

PENGARUH KETEBALAN BATU ANDESIT TERHADAP KELUARAN TERMOELEKTRIK

¹Ary Akbar Nugraha, ²Massus Subekti, dan ³Imam Arif Raharjo
^{1,2,3}Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
¹Email : ary.akbar07@yahoo.com

Abstract.

This research aimed to create and utilize video-based learning media on motor control course and also to determine whether the video-based learning media on motor control course is effective or not. The making of the video-based learning media using several stages, namely, literature study, analysis needs, product planning, product making, instrument making feasibility and feasibility studies that are conducted by the experts, media specialists and students in order to determine the feasibility of the media created. Furthermore, to test the effectiveness of video-based learning media on motor control course, students are given the post-test questions that the validity and reliability have previously been tested by using an experimental model. The results of the feasibility test got a score > 80%, subject experts got a score of 94.23%, media experts 91,66%, and students 86.13%. The results of the feasibility test obtained, video-based learning media on motor control course is said to be very good and fit for use as a media of learning. The average value of students post test using a video-based learning media is 83, while students who do not use a video-based learning media have an average of 80.56. These data showed that value of post test results of motor control course that uses video-based learning media is higher than value of post test results that does not use a video-based learning media. The difference in post test results show that a video-based learning media on motor control course is an effective media of learning.

Keywords: Making, video-based learning media on motor control, study outcomes post test

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ketebalan batu andesit terhadap keluaran termoelektrik. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Subjek penelitian ini ialah ketebalan batu andesit. Ketebalan batu andesit yang digunakan yaitu ketebalan 1 cm, 2 cm, dan 3 cm. Penelitian ini dilakukan pengujian laju kalor konduksi dan keluaran termoelektrik berdasarkan ketebalan batu andesit. Teknik analisis data yang digunakan yaitu analisis deskriptif dengan teknik pengumpulan data yaitu observasi laboratorium dan observasi lapangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batu andesit ketebalan 1 cm menghasilkan laju kalor konduksi tertinggi dibandingkan ketebalan 2 cm dan 3 cm. Begitu juga dengan keluaran yang dihasilkan termoelektrik. Batu andesit ketebalan batu 1 cm menghasilkan keluaran paling besar dibandingkan ketebalan batu 2 cm dan 3 cm. Tegangan keluaran V_0 (tanpa beban) dan V_1 (dengan hambatan 100 ohm) yang dihasilkan termoelektrik pada ketebalan batu 1 cm berturut-turut sebesar 1.40 V dan 1.08 V, ketebalan batu 2 cm sebesar 1.37 V dan 0.98 V, dan ketebalan batu 3 cm sebesar 1.22 V dan 0.94 V. Berdasarkan hasil data pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh ketebalan batu andesit terhadap keluaran termoelektrik.

Kata Kunci: Termoelektrik, Andesit, Laju Kalor Konduksi, Keluaran Termoelektrik

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk. Hal ini bertolak belakang dengan ketersediaan energi yang ada. Penggunaan energi untuk pembangkit listrik saat ini masih didominasi oleh batu bara diikuti dengan gas dan minyak bumi. Penggunaan energi fosil tersebut berdampak pada sifat ketergantungan Indonesia terhadap perkembangan harga pasaran dunia. Sasaran pemerintah pada tahun 2025 sesuai dengan PP No. 79 tahun 2014, diharapkan tercapainya bauran energi primer yang optimal, yaitu energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23%, minyak bumi kurang dari 25%,

batubara minimal 30%, dan gas bumi minimal 22% (Soeryadi, 2018). Salah satu potensi energi terbarukan yang saat ini dikembangkan ialah energi matahari.

Letak geografis Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa dan beriklim tropis, mempunyai potensi energi matahari yang sangat besar. Potensi energi matahari di Indonesia sekitar 4,8 kWh (kilo watt hour) per meter persegi atau setara dengan 112.000 GWp (Giga watt peak), namun yang baru dimanfaatkan sekitar 10 MWp (Mega watt peak) (Kementerian ESDM, 2012). Energi matahari dimanfaatkan dalam bentuk cahaya dan panas. Salah satu pemanfaatan energi matahari ialah Pembangkit

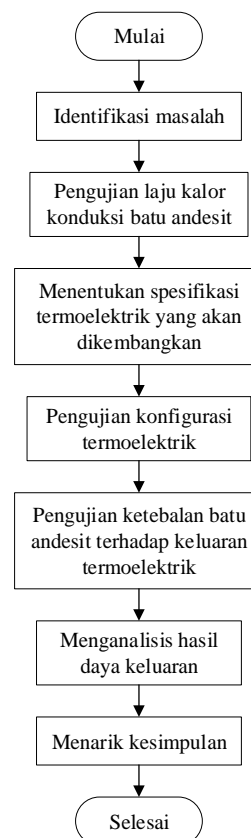
Listrik Tenaga Panas Surya (*Solar Thermal Power Generation Systems*). Prinsip pembangkit ini yaitu mengumpulkan dan memusatkan sinar matahari untuk menghasilkan temperatur panas yang tinggi. Temperatur panas ini yang dibutuhkan untuk menghasilkan listrik.

Dalam hal ini, pemanfaatan panas matahari menjadi rujukan dalam penelitian ini. Termoelektrik merupakan sebuah alat penghasil listrik yang erat kaitannya dengan pemanfaatan kalor (konduktivitas atau daya hantar kalor) dari sebuah lempeng logam untuk menghasilkan energi listrik (Ryuanargo, et al., 2013). Prinsip kerja termoelektrik ialah mengonversi perbedaan suhu panas dan suhu dingin menjadi energi listrik. Energi panas didapatkan dengan memanfaatkan energi panas matahari atau fluida yang bertemperatur panas (sedang-tinggi), sedangkan sisi dinginnya didapatkan dari *heat sink*, kipas dan *water jacket/block* (Djafar, et al., 2011). Panas matahari didapatkan dengan cara memanfaatkan daya hantar berupa logam dan jenis batuan yang mempunyai kandungan silikat.

Kandungan yang dimiliki andesit juga dapat menyimpan kalor. Hal ini disebabkan, andesit berwarna abu-abu kehitaman. Warna gelap ini terdapat kandungan ferromagnesium, sehingga memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan kalor (Haldoko, et al., 2014). Dalam penelitian Riyadi, et al (2016), batu andesit dimanfaatkan sebagai media penghantar kalor yang digunakan sebagai pembangkit listrik sederhana berbasis *thermoelectric cooler*. Terdapat pengaruh hasil output pada besar tegangan yang dihasilkan termoelektrik, jika ada perbedaan luas penampang dan ketebalan batu andesit.

METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian eksperimen merupakan penelitian yang memberikan pengaruh kepada variabel bebas yang diteliti menggunakan variabel terikat. Pengaruh yang dicari yaitu ketebalan batu andesit terhadap keluaran termoelektrik. Diagram alur penelitian ini dapat dilihat pada **gambar 1**.

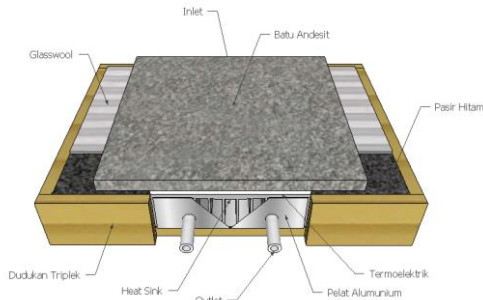


Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Pengujian Laboratorium

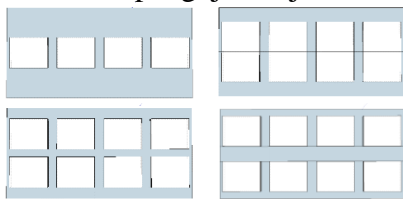
Pada pengujian laborototrium diperlukan lampu halogen sebagai sumber panasnya. Pengujian yang dilakukan di laboratorium yaitu pengujian laju kalor konduksi berdasarkan ketebalan batu andesit, pengujian konfigurasi termoelektrik dan pengujian keluaran termoelektrik berdasarkan ketebalan batu andesit.

Pada pengujian laju kalor konduksi berdasarkan ketebalan batu andesit dilakukan untuk mengetahui laju kalor konduksi masing-masing ketebalan batu andesit. Ketebalan batu andesit yang diuji adalah 1 cm, 2 cm dan 3 cm. Masing-masing ketebalan akan diuji dan dilihat bagaimana kalor yang diterima pada permukaan sisi atas dan sisi bawah batu saat dilakukan pemanasan menggunakan lampu halogen dan juga saat penyinaran lampu halogen dimatikan. Batu andesit dipanaskan hingga temperatur batu mengalami titik jenuh (*saturation point*). Kemudian dilanjutkan dengan mematikan penyinaran lampu halogen hingga temperatur batu mencapai temperatur awal pada saat pengujian. Pengujian ini menggunakan alat bantu pengujian yang dapat dilihat pada **gambar 2**.



Gambar 2. Desain Alat Bantu Pengujian

Pengujian berikutnya ialah pengujian konfigurasi termoelektrik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak antar termoelektrik yang ditempatkan di atas *heat sink* terhadap tegangan keluaran termoelektrik. Pengujian dilakukan dengan menguji beberapa pola konfigurasi termoelektrik yang dapat dilihat pada **gambar 3**. Termoelektrik akan diuji bersamaan dengan batu andesit sebagai penghantar panas yang ditempatkan di sisi panas termoelektrik. Ketebalan batu andesit yang digunakan berdasarkan hasil pengujian laju kalor konduksi.



Gambar 3. Pola Konfigurasi Termoelektrik

Pengujian selanjutnya ialah pengujian keluaran termoelektrik berdasarkan ketebalan batu andesit. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keluaran termoelektrik pada setiap ketebalan andesit. Pada pengujian ini sisi panas termoelektrik diletakkan langsung di bawah batu andesit sebagai sumber panas dan sisi dingin termoelektrik diletakkan *heat sink* sebagai sistem pendingin, sehingga terdapat perbedaan temperatur di antara kedua sisi tersebut. Pengujian ini dilakukan di dua tempat, yaitu pengujian laboratorium dan pengujian lapangan dengan menggunakan alat bantu pengujian.

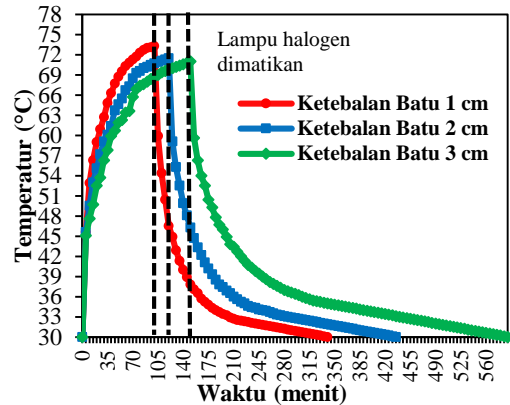
Pengujian Lapangan

Pengujian lapangan merupakan pengujian yang dilakukan di area terbuka agar mendapatkan panas matahari secara langsung. Prosedur pengambilan data sama seperti pada pengujian laboratorium. Hasil yang didapat dari pengujian lapangan ini bergantung pada kondisi cuaca saat pengambilan data.

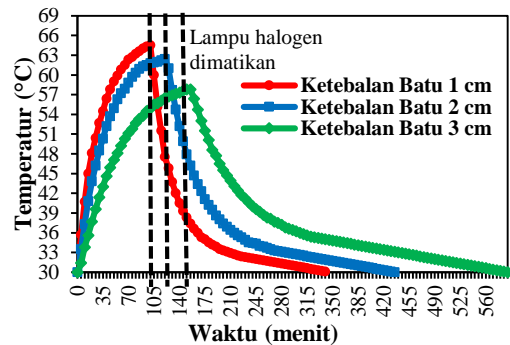
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Laju Kalor Konduksi Berdasarkan Ketebalan Batu Andesit

Pada penelitian ini dilakukan pengujian laju kalor konduksi berdasarkan ketebalan batu andesit di laboratorium. Hasil dari pengujian ini didapatkan grafik perbandingan laju pemanasan dan pelepasan kalor sisi atas dan sisi bawah batu andesit berdasarkan ketebalan terlihat pada **gambar 4** dan **gambar 5**.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Laju Pemanasan dan Pelepasan Kalor Sisi Atas Batu Andesit Berdasarkan Ketebalan



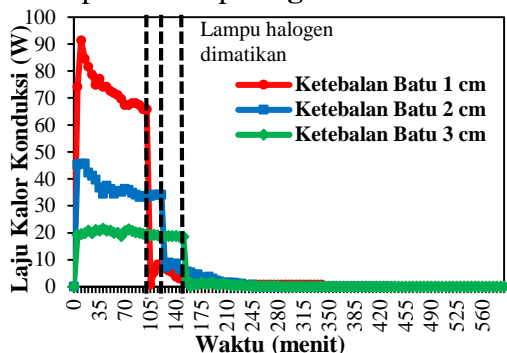
Gambar 5. Grafik Perbandingan Laju Pemanasan dan Pelepasan Kalor Sisi Atas Batu Andesit Berdasarkan Ketebalan

Dari kedua grafik di atas, terlihat kenaikan temperatur sisi atas batu dan sisi bawah batu yang dihasilkan stabil. Ketika lampu halogen dinyalakan terjadi kenaikan temperatur secara bertahap hingga mencapai nilai yang konstan. Kedua grafik tersebut menunjukkan bahwa batu andesit ketebalan 1 cm menerima kalor lebih cepat dibandingkan ketebalan 2 cm dan 3 cm.

Setelah lampu halogen dimatikan maka temperatur sisi atas dan sisi bawah batu akan mulai menurun secara bertahap pula. Pada kedua grafik tersebut terlihat bahwa batu andesit ketebalan 3 cm lebih lama melepas kalor dibandingkan ketebalan 1 cm dan 2 cm. Pada batu andesit ketebalan 1 cm mengalami

penurunan hingga suhu awal pengujian selama 240 menit, sedangkan ketebalan 2 cm selama 315 menit dan batu andesit ketebalan 3 cm selama 440 menit.

Hasil dari kedua grafik di atas, maka dapat diketahui laju kalor konduksi masing-masing ketebalan batu andesit. Laju kalor konduksi didapat dari perhitungan. Grafik perbandingan laju kalor konduksi berdasarkan ketebalan batu andesit dapat dilihat pada **gambar 6**.



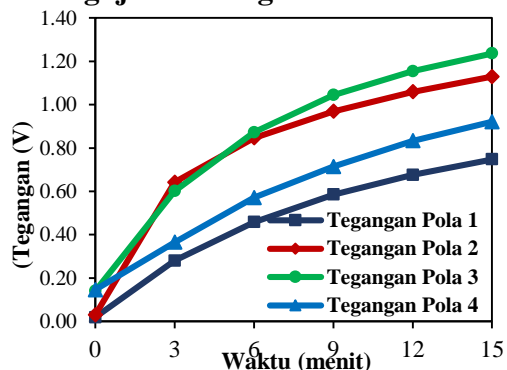
Gambar 6. Grafik Perbandingan Laju Kalor Konduksi Berdasarkan Ketebalan Batu Andesit

Dengan konduktivitas termal batu andesit (k) sebesar $1.87 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ dan luas penampang batu andesit (A) sebesar 0.04 m^2 . Jadi, besar laju kalor konduksi masing-masing ketebalan batu andesit dapat dihitung sebagai berikut:

- Ketebalan 1 cm : $H = 91.256 \sim 91.26 \text{ W}$
- Ketebalan 2 cm : $H = 45.628 \sim 45.63 \text{ W}$
- Ketebalan 3 cm : $H = 21.554 \sim 21.55 \text{ W}$

Berdasarkan hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin tipis ketebalan batu andesit maka semakin tinggi pula laju kalor konduksi yang diterima batu andesit.

Hasil Pengujian Konfigurasi Termoelektrik



Gambar 7. Grafik Perbandingan Tegangan Keluaran Termoelektrik Berdasarkan Pola Konfigurasi

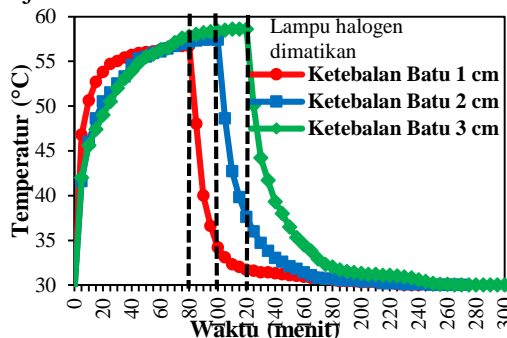
Dilihat dari grafik pada **gambar 7** menunjukkan bahwa tegangan keluaran termoelektrik pada pola 3 lebih tinggi dibandingkan pola 1, 2 dan 4. Hasil ini dapat

disimpulkan bahwa tegangan keluaran pada pola 3 lebih besar dibandingkan dengan pola 1, 2, dan 4.

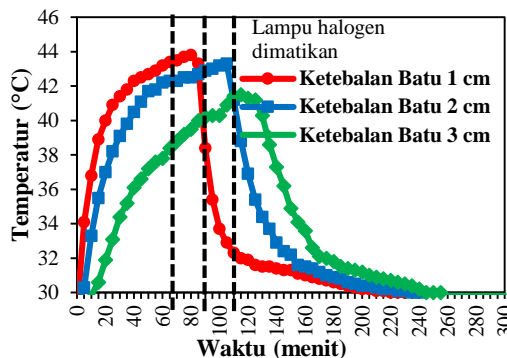
Hasil Pengujian Keluaran Termoelektrik Berdasarkan Ketebalan Batu Andesit

Pengujian Laboratorium

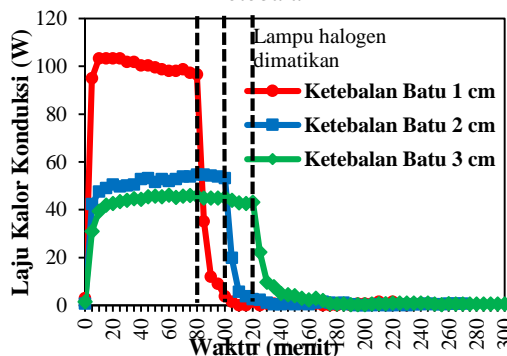
➤ Laju Kalor Konduksi



Gambar 8. Grafik Perbandingan Laju Pemanasan dan Pelepasan Kalor Sisi Atas Batu Andesit Berdasarkan Ketebalan



Gambar 9. Grafik Perbandingan Laju Pemanasan dan Pelepasan Kalor Sisi Bawah Batu Andesit Berdasarkan Ketebalan



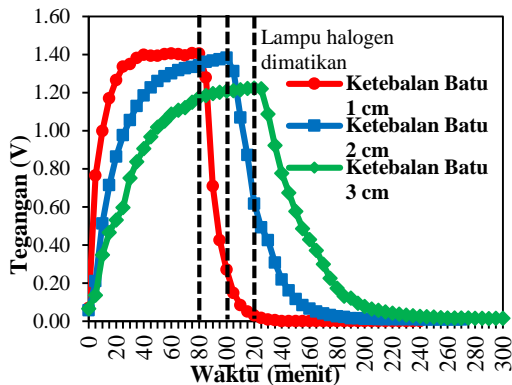
Gambar 12. Grafik Laju Kalor Konduksi Berdasarkan Ketebalan

- Ketebalan 1 cm : $H = 103.224 \sim 103.22 \text{ W}$
- Ketebalan 2 cm : $H = 54.604 \sim 54.6 \text{ W}$
- Ketebalan 3 cm : $H = 45.628 \sim 45.63 \text{ W}$

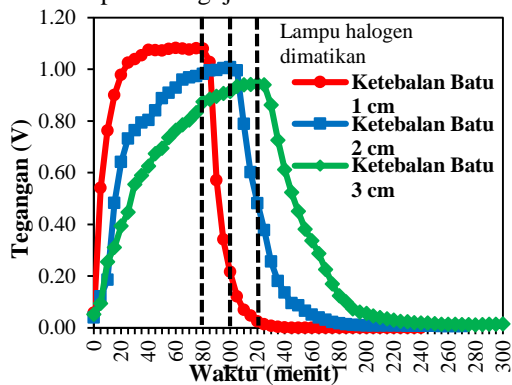
Hasil ini didasarkan pada pengujian laju kalor konduksi berdasarkan ketebalan batu andesit sebelumnya yang menyatakan bahwa semakin tipis ketebalan batu andesit maka

semakin tinggi pula laju kalor konduksi yang diterima batu andesit.

➤ Keluaran Termoelektrik



Gambar 13. Grafik Perbandingan Tegangan V_0 Termoelektrik Berdasarkan Ketebalan Batu Andesit pada Pengujian Laboratorium

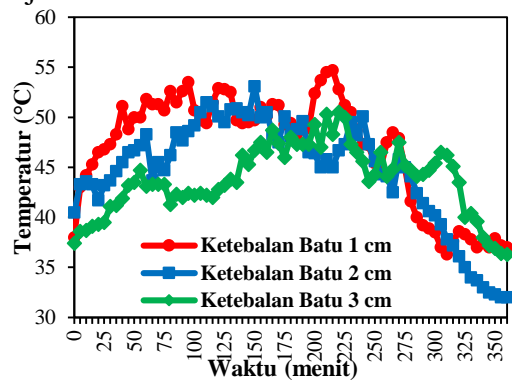


Gambar 14. Grafik Perbandingan Tegangan V_1 Termoelektrik Berdasarkan Ketebalan Batu Andesit pada Pengujian Laboratorium

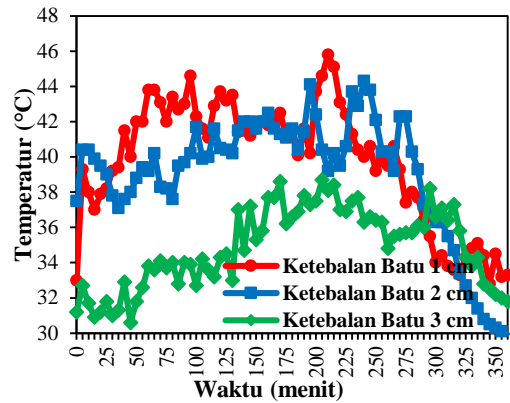
Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa ketebalan batu 1 cm menghasilkan tegangan keluaran termoelektrik paling besar, dan ketebalan batu 3 cm paling lama mengalami penurunan tegangan termoelektrik.

Pengujian Lapangan

➤ Laju Kalor Konduksi

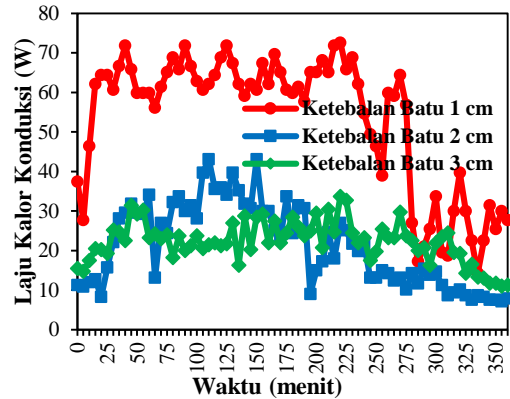


Gambar 15. Grafik Perbandingan Laju Pemanasan dan Pelepasan Kalor Sisi Atas Batu Andesit Berdasarkan Ketebalan



Gambar 16. Grafik Perbandingan Laju Pemanasan dan Pelepasan Kalor Sisi Bawah Batu Andesit Berdasarkan Ketebalan

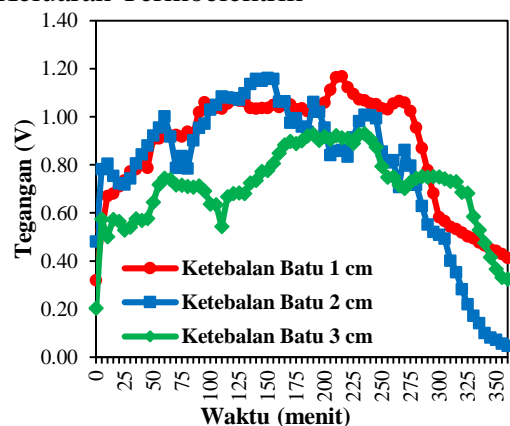
Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa batu andesit ketebalan 1 cm lebih cepat menerima kalor.



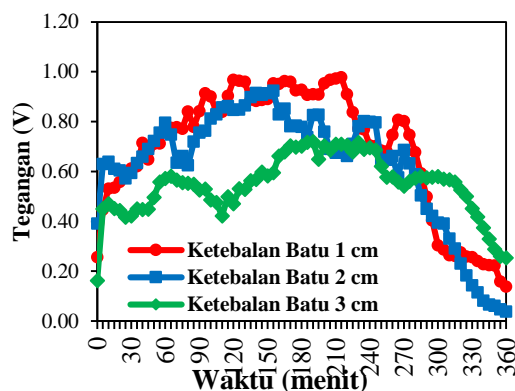
Gambar 17. Grafik Laju Kalor Konduksi Berdasarkan Ketebalan

- Ketebalan 1 cm : $H = 72.556 \sim 72.56 \text{ W}$
 - Ketebalan 2 cm : $H = 43.010 \sim 43.01 \text{ W}$
 - Ketebalan 3 cm : $H = 33.660 \sim 33.66 \text{ W}$
- Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa ketebalan 1 cm memiliki laju kalor konduksi tertinggi.

➤ Keluaran Termoelektrik



Gambar 18. Grafik Perbandingan Tegangan V_0 Termoelektrik Berdasarkan Ketebalan Batu Andesit pada Pengujian Lapangan



Gambar 19. Grafik Perbandingan Tegangan V_1 Termoelektrik Berdasarkan Ketebalan Batu Andesit pada Pengujian Lapangan

Kedua grafik tersebut menunjukkan bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan termoelektrik pada ketebalan batu 1 cm memiliki nilai paling tinggi dibandingkan ketebalan batu 2 cm dan 3 cm. Hasil ini sebanding dengan analisis laju kalor konduksi pada pengujian laboratorium. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa ketebalan batu 1 cm menghasilkan tegangan keluaran termoelektrik paling besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dan analisis data yang didapat, maka dalam penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Batu andesit ketebalan 1 cm menerima kalor lebih cepat dibandingkan batu andesit ketebalan 2 cm dan 3 cm saat laju pemanasan. Sedangkan saat laju pelepasan kalor, batu andesit ketebalan 3 cm lebih lama melepaskan kalor dibandingkan batu andesit ketebalan 2 cm dan 1 cm. Berdasarkan hasil tersebut bahwa semakin tipis ketebalan batu andesit maka semakin cepat pula melepaskan kalor.
2. Laju kalor konduksi batu andesit berdasarkan ketebalan batu andesit pada pengujian laboratorium, ketebalan batu ketebalan 1 cm menghasilkan laju kalor konduksi tertinggi dibandingkan ketebalan 2 cm dan 3 cm. Laju kalor konduksi pada ketebalan batu 1 cm sebesar 91.26 W, ketebalan batu 2 cm sebesar 45.63 W dan ketebalan batu 3 cm sebesar 21.55 W. Hasil ini dapat diketahui bahwa semakin tipis ketebalan batu andesit

maka semakin tinggi pula laju kalor konduksi yang diterima batu andesit.

3. Konfigurasi termoelektrik pola 3 menghasilkan tegangan paling besar pada pengujian konfigurasi termoelektrik. Pola tersebut menggunakan delapan keping termoelektrik yang disusun dengan jarak antar termoelektrik 1 cm. Tegangan yang dihasilkan sebesar 1.236 volt.
4. Keluaran termoelektrik berdasarkan ketebalan batu andesit pada pengujian laboratorium, ketebalan batu 1 cm menghasilkan tegangan keluaran paling besar dibandingkan ketebalan batu 2 cm dan 3 cm. Tegangan keluaran V_0 dan V_1 yang dihasilkan termoelektrik pada ketebalan batu 1 cm berturut-turut sebesar 1.40 V dan 1.08 V, ketebalan batu 2 cm sebesar 1.37 V dan 0.98 V, dan ketebalan batu 3 cm sebesar 1.22 V dan 0.94 V. Hasil ini dapat diketahui bahwa keluaran termoelektrik berbanding lurus dengan ketebalan batu.

Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk mengembangkan penelitian ini sebagai berikut:

1. Tegangan keluaran yang dihasilkan termoelektrik perlu disimpan dalam sebuah baterai. Hal ini dikarenakan saat termoelektrik dihubungkan dengan beban terjadi tegangan jatuh (*drop voltage*).
2. Pada pengujian lapangan dilakukan pada hari yang sama dan cuaca yang sama agar dapat mengetahui pembandingan masing-masing ketebalan batu andesit.
3. Penggunaan data *logger* untuk pengambilan data pada pengujian lapangan agar tidak perlu menunggu langsung di tempat pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, D. A. (2015). Pemanfaatan Modul Termoelektrik Generator untuk Mengisi Baterai Ponsel. Salatiga: Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Satya Wacana.
- Bralower, T., & Bice, D. (2017). Heat Capacity and Energy Storage | EARTH 103: Earth in the Future. Retrieved Februari 14, 2017, from Course Home Page: <https://www.e-education.psu.edu/earth103/node/1005>

- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach*, Eight Edition. New York: McGraw-Hill Education.
- Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2015). *Heat and Mass Transfer: Fundamentals & Applications*, Fifth Edition. New York: McGraw-Hill Education.
- Djafar, Z., Putra, N., & Koestoer, R. (2011, Januari). Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Panas terhadap Karakteristik Modul Termoelektrik Generator. *Teknik Mesin*, 11(1), 33-34.
- Eppelbaum, L., Kutasov, I., & Pilchin, A. (2014). *Applied Geothermics*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Giancoli, D. C. (2014). *Physics; Principles with Applications (Seventh Edition)*. Boston: Pearson Education, Inc.
- Haldoko, L. A., Muhammad, R., & Purwoko, A. W. (2014). Karakteristik Batu Penyusun Candi Borobudur. *Konservasi Cagar Budaya Borobudur*, 8(1), 38-47.
- Holman, J. (2010). *Heat Transfer*, Tenth Edition. New York: McGraw-Hill.
- Kementerian ESDM. (2012, Juni 20). Retrieved from <http://www2.esdm.go.id/berita/artikel/56-artikel/5797-matahari-untuk-plts-di-indonesia-.html>.
- King, H. (2017). Andesite: Igneous Rock - Pictures, Definition & More. Retrieved Januari 10, 2017, from *Geology and Earth Science News and Information*: <http://geology.com/rocks/andesite.shtml>
- Meier, A. v. (2006). *Electric Power Systems: A Conceptual Introduction*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Nahvi, M., & Edminister, J. A. (2014). *Schaum's Outline: Electric Circuits*, Sixth Edition. New York: McGraw-Hill Education.
- Noor, D. (2012). *Pengantar Geologi*, Edisi Kedua. Bogor: Universitas Pakuan.
- Nurulianthy, A. (2012). *Pengembangan Hybrid Solar Cell dengan Thermoelectric Generator*. Depok: Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Putra, T. S., Ali, M., & Fauzie, M. A. (2016). Kaji Ulang Sistem Termoelektrik Untuk Pemanas-Pendingin Air Minum Dengan Kapasitas 500 ml. *Desiminasi Teknologi*, 4(1), 44-55.
- Ramdini, I. D., Shoffa A., R., Multajam, R., Nuroniyatul F. W., U., & Maulani, K. (2014). Thermoelectric Generator. *Jurnal Fisika Sains*, 1(7).
- Riyadi, M. S., Nugraha, A. A., Setiadi, A., & Febrianto, H. (2016, Oktober). Analisis Pembangkit Listrik Sederhana Berbasis Thermoelectric Cooler dengan Media Batu Andesit. *Jurnal RISENOLOGI KPM UNJ*, 1(2), 70-74.
- Ryanuargo, Anwar, S., & Sari, S. P. (2013). Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensator pada Sistem Pendingin. *Jurnal Rekayasa Elekrika*, 10(4), 182.
- Schaë rli, U., & Rybach, L. (2001). Determination of Specific Heat Capacity on Rock Fragments. *Geothermics* 30, 93-110. Retrieved from ResearchGate.
- Setiawan, A., Taryono, & Ayub, M. R. (2012). Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Prototipe Generator Termoelektrik Berbahan Gas. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, 11(1), 1-10.
- Soeryadi, D. H. (2015, September 8). Kebijakan Energi Nasional Berdasarkan PP KEN 79/2014. Banjarmasin.
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian & Pengembangan; Research and Development*. Bandung: Alfabeta.
- U.S. Energy Information Administration. (2016, November 28). *Solar Thermal Power Plants*. Retrieved Juli 29, 2017, from U.S. Energy Information Administration: https://www.eia.gov/energyexplained/?page=solar_thermal_power_plants
- Weiland, T. (2017, February 11). *Mineral Lecture Note*. Retrieved from <http://itc.gsw.edu/faculty/tweiland/Minlect.htm>
- Widjaja, S. P. (2012). *Pengukuran dan Analisis Karakteristik Thermoelectric Generator dalam Pemanfaatan Energi Panas yang Terbuang*. Salatiga: Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Satya Wacana. Persada, 2005)