

Pengaruh Temperatur Kotak Pendingin terhadap Waktu dan Arus Listrik Modul TEC dengan Arduino Mega 2560

Irwin Bizzy^{1*}, Darmawi¹, Aneka Firdaus¹, Dian Apriyan¹, dan Fadhil Fuad Rachman¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya,
Jalan Raya Palembang Prabumulih Indralaya Ogan Ilir

*E-mail: irwin@unsri.ac.id

Diterima: 03 April 2022; Direvisi: 12 April 2022; Dipublikasi: 30 April 2022

Abstrak

Penerapan modul TEC terus dikembangkan karena modul ini memiliki keunggulan tersendiri. Keunggulan modul TEC ini antara lain hemat energi dan ramah lingkungan. Keunggulan lain dari modul TEC adalah tahan lama, kompak, ringan, dan mudah pengoperasiannya. Penelitian ini memanfaatkan modul TEC untuk mendinginkan sebuah kotak pendingin. Ukuran kotak pendingin yang digunakan adalah 38 cm x 52 cm x 35 cm. Fluida pendingin yang digunakan adalah udara dan air. Pengambilan data pengujian dilakukan dengan memakai sebuah mikrokontroler Arduino Mega 2560. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur rata-rata kotak pendingin dengan media pendingin udara, air, dan udara-air adalah 23,36°C, 24,50°C, dan 22,76°C.

Kata kunci: Arduino Mega 2560; energi; modul TEC; ramah lingkungan

Abstract

The application of the TEC module continues to be developed because this module has its own advantages. The advantages of this TEC module include energy-saving and environmental friendliness. Another advantage of the TEC module is that it is durable, compact, lightweight and easy to operate. This research utilizes the TEC module to cool a cooler box. The size of the cooler used is 38 cm x 52 cm x 35 cm. The cooling fluids used are air and water. The test data was collected using an Arduino Mega 2560 microcontroller. The results showed that the average temperature of the cooler box with air, water, and air-water cooling media was 23.36°C, 24.50°C, and 22.76°C.

Keywords: Arduino Mega 2560; energy; TEC modules; environmentally friendly

1. Pendahuluan

Pengembangan dan aplikasi dari *Thermoelectric Module* (TEM) berkembang pesat hingga saat ini. Meskipun memiliki kelebihan karena hemat energi dan ramah lingkungan, namun memiliki kekurangan karena belum cocok untuk daya yang besar, tetapi dengan perkembangan penggunaan transportasi yang hemat bahan bakar dan ramah lingkungan, seperti kendaraan listrik akan semakin diminati untuk penggunaan modul ini. TEM terdiri dari modul *Thermoelectric Cooler* (TEC) dan *Thermoelectric Generator* (TEG). Modul TEC digunakan untuk memanfaatkan permukaan sisi panas dan dinginnya dengan cara mengalirkan listrik DC ke modulnya. Bila memanfaatkan permukaan sisi dingin dapat digunakan untuk mendesain berbagai peralatan, seperti pendingin air [1], pengkondisian udara di kendaraan [2], pendinginan chip komputer [3], dan lainnya. Sedangkan permukaan sisi panasnya dapat digunakan untuk proses pengeringan, pemanas air, dan lainnya. Modul TEG sebaliknya, apabila permukaan sisi panas dan dingin dimanfaatkan akan menghasilkan listrik DC. Peneliti [4] bahwa pemanfaatan modul TEG juga termasuk energi baru terbarukan (EBT) mengingat sumber energinya dapat berupa cahaya matahari, bahkan peneliti [5] telah meneliti pemanfaatan panas buang dari kendaraan bermotor memakai modul TEG untuk menghasilkan energi listrik, [6] meneliti pemanfaatan panas sisa untuk dikonversikan menjadi listrik memakai modul TEG, peneliti [7] meneliti panas buang dari *manifold* kendaraan yang menghasilkan dimungkinkannya peletakkan modul TEG disaluran buang dengan temperatur yang tinggi dan penghematan bahan bakar mencapai 11%, dan lainnya.

Menurut peneliti [8] bahwa penelitian modul TEC dikelompokkan dalam beberapa kriteria topik penelitian di bawah tahun 2016, yaitu pemodelan transien dan karakteristik dinamis pendingin termoelektrik, studi komputasi

pendingin Peltier transversal untuk aplikasi temperatur rendah, analisis pendingin termoelektrik kaskade dua tahap untuk aplikasi pendingin elektronik, kajian numerik unjuk kerja miniatur TEC yang dipengaruhi efek Thomson, pengembangan modul hemat energi melalui kombinasi sel surya dan pendingin termoelektrik untuk aplikasi gedung ramah lingkungan, tinjauan teknologi pendingin termoelektrik surya untuk digunakan di bangunan tanpa energi, karakterisasi sistem manajemen termal berbasis Pendingin termoelektrik dalam kondisi operasi yang berbeda, kontrol terdistribusi pendingin termoelektrik. Selanjutnya, akan berkembang penelitian yang difokuskan kepada material modul TEC untuk meningkatkan unjuk kerjanya, seperti penelitian sifat-sifat semikonduktor, bahan keramik, bahan polimer, dan beberapa aplikasi pemanfaatan modul TEC untuk memenuhi keperluan hidup manusia.

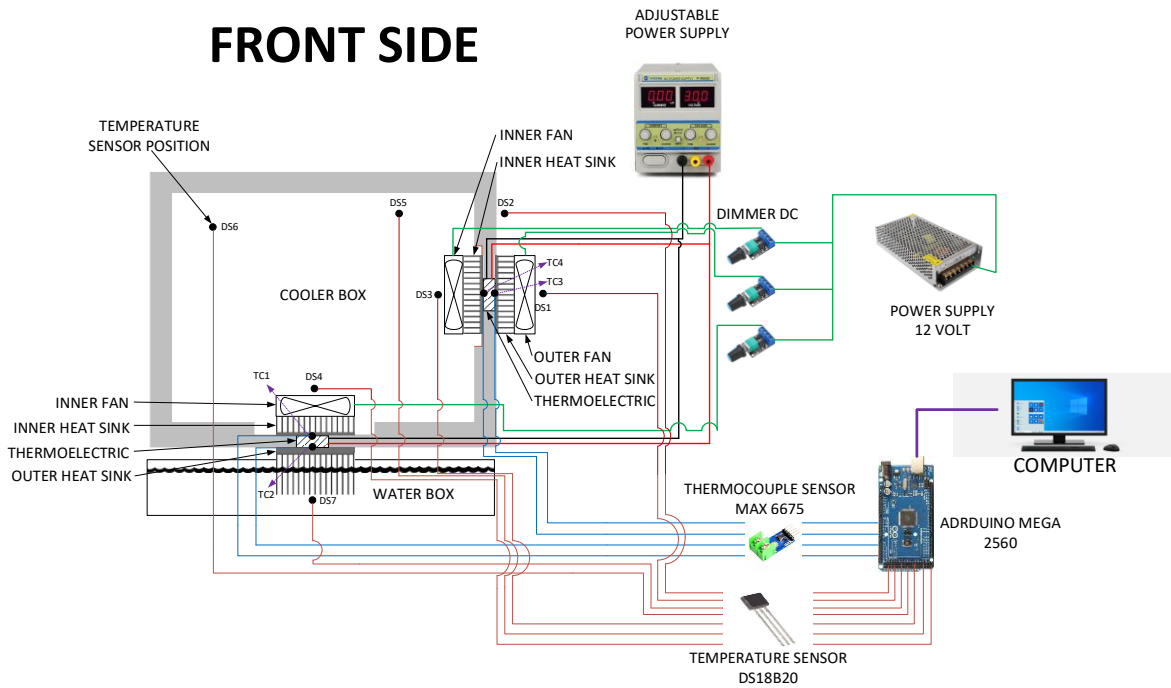
Sebagaimana Bizzy dkk. [9] telah meneliti kotak pendingin minuman kaleng dengan TEC dalam rangkaian seri dan paralel menghasilkan temperatur air minuman kaleng $6^{\circ}\text{C} - 9^{\circ}\text{C}$, peneliti [10] memanfaatkan teknologi *heatpipe* sebagai komponen pelepas kalor dalam desain kotak pendingin menghasilkan penurunan temperatur 800 gr air menjadi $\pm 17^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 3600 detik, peneliti [11] meneliti unjuk kerja kulkas yang menghasilkan *Coefficient of Performance* (COP) masing-masing 0,45 untuk rangkaian seri dan 0,45 untuk rangkaian paralel, peneliti [12] meneliti modul TEC sebagai elemen pendingin menghasilkan temperatur ruang pendingin $14,6^{\circ}\text{C}$ dengan waktu pengujian 36 menit, peneliti [13].meneliti pendingin minuman yang ringan menghasilkan temperatur pendingin 15°C dalam waktu 30 menit dengan konsumsi listrik 20 W, peneliti [14] meneliti kotak pendingin unjuk kerja dengan variasi letak modul TEC menghasilkan letak modul TEC terbaik diletakkan di dindingnya dengan listrik 30,08 W, peneliti [15] meneliti memonitor temperatur kotak pendingin dengan bantuan Labview dan Iot dapat dapat bekerja dengan baik, .

Berdasarkan uraian di atas, penelitian terbaru ini membandingkan antara sisi panas dan dingin dari modul TEC yang ditempatkan di kotak pendingin dengan media pendingin sisi panas modul TEC adalah udara, air, dan gabungan udara air. Pengambilan data dengan bantuan Arduino Mega 2560, *board* Arduino yang menggunakan ic mikrokontroler ATmega 2560.

2. Material dan metodologi

Peralatan pengujian yang digunakan terdiri dari kotak pendingin berbahan *styrofoam* dengan bagian dalam dilapisi *aluminum foil*, modul TEC1-12706, *heatsink*, fan, *power supply*, kotak berisi air, dan Arduino Mega 2560. Metodologi penelitian adalah eksperimental dengan membuat peralatan uji di laboratorium Termal Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Peralatan uji dan skema pengambilan data dengan Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada gambar 1. Arduino Mega 2560 bekerja membaca masukan, memproses masukan tersebut, dan menghasilkan keluaran yang dapat dibaca dan disimpan di komputer.

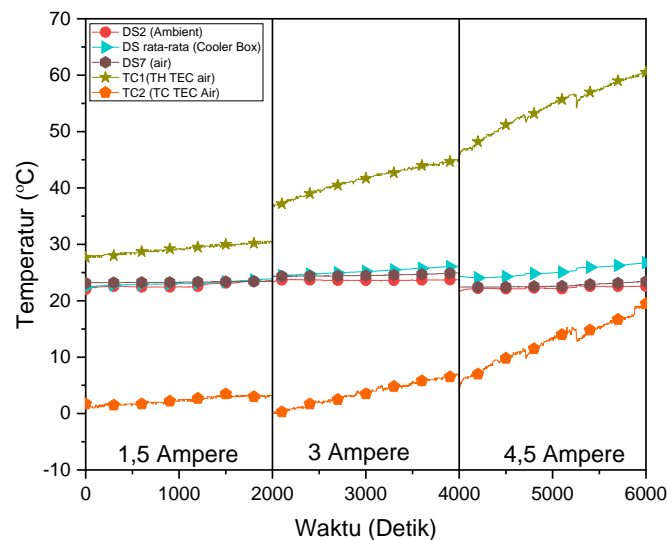
Pengukuran temperatur dengan sensor DS 18B20 dan Termokopel tipe K. Penggunaan MAX6675 dipakai sebagai pengubah sinyal dari μ Volt ke sinyal digital dan dibaca oleh arduino. *Adjustable Power Supply* digunakan sebagai input masuk modul TEC dan dapat mengatur arus dan tegangan listrik DC masuk ke modul TEC. Untuk variasi tetap arus masuk maka ditetapkan 1,5 Ampere, 3 Ampere, dan 4,5 Ampere. Variasi pendinginan permukaan panas modul TEC menggunakan air, udara, dan gabungan dari keduanya. Pemakaian kipas hanya bagian luar yang dinyalakan sementara bagian dalam dimatikan. Kotak air sebagai pendingin pasif sehingga perlu diganti dengan air tambahan yang telah disesuaikan dengan temperatur udara luar. Kotak pendingin dibuka setelah pengujian agar temperatur didalamnya dapat kembali ke temperatur udara ambien.



Gambar 1. Skema peralatan uji dan pengambilan data dengan Arduino Mega 2560

3. Hasil dan pembahasan

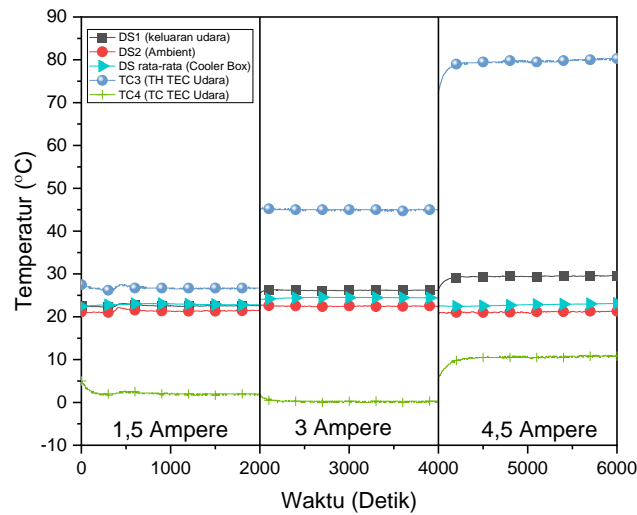
Pengujian dan pengambilan data pada kondisi temperatur ruang rata-rata 22°C. Gambar 3 menunjukkan kenaikan temperatur air dan udara pendingin sisi permukaan panas modul TEC apabila arus listrik (I) ditambahkan dari 1,5 A, 3,0 A, dan 4,5 A ke modul TEC. Penambahan arus ke modul TEC berdasarkan beban pendingin yang dihasilkan dalam kotak pendingin.



Gambar 2. Data temperatur dan waktu modul TEC pendinginan air

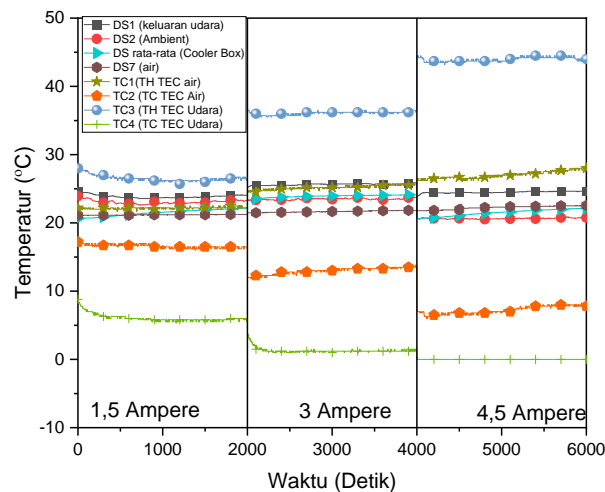
Pendinginan air pada permukaan panas modul TEC terjadi peningkatan temperatur permukaan (TC1) dikarenakan luasan *heatsink* dan banyaknya sirip belum mencukupi untuk proses perpindahan panas dari sisi panas modul TEC ke air. Dilihat dari temperatur sisi dingin (TC2) belum menunjukkan penurunan temperatur yang signifikan walaupun arus

listrik dinaikkan. Dalam penelitian ini menggunakan air pendingin yang tidak mengalir sehingga belum optimalnya proses perpindahan kalor dari permukaan panas modul TEC ke heatsink ke air (Gambar 2).



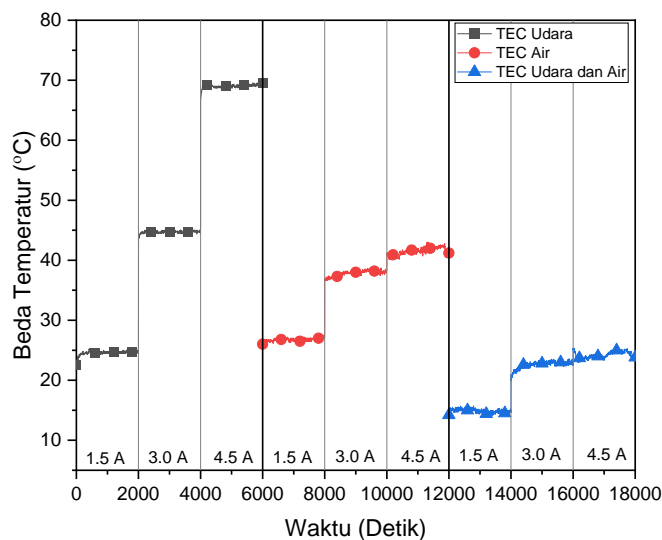
Gambar 3. Data temperatur dan waktu modul TEC pendinginan udara

Pendinginan udara memiliki kelebihan dikarenakan pendinginan permukaan sisi panas modul TEC menggunakan *fan* sehingga aliran kalor yang dibuang kontinyu. Pada arus listrik 4,5 A terjadi kenaikan suhu pada sisi dingin modul TEC, disebabkan pelepasan panas *heatsink* sudah maksimal pada arus listrik 3 A. Untuk itu, dibutuhkan dimensi *heatsink* yang lebih besar dan peningkatan kecepatan *fan* (Gambar 3).



Gambar 4. Data temperatur dan waktu modul TEC pendinginan air dan udara

Pendinginan air dan udara (2 modul TEC) terjadi penurunan temperatur sisi dingin (TC2 dan TC4) secara signifikan dan konstan pada setiap peningkatan arus listrik. Kenaikkan temperatur pada sisi panas modul TEC tidak terlalu tinggi dikarenakan arus listrik yang masuk ke masing-masing modul TEC terbagi dua secara paralel sehingga hanya menerima sebagian dari total arus listrik yang masuk (Gambar 4).



Gambar 5. Data beda temperatur dan waktu modul TEC

Beda temperatur permukaan panas dan dingin modul TEC menunjukkan bahwa TEC udara dan air adalah yang terbaik dari semua variasi pengukuran.

Tabel 1. Temperatur rata-rata kotak Pendingin

Pendingin Modul	Arus Listrik (A)	Temperatur rata-rata kotak pendingin (°C)
Udara	1,5	22,87
	3,0	24,44
	4,5	22,76
Air	1,5	23,10
	3,0	25,22
	4,5	25,17
Gabungan	1,5	22,90
	3,0	23,90
	4,5	21,48

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian modul TEC untuk mendinginkan ruang kotak pendingin dengan bantuan micro control arduino mega 2560 dan sensor temperatur DS18B20 dan termokopel tipe K disimpulkan sebagai berikut: Bahwa dengan pengujian dengan dua modul TEC (pendinginan udara dan air) dengan arus listrik 4,5 A yang dipasang secara paralel menghasilkan temperatur rata-rata kotak pendingin sebesar 21,48°C. Pendinginan air yang terbaik dikarenakan nilai konduktivitas termal air lebih besar dibandingkan udara.

Ucapan terima kasih

Ucapan Terima Kasih disampaikan kepada Rektor Universitas Sriwijaya yang telah mendanai penelitian/publikasi artikel ini oleh: Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2021. Nomor sp

DIPA023.17.2.677515/2021, tanggal 23 November 2020,. Sesuai dengan SK Rektor 0010ruN9/SK.LP2M.PTI2021 tanggal 28 April 2021.

Daftar Pustaka

- [1] Pourhedayat S. Application of thermoelectric as an instant running-water cooler; experimental study under different operating conditions. *Applied Energy* 2018; 229: 364–374.
- [2] Wang D, Crane D, Lagrandeur J. Design and analysis of a thermoelectric HVAC system for passenger vehicles. *SAE Technical Papers*. Epub ahead of print 2010. DOI: 10.4271/2010-01-0807.
- [3] Al-Shehri S, Saber HH. Experimental investigation of using thermoelectric cooling for computer chips. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* 2020; 32: 321–329.
- [4] Cekdin C, Nawawi Z, Faizal M. The usage of thermoelectric generator as a renewable energy source. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)* 2020; 18: 2186–2192.
- [5] Putra N, Koestoer RA, Adhitya M, et al. Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid. *MAKARA of Technology Series* 2010; 13: 53–58.
- [6] Meng JH, Wang XD, Chen WH. Performance investigation and design optimization of a thermoelectric generator applied in automobile exhaust waste heat recovery. *Energy Conversion and Management* 2016; 120: 71–80.
- [7] Royale A, Simic M, Lappas P. Engine exhaust manifold with thermoelectric generator unit. *International Journal of Engine Research*. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.1177/1468087420932779.
- [8] Balkrishan, Chand S, Soni A, et al. A Review on Thermoelectric Cooler. *IJIRST –International Journal for Innovative Research in Science & Technology* 2016; 2: 674–679.
- [9] Bizzy I, Apriansyah R. Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Minuman Kaleng Dengan Termoelektrik Bersumber Dari Arus DC Kendaraan dalam Rangkaian Seri dan Paralel. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII)* 2013; 23–24.
- [10] Putra HF, Suprayogi D, Ajiwiguna TA, et al. Pengembangan Kotak Pendingin Berbasis Termoelektrik dengan Memanfaatkan Heatpipes sebagai Komponen Pelepas Kalor. 2018; 5: 5801–5808.
- [11] Ananta H, Padang YA, Mirmanto M. Unjuk kerja kulkas termoelektrik dengan rangkaian seri dan paralel pada beban air 1500 ml. *Dinamika Teknik Mesin* 2017; 7: 80–86.
- [12] Mainil RI, Aziz A, M2 AK. Penggunaan Modul Thermoelectric sebagai Elemen Pendingin Box Cooler. *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Kampus ITENAS* 2015; 1: 44–49.
- [13] Aziz A, Mainil RI, Mainil AK, et al. Design of Portable Beverage Cooler Using One Stage Thermoelectric Cooler (TEC) Module. *Aceh International Journal of Science and Technology* 2017; 6: 29.
- [14] Mirmanto M, Syahrul S, Wirdan Y. Experimental performances of a thermoelectric cooler box with thermoelectric position variations. *Engineering Science and Technology, an International Journal* 2019; 22: 177–184.
- [15] Zola M, Cahyadi L, Alamsyah T. Cooler Box Dengan Thermoelectric Cooler Dengan Monitoring Suhu Berbasis Labview dan IOT. *Politeknologi* 2018; 17: 145–154.