ISSN cetak 2745-925X
ISSN online 2722-273X

JESSI Volume 4 Nomor 2 November 2023

Optimisasi Sumber Energi Listrik dari Mesin Pengering Rak Telur Menggunakan Modul Termoelektrik Generator

[1]Sudarmanto Jayanegara,[2*]Dary Mochamad Rifqie, [3]Samnur, [4]Akmal Hidayat, [5]Muhammad Hasim S

[1]sudarmanto@unm.ac.id,[2*]dary.mochamad.rifqie@unm.ac.id, [3]samnur@unm.ac.id, [4]akmal.hidayat@unm.ac.id, [5]hasimapache@unm.ac.id

[1,3,5]Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar
[2]Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar
[4]Jurusan Pendidikan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar

Received : 4 Oktober 2023
Accepted : 15 November 2023
Published : 20 November 2023

Abstract

Abstract: Energi listrik ialah energi yang kompleks diubah bentuk ke energi yang lain. Energi listrik sangat dibutuhkan oleh manusia untuk membantu pekerjaannya. Energi listrik ini dapat dihasilkan dari konversi energi panas. Energi Panas ini dihasilkan dari plat permukaan cerobong mesin pengering rak telur. Energi panas tersebut diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan konsep efek seebeck. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakter dari modul TEG sebagai sumber energi listrik dalam memanfaatkan panas pada dinding cerobong suatu mesin pengering rak telur yang menggunakan sekam padi sebagai bahan bakar tungku mesin. Pengujian dilakukan dengan cara memanfaatkan panas cerobong bawah yang terpisah oleh sebuah Heat Excanger (HE) dengan kecepatan blower tungku pembakaran 2600 rpm dan kecepatan blower lingkungan 2800 rpm dengan jumlh termoelektrik yang digunakan sebanyak 36 buah. Hasilnya menunjukkan bahwa modul TEG pada cerobong bawah diperoleh perbedaan temperatur (ΔT), perbedaan tegangan (ΔV) dan daya (P) masing-masing ΔT 73.25 °C ; ΔV 12.26 Volt ; P 1.312 Watt

Keywords: karakterisasi, TEG, perbedaan temperatur, perbedaan tegangan, pengering rak telur

Abstract: Electrical energy is complex energy that can be converted into other forms of energy. Humans really need electrical energy to help them with their work. This electrical energy can be produced from the conversion of heat energy. This heat energy is produced from the surface plate of the egg rack drying machine chimney. The heat energy is converted into electrical energy using the concept of the Seebeck effect. This research was conducted to determine the character of the TEG module as a source of electrical energy in utilizing heat in the chimney wall of an egg rack drying machine that uses rice husks as fuel for the machine's furnace. The test was carried out by utilizing separate lower chimney heat by a Heat Excanger (HE) with a furnace blower speed of 2600 rpm and an environmental blower speed of 2800 rpm with a total of 36 thermoelectrics used. The results show that the TEG module in the lower chimney obtained a temperature difference (ΔT), voltage difference (ΔV) and power (P) of ΔT 73.25 °C respectively; ΔV 12.26 Volt ; P 1,312 Watt.

Keywords: characterization, TEG, temperature difference, voltage difference, egg rack dryer

ISSN cetak 2745-925X
ISSN online 2722-273X

JESSI Volume 4 Nomor 2 November 2023

1. Pendahuluan

Saat ini, energi listrik adalah salah satu kebutuhan yang tidak dapat tergantikan bagi manusia. Tidak peduli bagaimana energi listrik itu didapatkan untuk membantu semua pekerjaannya. Di Indonesia, sebagian besar produksi listrik bergantung pada bahan baku energi fosil seperti gas alam, batu bara, dan minyak bumi sebagai bahan baku utamanya. Namun, energi fosil adalah energi yang tidak terbarukan dan akan habis **[1]**. Untuk minyak bumi diperkirakan akan habis pada akhir abad 21 dan batubara diperkirakan akan habis dalam waktu kurang lebih 200 hingga 300 tahun akan datang **[2,3]**. Olehnya itu, pemerintah Indonesia melalui Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral mengeluarkan regulasi untuk pemanfaatan energi baru terbarukan untuk mengantisipasi hal tersebut **[4]**.

Sampai dengan akhir tahun 2020 kapasitas terpasang pembangkit listrik di Indonesia mencapai 72.750,72 MW yang terdiri dari pembangkit PLN sebesar 43.186,53 MW dan Non Pln sebesar 29.564 MW. Dibandingkan dengan tahun 2019 sebesar 69.678,85 MW maka mengalami peningkatan sebesar 3,071.87 MW dari kapasitas terpasang pembangkit listrik **[5]**.

Pada akhir tahun 2021 kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik di Indonesia mencapai 74.532,94 MW yang terdiri dari pembangkit PLN sebesar 43.562,51 MW dan Non PLN sebesar 30.970,43 MW. Dibandingkan dengan tahun 2020 sebesar 72.750,72 MW, maka kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik mengalami kenaikan sebesar 1782,22 MW **[6]**.

Pada akhir Desember 2022, total kapasitas terpasang dan jumlah unit pembangkit PLN (Holding dan Anak Perusahaan) mencapai 44.939,88 MW dan 6.314 unit, dengan 31.328,92 MW (69,71%) berada di Jawa. Total kapasitas terpasang mengalami peningkatan sebesar 1,07% dibandingkan dengan akhir Desember 2021. Presentase kapasitas terpasang per jenis pembangkit sebagai berikut : PLTU 20.418,50 MW (29,57%), PLTGU 11.764,85 MW (17,04%), PLTD 3.564,63 MW (5,16%), PLTMG 2.189,23 MW (3,17%), PLTA 3.516,51 MW (5,09%), PLTM dan PLTMH 80,47 (0,12%), PLTG 2.796,82 MW (4,05%), PLTP 579,26 MW (0,84%), PLT Surya, PLT Bayu dan PLT Biomass 29,61 MW (0,04%) **[7]**.

Dari beberapa data diatas untuk 3 tahun terakhir maka disimpulkan bahwa kebutuhan komsumen dalam pemakaian energi listrik semakin meningkat. Hal ini mendorong para peneliti untuk lebih maksimal dalam memanfaatkan sumber energi alam yang dapat di konversikan ke energi listrik.

Beberapa sumber energi terbarukan dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Yang pertama adalah pembangkit listrik dengan kapasitas makro seperti memanfaatkan air, uap, gas, dan nuklir. Sedangkan yang ke dua adalah pembangkit listrik dengan kapasitas mikro seperti dalam pemanfaatan energi panas **[8]**. Energi panas ini berasal dari sinar matahari dan benda-benda yang melepaskan panas seperti setrika, knalpot kendaraan bermotor, mesin pengering raak telur dan lain sebagaianya. Pembangkit listrik ini hanya berkapasitas mikro, tetapi jika digunakan secara maksimal dalam jangka panjang, pembangkit listrik berkapasitas makro akan menghasilkan lebih sedikit listrik. Untuk tujuan ini, pembangkit listrik berkapasitas makro hanya harus digunakan untuk kebutuhan listrik berdaya besar, sedangkan pembangkit listrik berkapasitas mikro dapat digunakan untuk kebutuhan listrik berdaya kecil seperti penerangan lampu.

Dari penjelasan diatas maka peniliti bertujuan memanfaatkan energi panas yang kata lain energi berkapasitas mikro. Dalam kasus ini, peneliti memanfaatkan energi panas yaang terbuang dari permukaan plat cerobong mesing pengering rak telur. Mesin ini tidak hanya digunakan sebagai pengering tetapi juga dapat digunakan sebagai sumber energi listrik dengan mengubah energi panas yang terbuang menjadi energi listrik .

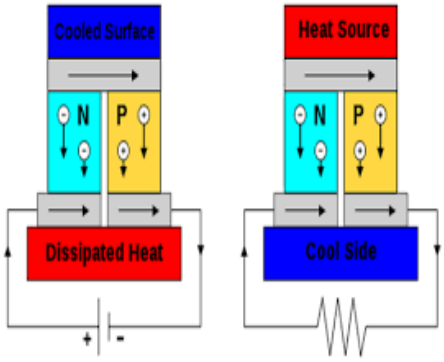
Energi panas ini diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan alat konversi yaitu termoelektrik generator. Teknologi Termoelektrik merupakan salah satu sumber energi alternatif dalam menangulangi krisis energi dari tahun ketahun **[9]**.Teknologi ini merupakan teknologi *solid state* yang tidak bergerak dan ramah lingkungan **[10,11]**. Termoelektrik Generator (TEG) merupakan jenis pembangkit listrik yang didasarkan pada prinsip efek seebeck yang pertama kali ditemukan oleh ilmuwan Thomas Johan pada tahun 1821 **[12-14].**

Efek Seebeck mengatakan bahwa dua material logam (biasanya semikonduktor) yang saling terhubung di suatu lingkungan dengan temperatur yang berbeda akan menghasilkan gaya gerak lisrik

ISSN cetak 2745-925X
ISSN online 2722-273X

JESSI Volume 4 Nomor 2 November 2023

atau perbedaan tegangan jika material tersebut berada di sana **[15]**. Pada gambar 1, semikonduktor tipe n menghasilkan potensial negatif pada sisi dingin dan potensial positif pada sisi panas, sehingga elektron bergerak dari potensial positif ke negatif. Semikonduktor tipe p sebaliknya menghasilkan potensial positif pada sisi panas. Tegangan yang dihasilkan sebanding dengan suhu yang berbeda di antara dua material. Jumlah tegangan yang dihasilkan berkorelasi positif dengan perbedaan suhu **[16]**.



Gambar 1 Mekanisme efeck seebeck

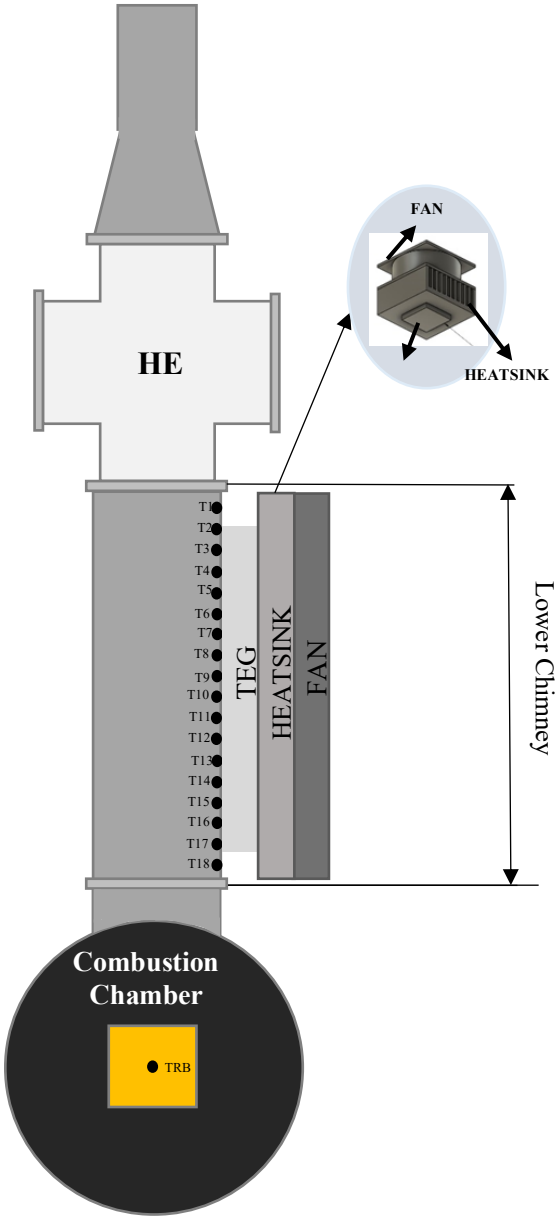
2. Metode

Dalam penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan panas buangan pada permukaan cerobong. Dimana cerobong tersebut ialah cerobong bagian bawah yang terletak diantara *heat excanger* dengan tungku pembakaran.(lihat Gambar 2).

Pada gambar 2 dibawah ini merupakan desain peralatan pengujian dimana titik pengambilan sampel terdapat pada cerobong bawah. Pelat aluminium dengan tebal 3 mm ditempatkan pada cerobong bawah sebagai dudukan modul TEG yang berfungsi memanfaatkan panas terbuang untuk menghasilkan listrik. Dalam pengujian ini, digunakan 36 modul TEG untuk cerobong bawah yang dipasang secara menyebar dengan rangkaian seri listrik (lihat gambar 3). Heatsink berfungsi sebagai alat untuk melepaskan panas dari sisi panas, selanjutnya untuk sisi pendinginan menggunakan alat kipas (FAN) dipasang diatas modul TEG dan heatsink yang berfungsi untuk membuang panas pada sisi dingin agar perbedaan temperatur bisa lebih maksimal.

Modul TEG yang disusun secara seri listrik yang kemudian kabel luaranya disambungkan dengan multimeter digital untuk mengukur tegangan listrik yang dihasilkan. Sedangkan untuk menjalankan FAN (Kipas) menggunakan power supply 12 DC.

Dalam penyusunan modul TEG di dudukan aluminium menggunakan pasta sebagai bantuan untuk menghasilkan perbedaan temperatur yang maksimal.



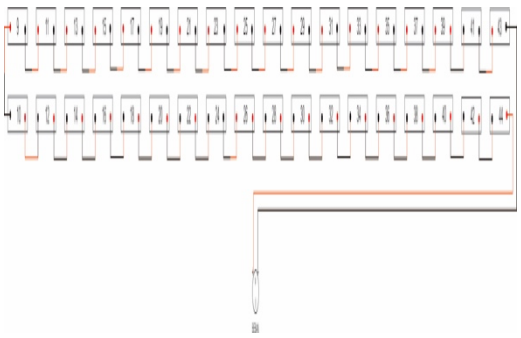
Gambar 2 Desain pelatan uji

Keterangan :

- Titik pengukuran temperatur ruang bakar (TRB)
- Titik pengukuran temperatur cerobong bawah (T_1 s/d T_{18})

ISSN cetak 2745-925X
ISSN online 2722-273X

JESSI Volume 4 Nomor 2 November 2023



Gambar 3 Rangkaian seri listrik cerobong bawah

Tegangan keluaran dari modul TEG diukur menggunakan multimeter setelah beberapa saat mendapatkan aliran panas dari pelat aluminium. Pengukuran temperatur sisi panas (Th), sisi dingin (Tc) dan tegangan (ΔV) dari modul TEG dilakukan dengan selang waktu 5 menit selama 120 menit (Proses pembakaran) dan selanjutnya dilakukan pegukuran dengan selang waktu 5 menit selama 60 menit (Proses tanpa pembakaran). Data yang diperoleh kemudian dicatat dalam tabel pengamatan.

Tegangan yang dihasilkan dari modul termoelektrik akibat adanya perbedaan temperatur akan menimbulkan arus listrik. Persamaan arus lsitrik dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut **[17,18]**:

$$I = \frac{\propto \Delta T}{R_i + R_L} = \frac{\propto (T_h - T_c)}{R_i + R_L} \quad (1)$$

Dimana:
I = Arus listrik pada rangkaian (A)
R_l = Tahanan internal modul termoelektrik (Ω)
R_L = Tahanan eksternal (Ω)
$\Delta T = T_h - T_c$
$\propto = \frac{\Delta V}{(\Delta T)}$

Sementara laju perpindahan panas (Q_h) dari sumber panas pada permukaan sisi panas (T_h) ke permukaan sisi dingin (T_c) adalah sebagai berikut **[19]**:

$$Q_h = (\propto I\, T_h) + k(T_h - T_c) \quad (2)$$

Dimana k adalah konduktivitas termal modul $(W/m\,°C)$.

Daya output (P) yang dihasilkan untuk melawan beban eksternal **[19]** dan efisiensi (η) Generator Termoelektrik adalah sebagai berikut **[21].**

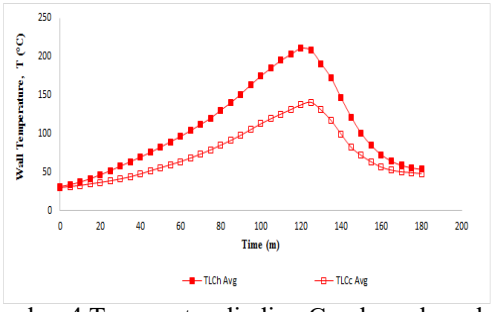
$$P = I^2 R_L \quad (3)$$

$$\eta = \frac{P}{Q_h} \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Grafik Sejarah Temperatur Panas dan Temperatur Dingin

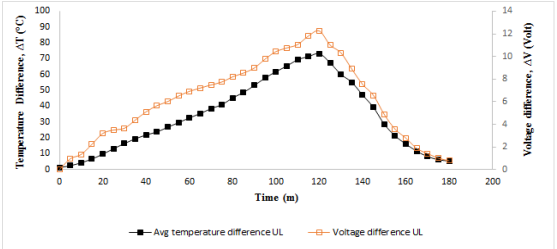
Gambar 4 menunjukkan sejarah temperatur rata rata sisi panas dan temperatur rata-rata sisi dingin pada cerobong bawah yang mengalami kenaikan sejak menit awal pembakaran sampai pada menit ke 120 (akhir proses pembakaran) dengan nilai masing-masing berturut-turut 210.92°C (TCBh rata-rata), 137.67°C (TCBc rata-rata). Selanjutnya mengalami penurunan hingga mendekati temperatur lingkungan di menit ke 180. Hal ini disebabkan karena proses pembakarannya terjadi secara kontinyu terhadap waktu hingga bahan bakar (sekam padi) habis.



Gambar 4 Temperatur dinding Cerobong bawah

3.2 Grafik beda temperatur rata-rata dan beda tegangan

Pada gambar 5 terlihat jika beda temperatur rata-rata pada cerobong bawah yang mencapai puncaknya pada menit ke 120 dengan nilai yaitu 73.25°C untuk CB. Sementara tegangan dengan yaitu 12.26 Volt untuk CB. Perbedaan tegangan yang diperoleh seiring dengan beda temperatur pada setiap cerobong terjadinya peningkatan.



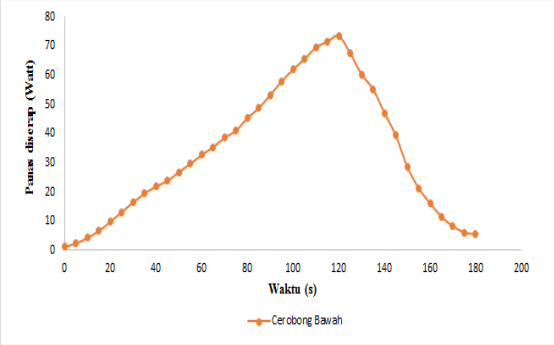
Gambar 5 Grafik beda temperatur dan beda tegangan

ISSN cetak 2745-925X
ISSN online 2722-273X

JESSI Volume 4 Nomor 2 November 2023

3.3 Grafik panas yang diserap

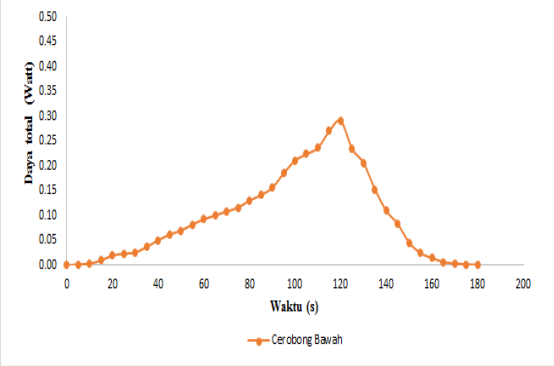
Gambar 7 menunjukkan panas yang diserap pada cerobong bawah untuk modul TEG yang mengalami kenaikan sejak menit awal pembakaran sampai pada menit ke 120 dengan nilai 293.66 Watt untuk CB. Selanjutnya mengalami penurunan di menit ke 180. Hal ini juga dipengaruhi oleh konduktivitas thermal dari suatu pelat aluminium dan perpindahan panas.



Gambar 7 QH pada cerobong bawah

3.4 Grafik Daya Listrik

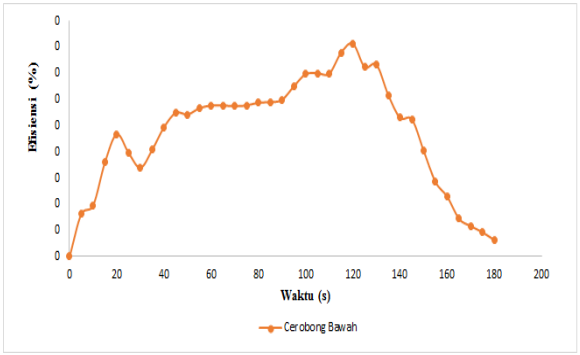
Pada gambar 8 terlihat jika daya yang dihasilkan pada cerobong bawah yang mencapai puncaknya pada menit ke 120 dengan nilai 1.312 Watt untuk CB. Selanjutnya mengalami penurunan di menit ke 180 sampai daya total tidak dapat dihasilkan lagi.



Gambar 8 Daya listrik (Pl) pada cerobong bawah

3.4 Grafik Efisiensi modul TEG

Gambar 9 menunjukkan bahwa efisiensi pada cerobong atas dan cerobong bawah memiliki nilai puncak 0.45 %. Nilai efisinesi ini masih relatif kecil. Hal ini disebabkan karena TEG yang digunakan kualitasnya rendah (*N0n-Branded*).



Gambar 9 Efisiensi cerobong bawah

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan 36 modul TEG cerobong bawah yang disusun secara seri dapat menghasilkan tegangan keluaran dengan perbedaan temperatur maksimum masing-masing ΔV 12.26 Volt ; ΔT 73.25 °C untuk cerobong bawah. Potensi daya yang dapat dihasilkan adalah 1.312 W (CB). Penelitian ini sangat baik dan efektif sebagai prospek kedepan untuk membantu penghematan dan penggunaan energi lisrik kedepannya.

4.2 Saran

Jika dilakukan peneltian selanjutnya diharapkan ketika pemasangan termoelektrik ke dudukan diupayakan harus rapat agar tidak ada temperatur yang terbuang ke lingkungan dan sebaiknya menggunakan termoelektrik yang tahan dengan suhu panas yang memiliki ketahanan diatas 400 °C.

Daftar Pustaka

[1] Pudjanarsa, Astu dan Nursuhud, Djati. 2008. “Mesin Konversi Energi”. Yogyakarta. Edis ke-2, Penerbit ANDI.

[2] Pusat data dan informasi energi dan sumber daya mineral. 2012. “Kajian Indonesian Energy Outlook”. Penerbit: Kementerian energi dan sumber daya alam.

[3] Pusat data dan teknologi informasi energi dan sumber daya mineral. 2017. “ Kajian Penyediaan dan pemanfaatan Migas, Batubara, EBT dan Listrik “. ISBN : 978-602-0836-26-3.

[4] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2021. “ Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2021 : Peberapan

Standar Kinerja Energi Minimun untuk Pemanfaatan Energi".

[5] Kementerian ESDM. 2020. " Statistik Ketenagalistrikan tahun 2020". Edisi No.34 Tahun anggaran 2021.

[6] Kementerian ESDM. 2021. " Statistik Ketenagalistrikan tahun 2021". Edisi No.35 Tahun anggaran 2022.

[7] Sekretariat Perusahaan PT. PLN. 2022. "Statistik PLN 2022". ISSN : 0852 – 8179.

[8] Suryanto Nugrah, Azridjal Aziz, Rahmat Imam Mainil. 2017. " Pengujian Thermoelektric Generator (TEG) Dengan Sumber Kalor Elctric Heater 60 Volt Menggunakan Air Pendingin Pada Temperatur Lingkungan. Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Uniersitas RiauJom FTEKNIK Volume 4 No. 2.

[9] Prasetyo. Yuli, dkk. 2019. " Karakteristik Termoelektrik TEC Bervariasi Tipe Dengan Variasi Pembebanan Resistor. Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM) Vol. 02, No. 0, Bulan Juni Tahun 2019, hal 36 – 41.

[10] Pradana. Muhammad Ady dan Mahendra Widyartono. 2020. "Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan dan Seng. Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Jurnal Teknik lektro Volume 09 Nomor 02 Tahun 2020 Hal.251-258.

[11] Khoiriyah. Khilyatul, dkk. 2018. "Rancang Bangun Dan Karakteristik Generator Termoelektrik Dengan Menggunkan Energi Panas Sinar Matahari ". Prosiding Seminar Nasional Fisika (SINAFI) 2018 ISBN: 978-602-74598-2-3.

[12] Ilham. Muhammad, Rizki, Moch. Arif Nurdin, Septia Eka Marsha Putra, Hanani, Robbi Hidayat. 2013."Modul 3 Termoelektrik". Program Studi Fisika, ITB, Indonesia.

[13] R.Abrar, M. Ridha Fauzi, Budi Istana. 2014. " Optimasi Pemanfaatan Panas Buang Pada Tungku Gasifikasi Biomasa Sebagai Penghasil Listrik ". Fakultas Teknik Universitas Riau. Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTI) 2 2014. ISSN: 2339-028X

[14] Klara. Sherly dan Sutrisno. 2016. " Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik ". Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK) Volume 14, No. 1, Januari – Juni 2016.

[15] Simatupang.Hendro.2019."Karakteristik Termoelektrik Untuk Pemangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Pendingin Air ".Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains Dan Teknologi. Yogyakarta.

[16] Sugiyanti dan Soeadgihardjo Siswantoro. 2014. " Pemanfaatan Panas Pada Kompor Gas LPG Untuk Pembgkitan Energi Listrik Menggunakan Generator Thermoelektrik ". Program Diploma Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM. Jurnal Teknologi, Voume 7 No. 2, Desember 2014, 100 – 105.

[17] Min. G & D.M. Roe, 1994, "Handbook of Thermoelectric, Peltier devices as generator", CRC Press LLC, Florida

[18] Min. G & D.M. Roe, 1994, "Handbook of Thermoelectric, Peltier devices as generator", CRC Press LLC, Florida

[19] H.J. Goldsmid. Introduction to thermoelectricity, Springer Series in Material Science 121, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.

[20] Nandy Putra, Wayan Nata Septiadi, Haolia Rahman, Ridho Irwansyah, Thermal performance of screen mesh wick heat pipes with nanofluids, Thermal and Fluid Science 40 (2012) 10-17.

[21] Rosari Saleha, Nandy Putra, Suhendro Purbo Prakoso, Wayan Nata Septiadi, Experimental investigation of thermal conductivity and heat pipe thermal performance of ZnO nanofluids, International Journal of Thermal Sciences, Volume 63, January 2013, Pages 125-132.