

Pengaruh Variasi Jarak Letak Termoelektrik dengan Ruang Pemanas dan Ruang Pendingin terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Termoelektrik

Andry Wibowo^{1*}, Adhes Gamayel², Sinta Restuasih³

^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta
Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta
Email: *¹ andrywibowo@student.jgu.ac.id, ²adhes@jgu.ac.id, ³Sinta@jgu.ac.id

Abstrak

Termoelektrik merupakan media pengubah energi panas menjadi energi listrik yang bekerja dengan metode efek *Seebeck*. Fenomena efek *Seebeck* yang terjadi disebabkan perbedaan temperatur panas dan temperatur dingin yang terjadi pada mengenai sisi panas – sisi dingin termoelektrik yang mampu menghasilkan tegangan listrik. Nilai perbedaan temperatur mempengaruhi besaran tegangan listrik yang dihasilkan termoelektrik. Proses kerja yang terjadi pada termoelektrik yang digunakan sebagai generator listrik. Penelitian yang bertujuan untuk menguji termoelektrik dengan metode tiga macam jarak letak termoelektrik yang disimbolkan dengan notasi A, notasi B, dan notasi C menggunakan tipe termoelektrik SP1848-27145 SA berjumlah 10 unit dengan rangkaian seri. Pengujian dengan menggunakan sumber panas dari nyala api spiritus dan es batu untuk pendinginan pada kompor burner media pengujian. Ruang termoelektrik yang terletak ditengah antara ruang pemanas dan ruang pendingin dengan terdapat tiga sekat macam jarak letak termoelektrik, termoelektrik dilapisi dengan susunan plat stainless steel bagian bawah dan atas. Hasil pengujian yang dilakukan dengan durasi waktu 180 detik menunjukkan tegangan maksimal sebesar 3850 mV, amper maksimal sebesar 2,130 mA, daya listrik maksimal sebesar 8,201 W, dan beda suhu maksimal sebesar 100,9 °C yang dicapai pada pengujian notasi A.

Kata Kunci: Arus Listrik, Tegangan Listrik, Perbedaan Suhu, Efek *Seebeck*, Dan Termoelektrik.

Abstract

Thermoelectric is a medium that converts heat energy into electrical energy that works with the Seebeck effect method. The phenomenon of the Seebeck that occurs is due to the difference in hot and cold temperatures that occur on the thermoelectric sides which are capable of producing an electric voltage. The value of the temperature difference affects the amount of electric voltage produced by the thermoelectric. The work process that occurs in the thermoelectric which is used as an electric generator. The research that aims to test the thermoelectric with the method of three kinds of thermoelectric distance is symbolized by the notation A, notation B, and notation C using the thermoelectric type SP1848-27145 SA totaling 10 units with a series circuit. Tests using a heat source from the flame of spiritus and ice cubes for cooling on the burner stove of the test media. The thermoelectric room is located in the middle between the heating room and the cooling room with three different types of insulation, the thermoelectric is lined with a thick top and bottom stainless steel plate arrangement. The results of the tests carried out with a duration of 180 seconds showed a maximum voltage of 3850 mV, a maximum amperage of 2,130 mA, a maximum electric power of 8,201 W, and a maximum temperature difference of 100.9 °C which was achieved in the test notation A.

Keywords: Electric Current, Electrical Voltage, Temperature Difference, Seebeck Effect, And Thermoelectricity.

PENDAHULUAN

Industri rumahan yang menggunakan pengoperasian mesin bakar, kompor bahan bakar, menyisakan panas buangan pembakaran yang tidak terpakai terbuang mampu dimanfaatkan menjadi listrik. Pemanfaatan panas buangan menjadi suatu langkah mengantisipasi habisnya batu bara suatu hari. Pelepasan panas pada saluran gas buang exhaust, panas buangan boiler, dan panas bodi mesin merupakan energi yang terbuang dari sisa-sisa proses reaksi pembakaran bahan bakar yang dapat didaur ulang menjadi energi listrik. Salah satunya sektor transportasi yang menyumbang gas buangan sebesar 35% - 40% yang berasal dari kendaraan motor (Putra *et al.*, 2009; Hiendro & Suryadi, 2019). Pada lingkup industri panas buangan dari proses kerja mesin maupun pembakaran yang belum termanfaatkan dengan baik. Perbedaan suhu yang mengeluarkan gelombang akustik yang mampu dikoversikan menjadi energi listrik (Anugrah *et al.*, 2018; Ubaidillah *et al.*, 2012).

Beberapa peneliti terkait termoelektrik dengan metode efek *Seebeck* memanfaatkan gas buangan dari kendaraan bermotor. Gas buangan kisaran 200 °C sampai 300 °C dan suhu temperatur kondisi sekitar kisaran 30 °C sampai 35 °C. Kemampuan menghasilkan dan menyalurkan tegangan listrik, dan selanjutnya disimpan pada baterai. Suatu ketika diterapkan pada kendaraan hybrid, penggunaan bahan bakar kendaraan bermotor menjadi hemat (Min & Roe, 1994; Salim & Indarto, 2018). Panas buangan bersumber dari cylinder barel mesin injection yang dipasang termoelektrik mampu menghasilkan energi listrik hasil dari konversi energi kalor (Kurniawan *et al.*, 2020; Perdani *et al.*, 2022). Perpindahan panas yang berlangsung disela-sela material dengan perbedaan suhu, maka panas merambat dari suhu tinggi ke suhu rendah. Perpindahan panas terdapat beberapa jenis reaksi perpindahan panas yaitu konveksi, konduksi, dan radiasi (Buchori, 2004; Anwar, 2016).

Termoelektrik adalah suatu alat yang mengubah energi panas menjadi energi listrik dengan menggunakan metode efek *Seebeck* pada alat tersebut. pertama kali ditemukan oleh Thomas Johann *Seebeck* pada tahun 1821 (Ryanuargo *et al.*, 2013; Pradana & Widyartono, 2020). Prinsip pengoperasian generator termoelektrik adalah bahwa dua bahan logam semikonduktor dihubungkan dalam lingkungan suhu yang berbeda, dan bahan membawa arus atau gaya gerak listrik (Djafar *et al.*, 2010; Muharnif *et al.*, 2022).

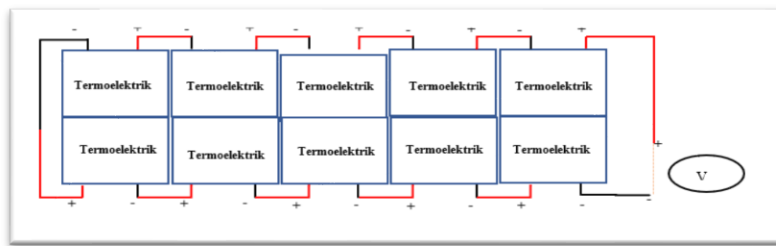
Termoelektrik tersusun rangkaian seri nilai tegangan yang dikeluarkan cukup besar dari rangkaian paralel sebesar 17-18V dengan perlakuan heater 220V. Nilai daya keluaran termoelektrik lebih besar sebesar 8,11 Watt dengan durasi puncak 3180 detik (Putra *et al.*, 2009; Pradana *et al.*, 2021). Pengujian selama 7 hari didapat data rata – rata rangkaian seri menghasilkan tegangan sebesar 1,66V kuat arus sebesar 24,04 mA. Pada siang hari didapat beda temperatur sebesar 37,68oC rata – rata tegangan keluaran 3,3V untuk arus yang dikeluarkan 56,21 mA. Rata – rata tegangan sebesar 1,05 V dan arus sebesar 11,87 mA didapat pada pengujian di waktu sore (Wibowo *et al.*, 2012; Sasmita *et al.*, 2019).

Berdasarkan penelitian Nuwayhid *et al.*, (2005) menggunakan tungku api tradisional Libanon untuk sumber panas pengujian pembangkit listrik termoelektrik mengkonversi energi kalor menjadi energi listrik mampu memperoleh daya sebesar 4,2 watt (Nuwayhid *et al.*, 2005). Jarak termoelektrik dipengaruhi besar suhu dan beda suhu, posisi peletakan termoelektrik menghasilkan nilai keluaran maksimal pada jarak 20 cm dari permukaan bahan bakar. Percobaan dengan menggunakan 4 unit termoelektrik efisiensi kerja optimal tercapai 3,01% dengan nilai daya yang dihasilkan 0,095W (Kusuma *et al.*, 2012; Huda & Kumala, 2020). Variasi jenis bahan untuk saluran udara dan tiga jarak pengujian yang dilakukan pengujian termoelektrik. Daya listrik yang dihasilkan termoelektrik pada pengujian 10 mm masing- masing variasi bahan saluran udara nilai yang dihasilkan ; aluminium daya

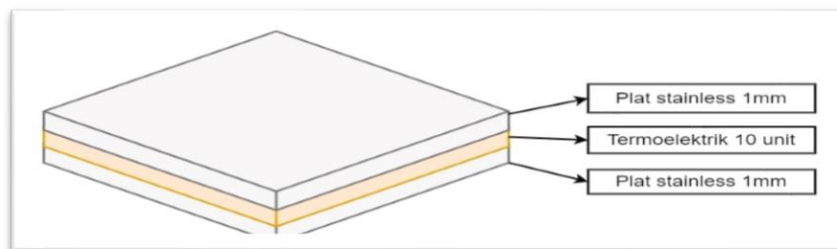
sebesar 0,014W, stainless steel sebesar 0,021W, dan PVC daya sebesar 0,021W (Deni Setiawan et al. 2020; Murtadha et al., 2019).

METODE

Termoelektrik yang merupakan media konversi energi kalor menjadi energi listrik disebabkan mekanisme bahan penyusun semikonduktor. Lapisan termoelektrik yang digunakan dilapisi plat stainless steel pada bagian sisi panas dan sisi dingin termoelektrik. Penataan termoelektrik menggunakan rangkaian seri dengan 10 unit termoelektrik tipe SP1848-27145 SA. Pengujian yang menggunakan perangkat kompor burner yang dikhususkan untuk media simulasi pembangkit listrik berbasis termoelektrik. Peletakan termoelektrik berada setiap 3 variasi sekat pada kompor burner. Variasi sekat kompor burner disimbolkan menggunakan notasi A, notasi B, dan notasi C.

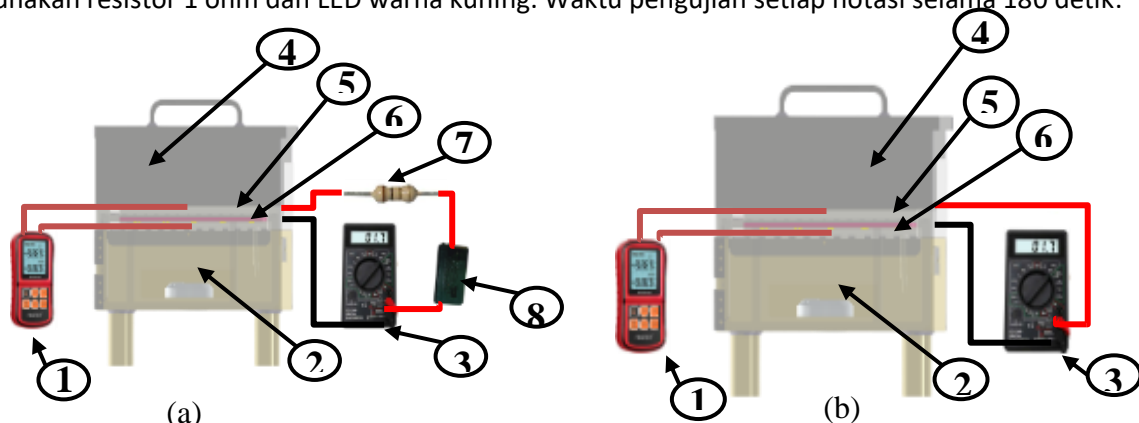


Gambar 1. Rangkaian seri termoelektrik



Gambar 2. Lapisan termoelektrik 10

Kompor burner menggunakan bahan bakar spiritus sebagai sumber panas dan es batu sebagai media pendingin. Pengujian termoelektrik diletakkan setiap sekat dilakukan pengukuran perbedaan suhu, voltase, dan amper. Pengukuran yang dilakukan menggunakan alat untuk termokopel digital untuk perbedaan suhu. Multimeter untuk pengukuran voltase dan amper, setiap pengukuran direkam menggunakan rekaman hp. Pada pengukuran amper beban hambatan yang digunakan resistor 1 ohm dan LED warna kuning. Waktu pengujian setiap notasi selama 180 detik.



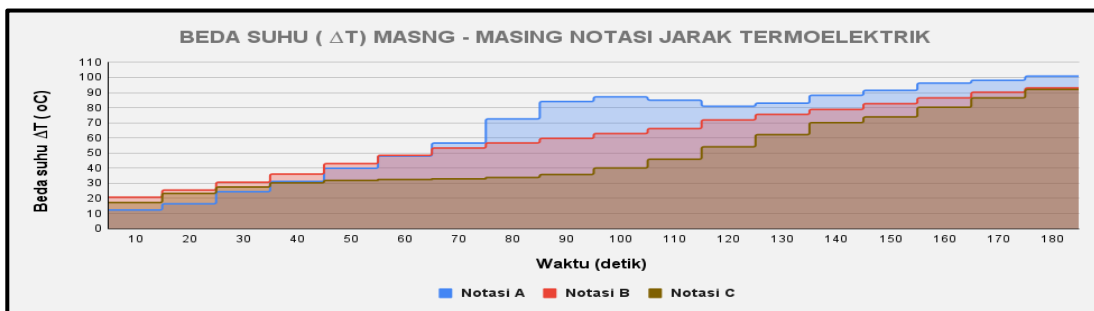
Gambar 3. (a) Pengujian arus listrik & perbedaan suhu (b) Pengujian tegangan listrik & perbedaan

Keterangan :

1. Termokopel digital
2. Ruang pemanas
3. Multimeter
4. Ruang pendingin
5. Notasi jarak termoelektrik (A, B, C)
6. Termoelektrik
7. Resistor 1 ohm
8. Box lampu LED (light emitting diode) warna kuning

HASIL DAN PEMBAHASAN

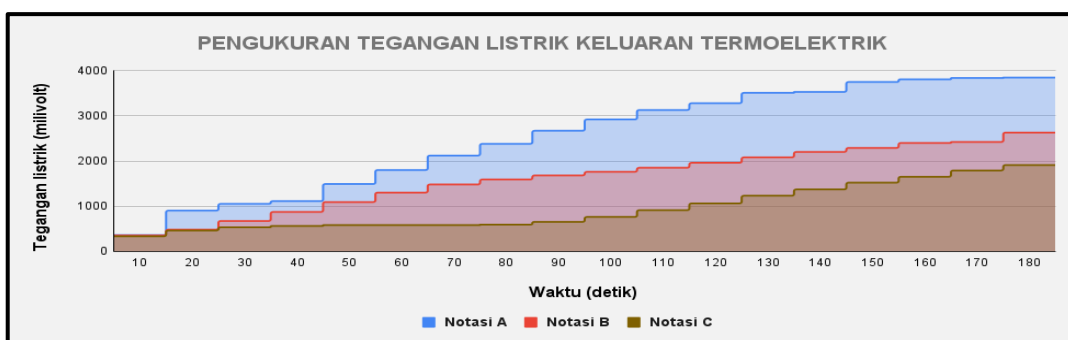
Beda Suhu Pengujian



Gambar 4. Beda suhu pengujian termoelektrik

Notasi A menghasilkan beda suhu yang lebih tinggi dibandingkan notasi B dan C. Pada detik ke-80 hingga detik ke-110 notasi A terdapat lonjakan nilai beda suhu yang disebabkan dari nyala api spiritus yang besar yang diamati sewaktu pengujian. detik ke-120 turun dan selanjutnya detik ke-130 beda suhu naik hingga detik ke-180. Notasi B menghasilkan nilai beda suhu yang konsisten kenaikannya dipengaruhi oleh nyala api spiritus yang stabil. Pada notasi B nilai beda suhu tertinggi sebesar 93,1 °C detik ke-180. notasi C menghasilkan beda suhu lebih rendah dari notasi A dan notasi B, detik ke-50 hingga detik ke-80 nilai beda suhu mengalami kenaikan yang sedikit sehingga selisih beda suhu rentang waktu tersebut kecil. Detik ke-90 mulai mengalami kenaikan beda suhu hingga detik ke-180, hingga pada puncak detik ke-180 besar beda suhu 92,1 °C hampir berhimpitan grafik beda suhu notasi B dan notasi C.

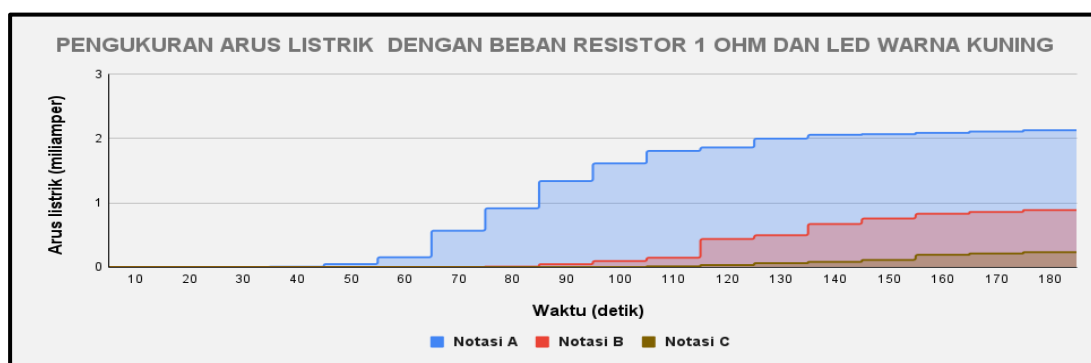
Tegangan Listrik Pengujian



Gambar 5. Tegangan listrik pengujian

Notasi A menunjukkan peningkatan tegangan listrik keluaran termoelektrik di waktu detik ke-180 menghasilkan nilai tegangan listrik tertinggi sebesar 3850 mV nilai tersebut lebih besar dibanding notasi B dan Notasi C. Notasi B nilai tegangan listrik dihasilkan termoelektrik masih dibawah notasi A, hanya saja masih diatas notasi C. Notasi B nilai tegangan listrik tertinggi di waktu detik ke-180 sebesar 2630 mV. Sedangkan notasi C nilai tegangan listrik terendah dibanding notasi A dan notasi B, di waktu detik ke-30 sampai ke-90 kenaikan tegangan stabil disebabkan selisih beda suhu hanya sedikit pada waktu tersebut. Notasi C menghasilkan tegangan listrik tertinggi di waktu detik ke-180 sebesar 1910 mV. Grafik tersebut membuktikan variasi jarak letak termoelektrik yang disimbolkan dengan notasi A, notasi B, dan notasi C menghasilkan nilai tegangan listrik yang berbeda seiring waktu berkorelasi dengan besar beda suhu.

Amper Pengujian Dengan Beban Hambatan

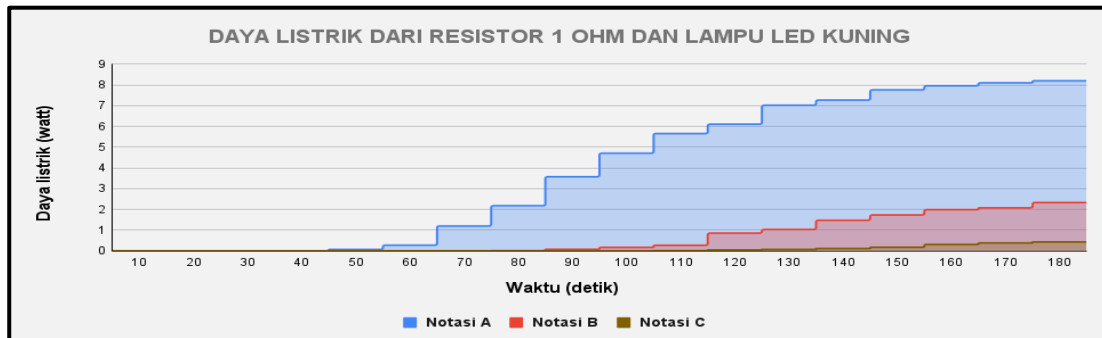


Gambar 6. Arus listrik pengujian

Pengujian termoelektrik dengan penambahan beban hambatan berupa resistor 1 ohm dan lampu LED warna kuning. Notasi A di selang waktu detik ke-0 sampai detik ke-40 nilai arus listrik masih 0mA disebabkan besar tegangan belum memenuhi untuk melewati beban hambatan resistor 1 ohm dan lampu LED (*light emitting diode*) warna kuning. Nilai arus listrik muncul di waktu detik ke-50 sebesar 0,045 mA hanya saja lampu LED mulai menyala redup di waktu detik ke-0 dengan nilai arus listrik sebesar 0,152 mA. LED (*light emitting diode*) menyala terang di waktu detik ke-70 sampai detik ke-180, nilai arus listrik tertinggi notasi A sebesar 2,130 mA di waktu detik ke-180. Notasi B selang waktu detik ke-0 sampai detik ke-70 nilai arus listrik masih 0mA disebabkan besar tegangan belum memenuhi untuk melewati beban hambatan resistor 1 ohm dan lampu LED (*light emitting diode*) kuning.

Nilai arus listrik muncul di waktu detik ke-80 sebesar 0,007 mA hanya saja lampu LED (*light emitting diode*) mulai menyala redup di waktu detik ke-100. Nilai arus listrik sebesar 0,092 mA. LED (*light emitting diode*) menyala cukup terang di waktu detik ke-140 sampai detik ke-180. nilai arus listrik tertinggi notasi B sebesar 0,887 mA di waktu detik ke-180. Notasi C selang waktu detik ke-0 sampai detik ke-90 nilai arus listrik masih 0mA disebabkan besar tegangan belum memenuhi untuk melewati beban hambatan resistor 1 ohm dan lampu LED (*light emitting diode*) kuning. Nilai arus listrik muncul di waktu detik ke-100 sebesar 0,003 mA, lampu LED (*light emitting diode*) mulai menyala redup di waktu detik ke-150 dengan nilai arus listrik sebesar 0,109,6 mA. Nilai arus listrik tertinggi sebesar 0,225 Ma di waktu detik ke-180 dengan nyala lampu LED (*light emitting diode*) redup.

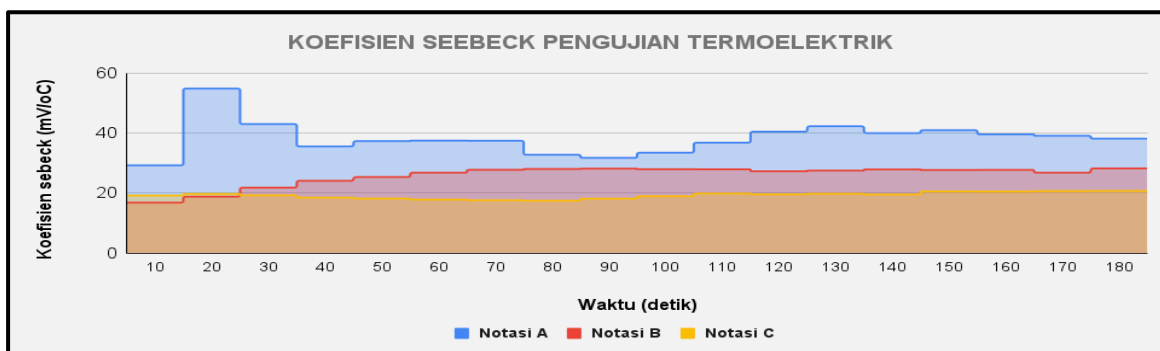
Daya Listrik Pengujian



Gambar 7. Daya listrik pengujian termoelektrik

Daya listrik merupakan nilai hasil perkalian tegangan dengan arus. Notasi A menghasilkan daya listrik lebih besar dibandingkan notasi B dan notasi C. Selang waktu detik ke-0 hingga detik ke-30 belum menghasilkan daya listrik disebabkan nilai arus listrik belum terpenuhi untuk menghasilkan daya listrik. Detik ke-40 notasi A mulai menghasilkan daya listrik sebesar 0,005W, nilai daya listrik tertinggi sebesar 8,201 W di waktu detik ke-180. Notasi B nilai daya listrik masih dibawah notasi A dan diatas notasi C. Notasi B Selang waktu detik ke-0 hingga detik ke-70 belum menghasilkan daya listrik disebabkan nilai arus listrik belum terpenuhi untuk menghasilkan daya listrik. Detik ke-80 mulai menghasilkan daya listrik sebesar 0,011 W. Nilai daya listrik tertinggi sebesar 2,333 W di waktu detik ke-180. Notasi C rentan waktu detik-0 hingga detik ke-90 belum menghasilkan daya listrik disebabkan nilai arus listrik belum terpenuhi untuk menghasilkan daya listrik. Mulai detik ke-100 daya listrik mulai dihasilkan sebesar 0,002 W. Nilai daya listrik tertinggi notasi C sebesar 0,430 W di waktu detik ke-180.

Koefisien Seebeck Pengujian



Gambar 8. Koefisien Seebeck pengujian termoelektrik

Koefisien Seebeck yang merupakan besar tegangan yang dihasilkan setiap kenaikan suhu yang diterima termoelektrik. Gambar diatas menunjukkan hasil nilai koefisien Seebeck, notasi A koefisien tertinggi dicapai pada detik ke-20 dengan nilai sebesar 54,878 mV/ °C setelah itu koefisien Seebeck mengalami penurunan hingga detik ke-90. Pada penutupan detik ke-180 nilai koefisien Seebeck sebesar 38,157 mV/ °C dan rata-rata koefisien Seebeck yang diperoleh selama pengujian sebesar 38,362 mV/ °C. notasi B nilai koefisien tertinggi sebesar 28,249 mV/ °C dicapai detik ke-180 dan rata-rata yang diperoleh selama pengujian sebesar 25,930 mV/°C. Notasi C nilai koefisien

Seebeck lebih rendah dibanding notasi A dan notasi B. Nilai koefisien *Seebeck* tertinggi pada notasi C sebesar 20,738 mV/°C dan rata-rata yang diperoleh selama pengujian sebesar 19,233 mV/°C.

SIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari pengujian termoelektrik yang dilakukan sebagai berikut : 1) Nilai beda suhu merupakan selisih suhu panas dan suhu dingin yang dipengaruhi oleh jarak letak termoelektrik dan nyala api spiritus. Notasi A menghasilkan beda suhu yang tinggi dari notasi yang lain. Pada detik ke-80 terdapat lonjakan beda suhu hingga detik ke-110, detik ke-120 turun dari sebelumnya. Puncak beda suhu detik ke-180 mencapai sebesar 100,9 °C; 2) Semakin besar nilai beda suhu maka semakin besar nilai tegangan listrik (mV) yang dihasilkan termoelektrik dan seiring durasi waktu pengujian yang dilakukan. Notasi A memiliki nilai tertinggi untuk beda suhu, tegangan listrik dibandingkan notasi B dan notasi C; dan 3) Pengukuran arus listrik dengan beban hambatan resistor 1 ohm dan lampu LED (*light emitting diode*) warna kuning menghasilkan arus listrik tertinggi pada notasi A sebesar 2,130 mA hingga mampu menyalakan lampu LED (*light emitting diode*) secara terang. Notasi A memiliki nilai tertinggi untuk pengukuran arus listrik dengan beban dibandingkan notasi B dan notasi C.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, R. A. (2018), Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan terhadap Temperatur Onset Termoakustik Generator Gelombang Berdiri dengan Panjang Resonator 780 Mm 1), 2 (2).
- Anwar, M. C. (2016). Analisis Penerapan Auto Buck/boost pada Generator Termoelektrik Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(5), 108-117.
- Buchori, L. (2004). *Perpindahan Panas (Heat Transfer) Panas*. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Deni Setiawan, Holili, & Supardi. (2020). *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945* (Vol. 3).
- Djafar, Z., Putra, N., & Koestoer, R. A. (2010). Kajian Eksperimental Pengembangan Generator Termoelektrik Sebagai Sumber Listrik.
- Haris, E. Seminar Nasional Edusainstek Karakteristik unjuk Kerja Panas pada Generator Termoelektrik dengan Pengaturan Jarak Secara Centroid, [Online]. Available: [Http://Prosiding.Unimus.Ac.Id](http://Prosiding.Unimus.Ac.Id)
- Hiendro, A., & Suryadi, D. (2019). Perancangan dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik dengan Menggunakan Kompor Surya sebagai Media Pemusat Panas. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1).
- Huda, D. N., & Kumala, S. A. (2020, July). Identifikasi Termoelektrik Generator sebagai Pembangkit Tenaga Listrik. In *SINASIS (Seminar Nasional Sains)* (Vol. 1, No. 1).
- Kurniawan, A., Wiratama, A. S., Adam, F. A., Prayoga, H. B., & Prakosa, T. H. (2020). Mengubah Panas Buang Heater Mesin Injeksi Menjadi Energi Listrik dengan Peralatan Berbasis Termoelektrik. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 2 (1), Doi: 10.18196/Jqt.020116.
- Kusuma, R. F., Afroni, M. J., & Melfazen, O. (2020) Perhitungan Efisiensi Peltier Teg (Thermoelectric Generator) SP-1848 Menggunakan Perbandingan Suhu Panas dan Dingin Sebagai Energi Alternatif.
- Min, G., & Roe, D. M. (1994). *Handbook of Thermoelectrics, Peltier Devices As Generator*, P.479. Florida: Crc Press Llc.
- Muharnif, M., Umuani, K., & Nasution, F. A. (2022). Analisis Termoelektrik Generator (TEG) sebagai Pembangkit Listrik Bersekala Kecil terhadap Perbedaan Temperatur. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 5(1), 26-32.
- Murtadha, R. A., Nujaiba, A., & Alam, K. P. M. D. I. (2019). Prototype Kulkas Portable dengan Memanfaatkan Efek Termoelektrik. *Gorontalo: Madrasah Aliya Negeri Insan Cendekia*.

- Nuwayhid, R. Y., Shihadeh, A., & Ghaddar, N. (2005). Development and Testing of a Domestic Woodstove Thermoelectric Generator with Natural Convection Cooling. *Energy Conversion and Management*, 46 (9–10), Pp. 1631–1643. Doi: 10.1016/J.Enconman.2004.07.006.
- Perdani, S., Wibowo, D. A., & Desmira, D. (2022). Potensi Tempurung Kelapa sebagai Pembangkit Listrik dengan Menggunakan Termoelektrik Generator. *Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal*, 4(2), 461-473.
- Pradana, A. B., Irawan, F., Wisnu, A., Saputra, B. D., Subakti, G., Yusuf, M., & Yunita, T. R. (2021). Perancangan Purwarupa Pembangkit Termoelektrik sebagai Media Pembelajaran Konversi Energi. *Jurnal Edukasi Elektro*, 5(1).
- Pradana, M. A., & Widyartono, M. (2020). Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan Daan Seng. *Jurnal teknik elektro*, 9(2).
- Putra, N. R., Koestoer, A. M. Adhitya, A. Roekettino, Trianto, B. (2009). Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik untuk Kendaraan Hibrid.
- Ryanuargo., Anwar, S., & Sari, S. P. (2013). Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin. *Jurnal Rekayasa Elekrika*, 10 (4), Pp. 180–185
- Salim, A. A., & Indarto, B. (2018). Studi Eksperimental Karakterisasi Elemen Termoelektrik Peltier Tipe TEC. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 3(1), 179-182.
- Sasmita, S. A., Ramadhan, M. T., Kamal, M. I., & Dewanto, Y. (2019). Alternatif Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Prinsip Termoelektrik Generator. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 21(1), 57-61.
- Ubaidillah, U., Suyitno, S., & Juwana, W. E. (2012). Pengembangan Piranti Hibrid Termoelektrik–Sel Surya sebagai Pembangkit Listrik Rumah Tangga. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 10(2), 194-211.
- Wibowo, N. T., Aribowo, W., Widyartono, M., & Hermawan, A. C. Rancang Bangun Thermoelectric Generator Sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Panas Matahari. [Online]. Available: Www.Sino-Sheetmetal.Com.