah satu ujungnya kemudian dipanaskan sehingga timbul perbedaan panas pada sambungannya maka akan terjadi perbedaan tegangan pada ujung satu dengan ujung yang lainnya. Pada *ducting* ini permukaan tutup silinder *ducting* akan terkena udara panas yang dibuang oleh kondensor yang berdampak terjadinya pemanasan pada permukaan tutup silinder tersebut, dan kemudian akan dimanfaatkan energi panas tersebut oleh termoelektrik yang akan diubah menjadi energi listrik.

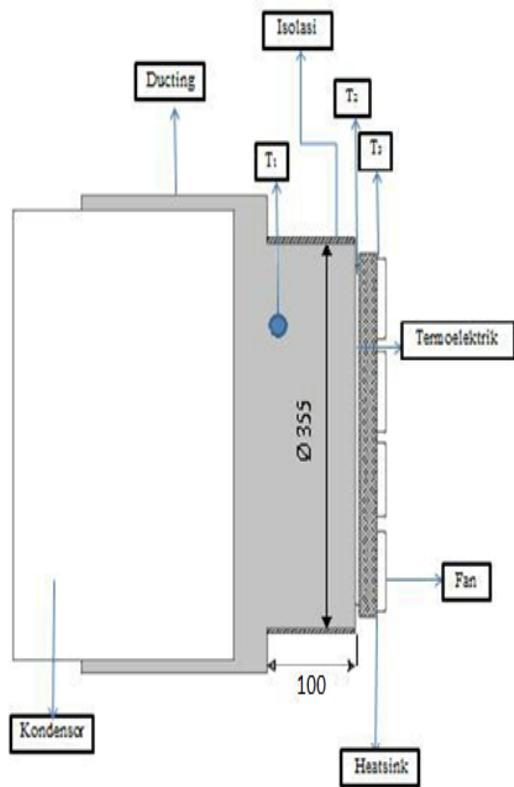


Gambar 4 Glasswool



Gambar 5 Generator Termoelektrik

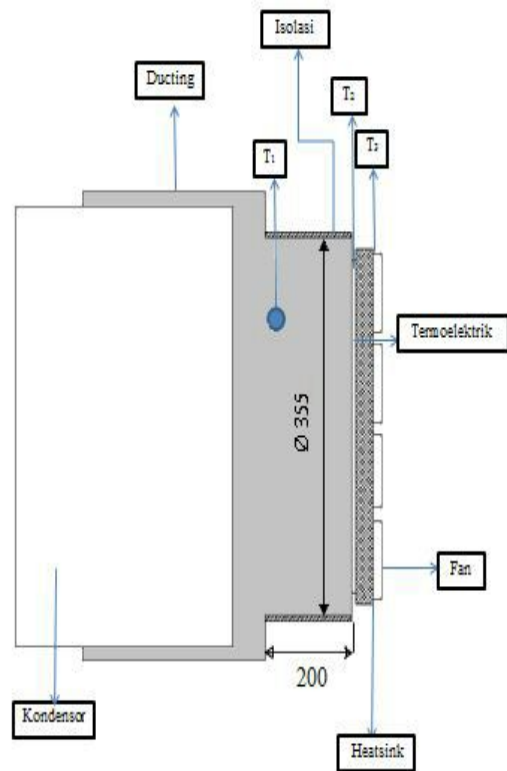
*Juction terminal* berfungsi untuk menghubungkan beberapa termoelektrik yang digunakan pada ducting kondensor menjadi rangkaian seri (lihat gambar 6 dan 7).



Gambar 6 Eksperimental set-up alat uji ducting 100 mm

*Cylinder ducting* 100 mm dan 200 mm dilapisi dengan rockwool dan glasswool tebal 4 mm secara menyeluruh. *Air Conditioner* yang telah terdapat *ducting* kondensor dinyalakan dengan temperatur 16°C. Temperatur pada awal silinder didalam *ducting* 200 mm diukur menggunakan termometer digital ketika kondensor telah mulai mengeluarkan udara panasnya.

Temperatur awal *cylinder* mencapai temperatur maksimal. Temperatur pada *covercylinder* dan *heatsink* diukur dengan termometer digital ketika temperatur awal silinder telah maksimal kemudian mencatat hasil perubahan temperatur tersebut. Tegangan dan arus diukur dari rangkaian seri secara bertahap dari modul generator termoelektrik (TEG) 1 hingga 14. Hasil tegangan dan arus didapatkan dari temperatur maksimal.



Gambar 7 Eksperimental set-up alat uji ducting 200 mm

Keterangan

- T1 = Temperatur awal didalam *ducting* (°C)
- T2 = Temperatur *cover casing cylinder* (°C)
- T3 = Temperatur *heatsink* (°C)

Analisis rangkaian yang dibahas adalah peralihan energi yang timbul sebagai akibat terdapatnya tegangan atau beda potensial listrik dan arus listrik pada rangkaian. Tegangan dan arus dalam rangkaian tersebut dapat diperoleh besarnya daya yang listrik.

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

Suatu rangkaian tidak selalu diketahui besarnya tegangan yang mengalir, oleh karena itu bila dalam suatu rangkaian diketahui besarnya hambatan dan arus listrik yang terdapat di dalam rangkaian, maka dapat diperoleh tegangan dengan menggunakan persamaan (2).

$$V = I \times R \quad (2)$$

Dimana :

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

R = Resistor/Hambatan (Ohm)

Rangkaian seri merupakan suatu rangkaian listrik yang disusun sejajar. Cara kerja rangkaian seri adalah membagi arus yang dihasilkan komponen lain. Apabila terdapat 3 buah rangkaian yang dirangkai secara seri, maka tegangan yang dihasilkan dari satu buah rangkaian akan memberikan sisa tegangan yang dihasilkan sehingga proses ini memungkinkan dapat mengurangi pemakaian tegangan.

Kelebihan dari rangkaian seri adalah memiliki lebih banyak menghemat daya yang dikeluarkan pada baterai, pembuatan atau pengerjaan yang singkat dan tidak memerlukan banyak penghubung pada penyambung jalur.

Resistor (Hambatan)

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots R_n \quad (3)$$

Arus Listrik

$$I_t = I_1 + I_2 + \dots I_n \quad (4)$$

Tegangan Listrik

$$V_{ts} = V_1 + V_2 + \dots V_n \quad (5)$$

Dimana :

$R_s$  = Hambatan total rangkaian seri (Ohm)

$I_t$  = Arus total yang mengalir pada rangkaian seri (Ampere)

$V_{ts}$  = Tegangan total rangkaian seri (Volt)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengujian berupa temperatur dalam celcius, tegangan dan arus listrik yang mengalir dengan menggunakan multimeter. Temperatur dibedakan menjadi tiga jenis yaitu temperatur awal, temperatur penampang termoelektrik dan temperatur *heatsink*. Temperatur awal adalah temperatur yang diukur pada posisi udara awal keluar dari kondensor. Temperatur penampang adalah temperatur yang terdapat pada penampang termoelektrik yang didapat

dari hasil perambatan panas melalui *ducting* kondensor, dan temperatur *heatsink* adalah temperatur pendingin dari sisi dingin termoelektrik.

Tegangan dan arus listrik didapat dari multimeter, data tegangan dan arus diukur dari setiap masing-masing termoelektrik sampai dibuat menjadi rangkaian listrik seri dari 14 buah termoelektrik. Pengambilan data temperatur ini berguna untuk mengetahui perbedaan temperatur dari  $T_2$  dan  $T_3$ . Perbedaan temperatur dari  $T_2$  dan  $T_3$  adalah temperatur yang diterima oleh termoelektrik. Data temperatur didapat dari pengamatan pada termometer digital yang diletakkan pada *ducting* kondensor.

Pengamatan dilakukan ketika AC dihidupkan dan diatur dengan tingkat temperatur dingin ruang sebesar  $16^\circ\text{C}$ . Temperatur ruang dengan tingkat pengatur sebesar  $16^\circ\text{C}$  merupakan tingkat kerja kondensor yang paling tinggi, Pengamatan temperatur ini berguna untuk mengetahui perbedaan temperatur yang mengenai termoelektrik, sehingga diketahui perbedaan temperatur atau  $\Delta T$  yang mempengaruhi termoelektrik untuk bekerja. Waktu pelaksanaan pengambilan data dilakukan pada pukul 12.00 WIB (lihat tabel 1).

**Tabel 1** Temperatur *ducting* dengan insulasi *rockwool* dan *glasswool* panjang 100 mm dan tebal 4 mm

Bahan	T1 ( $^\circ\text{C}$ )	T2 ( $^\circ\text{C}$ )	T3 ( $^\circ\text{C}$ )
Insulasi			
<i>Rockwool</i>	71	57	36
<i>Glasswool</i>	67.2	55.3	35

Keterangan:

T1 = Temperatur awal kondensor ( $^\circ\text{C}$ )

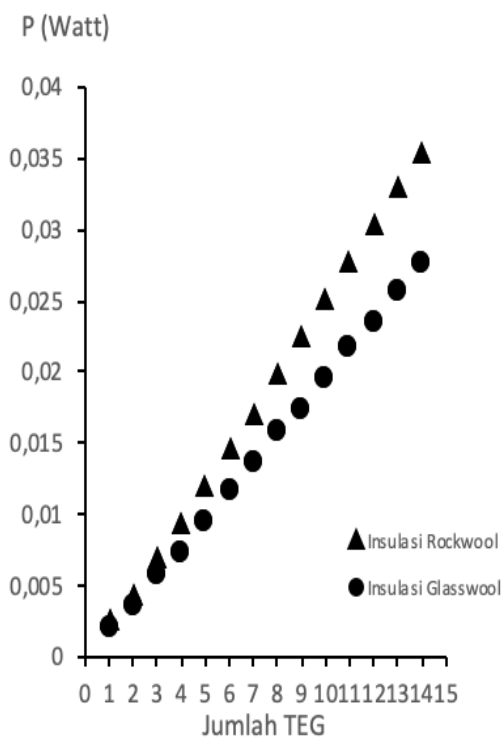
T2 = Temperatur penampang termoelektrik ( $^\circ\text{C}$ )

T3 = Temperatur *heatsink* ( $^\circ\text{C}$ )

Data pengujian ini didapat dari perbedaan temperatur yang terjadi dari  $T_2$  dan  $T_3$ . Temperatur  $T_3$  diperoleh menggunakan *heatsink* yang didinginkan menggunakan kipas arus ac agar terjaga kestabilan temperaturnya. Besarnya perbedaan temperatur ini yang akan diterima oleh termoelektrik untuk dikonversikan menjadi energi listrik. Perbedaan temperatur menyebabkan perbedaan potensial didalam termoelektrik (lihat tabel 2).

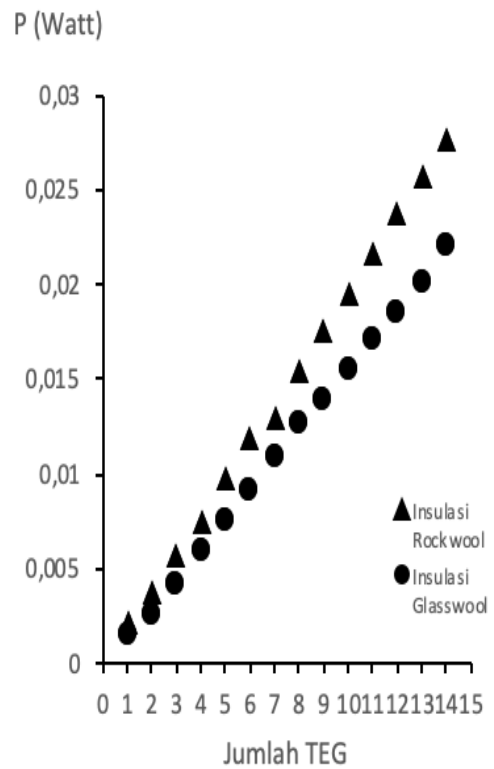
**Tabel 2** Temperatur *ducting* dengan insulasi *rockwool* dan *glasswool* panjang 200 mm dan tebal 4 mm

Bahan Insulasi	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)
<i>Rockwool</i>	63.4	53.5	38.7
<i>Glasswool</i>	63.3	53.7	35



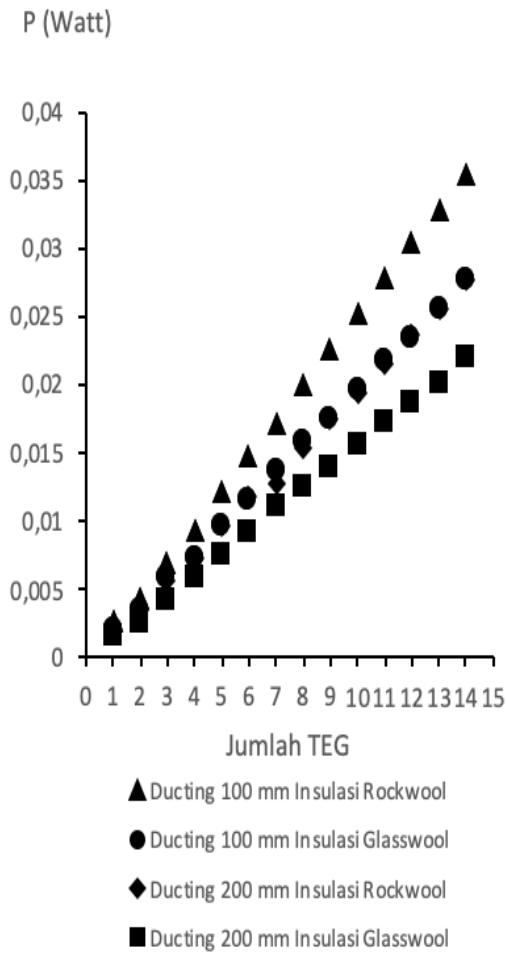
**Gambar 8** Grafik hubungan antara jumlah generator termoelektrik (TEG) terhadap Daya (P) listrik yang dihasilkan dari panas kondensator pada *ducting* 100 mm dengan insulasi *rockwool* dan *glasswool*

Dapat dilihat pada gambar 8 material *rockwool* dapat menahan panas lebih baik, hingga daya listrik kurang lebih 0,035 Watt. Sebaliknya material *glasswool* yang mana dapat menahan hingga daya listrik kurang lebih 0,027 Watt. Perubahan terjadi dengan jumlah TEG sebanyak 3 modul. Pada jumlah modul TEG 4 modul, perbedaan kemampuan meredam panas mulai terlihat dengan sangat jelas.



**Gambar 9** Grafik hubungan antara jumlah generator termoelektrik (TEG) terhadap Daya (P) listrik yang dihasilkan dari panas kondensator pada *ducting* 200 mm dengan insulasi *rockwool* dan *glasswool*

Pada gambar 9, dengan *ducting* ukuran 200 mm, material *rockwool* dapat menahan panas lebih baik, hingga daya listrik kurang lebih 0,027 Watt. Sebaliknya material *glasswool* masih dibawahnya, perbedaan yang mencolok ada pada jumlah modul TEG sebanyak 2 modul. Perbedaan jelas pada jumlah modul TEG sebanyak 3 modul. Ada terjadi *error* data pada modul TEG dengan jumlah 4 dan 7 modul, hal ini terjadi karena perubahan suhu ruang yang tiba-tiba. Sehingga menyebabkan data *error*.



**Gambar 10** Grafik hubungan antara jumlah generator termoelektrik (TEG) terhadap Daya (P) listrik yang dihasilkan dari panas kondensor pada ducting 100 mm dan 200 mm dengan insulasi *rockwool* dan *glasswool*

Pada gambar 10 menunjukkan hubungan antara jumlah generator termoelektrik (TEG) terhadap Daya (P) listrik yang dihasilkan dari panas kondensor pada ducting 100 mm dan 200 mm dengan insulasi *rockwool* dan *glasswool*. Pada ducting 100 mm dengan insulasi *glasswool* memiliki kesamaan data dengan ducting 200 mm dengan insulasi *rockwool*. Hal ini membuktikan bahwa dengan parameter tersebut memiliki hasil atau kemampuan yang sama.

Berdasarkan grafik pada gambar 8, 9 dan 10 dapat disimpulkan bahwa bahan insulasi *rockwool* dapat menahan panas lebih tinggi daripada bahan *glasswool* sehingga

daya listrik yang dihasilkan dari panas kondensor pada ducting yang dilapisi bahan insulasi *rockwool* lebih besar daripada *glasswool*. Panas kondensor yang dikumpulkan pada ducting dengan panjang 100 mm menghasilkan daya listrik lebih besar daripada 200 mm.

#### 4. SIMPULAN

Panas yang dihasilkan dari kerja kondensor *air conditioner* dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik dengan mengkonversikan energi termal ke energi listrik. Semakin panjang ukuran ducting yang digunakan untuk mengumpulkan panas kondensor maka semakin kecil rendah daya listrik rata-rata yang dihasilkan. Ducting yang dilapisi bahan insulasi *rockwool* dapat menghasilkan daya listrik yang lebih besar daripada *glasswool*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Daubert, T.E, Chemical Engineering Thermodynamics.1985. International Edition, Singapore: Mc-Graww Hill, Inc.
- Holman, J.P.1986. Heat Transfer Sixth Edition, Mcgraw-Hill, Inc. New York.
- Stocker. WR, 1987, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Sadik Kakaç, 1991, *Boilers, Evaporators, and Condensers*, Manchester, John Wiley & Sons.
- Kreith. Frank. 2010. Manglik. Raj,Mark Bohn, *Principles of Heat Transfer*, Paris, Cengage Learning.
- Ryanuargo, Anwar Syaiful dan Sri Poernomo Sari.2013. Generator Mini Dengan Prinsip Termoelektrik Dari Uap Panas Kondensor Pada Sistem Pendingin. Jurnal Rekayasa Elektrika, Universitas Syiah Kuala. Volume 10, No: 4.
- Sri Poernomo Sari, Pujang Setia, Trivani Achirudin, Bambang Suryawan. 2015. Kajian Eksperimental Pemanfaatan Panas Buang Kondensor Air Conditioning Sebagai Alternatif Penghasil Energi Listrik dengan Bantuan Generator Listrik dengan Bantuan Generator Listrik Termoelektrik. Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan VI-2015. ISSN 2338-414X, Nomor 1/Volume 3/Juli2015. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.11-12 Juni 2015.

Sri Poernomo Sari, Trivani Achirudin, Irdiyansyah. 2016. Kajian Awal Analisis Kalor Buang Kondensor Pendingin Ruangan Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif. Jurnal Energi dan Manufaktur. Vol 9 No 2, Oktober 2016 .ISSN 2302 - 5255. Universitas Udayana, Bali.



