

Aplikasi Efek Peltier Sebagai Kotak Penghangat dan Pendingin Berbasis Mikroprosesor Arduino Uno

Sri Purwiyanti¹, FX Arinto Setyawan², Windy Selviana, Desi Purnamasari

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

¹sripurwiyantisurya@yahoo.com

²fx.arinto@eng.unila.ac.id

Intisari--- Pada penelitian ini, salah satu modul termoelektrik, yaitu efek peltier, dimanfaatkan untuk membuat kotak pendingin dan penghangat. Arduino uno digunakan untuk mengolah hasil pembacaan sensor dan memutus daya secara otomatis jika suhu di atas *setting point*. Kinerja kotak tersebut kemudian diuji dan dianalisa dalam keadaan dengan beban dan tanpa beban pada berbagai kondisi. Dari hasil pengujian diketahui bahwa instrumen ini memiliki suhu maksimal penghangat sebesar 38°C dan suhu pendingin minimal sebesar 19,5° C. Efek dari arus, suhu lingkungan, dan dimensi ruang juga telah dianalisa, yang menunjukkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan cukup baik.

Kata kunci--- Termoelektrik, efek peltier, arduino uno.

Abstract--- In this research, one of thermoelectric module, i.e peltier effect, is used as a cooler and warmer box. Arduino uno has been used to process an input from sensor and cut off power supply if temperature more than setting point automatically. The performance of the box then be measured and analysed with and without a load under several conditions. From the measurement results, it has been known that the instrument reach maximum temperature at warm side is about 38°C and at cool side is 19.5°C. The effects of current, ambient temperatures and box dimensions also have been analysed, indicating that the instrument has a quite well performance.

Keywords--- Thermoelectric, peltier effect, arduino uno.

I.PENDAHULUAN

Saat ini refrigeran sudah digunakan secara luas pada berbagai peralatan rumah tangga. Namun, seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, mulai dipahami bahwa penggunaan refrigeran ternyata menimbulkan efek samping, yaitu dapat merusak struktur lapisan O₃ (Ozone) jika terurai di udara. Untuk itu dilakukanlah usaha-usaha untuk mengganti refrigeran, yaitu dengan mencari bahan kimia lain atau dengan mencari metode yang tepat.

Salah satu upaya untuk mengganti refrigeran pada instrumen penghangat dan pendingin makanan adalah dengan memanfaatkan salah satu metode termoelektrik, yaitu memanfaatkan efek

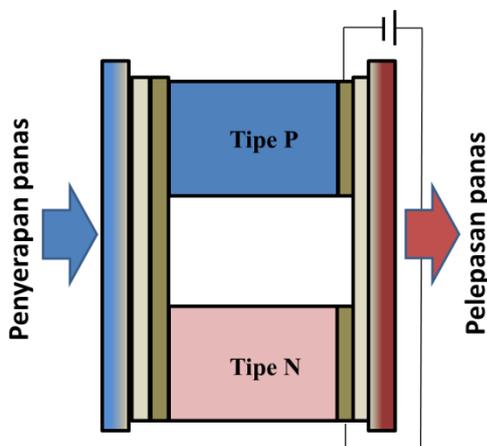
Peltier. Beberapa penelitian sudah dilakukan untuk memanfaatkan efek peltier namun hanya pada salah satu sisi saja, yaitu sebagai pemanas saja atau pendingin saja [1-4].

Penelitian ini juga memanfaatkan efek Peltier sebagai pengganti refrigeran. Perbedaan dengan penelitian sebelumnya adalah penelitian ini menggunakan kedua sisi efek peltier, sehingga instrumen yang dihasilkan dapat berfungsi sebagai penghangat dan sekaligus pendingin pada waktu yang bersamaan. Pada penelitian ini juga ditambahkan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengatur suhunya.

II. EFEK PELTIER

Efek peltier merupakan termoelektrik yang prinsip kerjanya merupakan kebalikan dari efek seeback. Efek peltier, di temukan oleh Jean Peltier pada tahun 1834, adalah fenomena dimana energi panas dapat diserap pada salah satu sambungan konduktor dan dilepaskan pada sambungan konduktor lainnya ketika arus listrik dialirkan pada suatu rangkaian tertutup. Atau dengan kata lain efek peltier mengkonversikan energi listrik menjadi perubahan suhu [5].

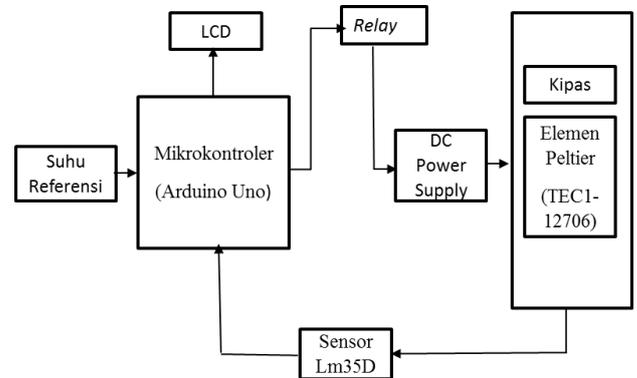
Prinsip kerja peltier diperlihatkan pada Gambar 1. Pada sistem peltier, dua jenis semikonduktor (tipe n dan tipe p) disusun berdampingan. Apabila bahan semikonduktor tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan, perbedaan energi fermi diantara kedua semikonduktor tersebut menyebabkan elektron akan mengalir dari semikonduktor tipe n ke tipe p dengan melewati *junction* [6]. Elektron yang sampai pada tipe p akan berekombinasi dengan hole dengan melepaskan energi dalam bentuk panas. Sebaliknya, pada bagian n, elektron akan melepaskan diri dari ikatan valensinya dengan menyerap energi panas. Dengan demikian, arus yang melewati *junction*, baik arah maju ataupun mundur, akan menghasilkan perbedaan suhu. Suhu *junction* panas tersebut dijaga agar tetap rendah dengan mengurangi atau menghilangkan panas yang dihasilkan dengan menggunakan *heat sink*, sedangkan suhu bagian dingin dipertahankan sesuai dengan yang diinginkan [7].



Gbr. 1 Sistem Peltier

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan instrumen penghangat sekaligus pendingin dengan blok diagram seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.

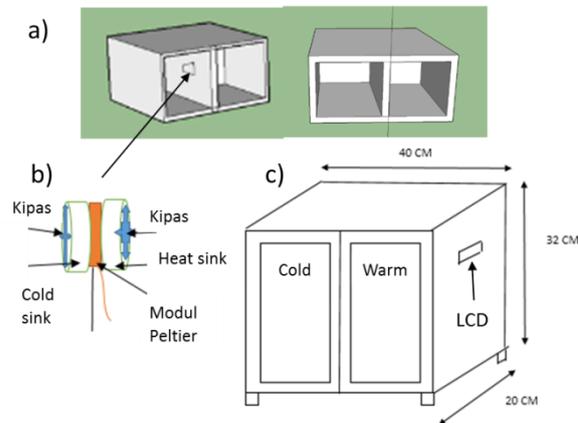


Gbr. 2 Blok Diagram Sistem

Cara kerja sistem dirancang dengan memanfaatkan efek termoelektrik dari modul termoelektrik TEC12706. Efek termoelektrik ini akan menyebabkan salah satu sisi modul menjadi panas dan sisi lainnya menjadi dingin. Bagian dingin dihubungkan dengan pelat aluminium yang berfungsi agar penyebaran dingin menjadi lebih maksimal. Bagian sisi panas peltier dihubungkan dengan heatsink yang berfungsi untuk menyebarkan panas dan kipas yang berfungsi untuk membuang panas yang dihasilkan oleh efek peltier. Panas yang dibuang akan terkumpul dalam kotak dan difungsikan sebagai penghangat. Sensor suhu LM35 digunakan untuk mendeteksi suhu yang dihasilkan pada bagian sisi dingin dan panas, sekaligus menjadi umpan balik. Arduino berfungsi mengatur *relay* yang terhubung dengan *power supply*. Data suhu pada bagian sisi panas dan dingin akan ditampilkan dalam LCD 16x2. Apabila suhu yang terukur oleh sensor pada bagian panas melebihi *setting point*, arduino akan memutuskan sambungan *relay* ke catu daya. Nilai *Setting point* atau suhu referensi pada bagian pemanas adalah 40°C.

Perancangan perangkat keras terdiri atas perancangan kotak, catu daya, sensor dan *display*. Kotak yang digunakan berupa kotak aluminium yang bagian luarnya dilapisi dengan *styrofoam* dan papan triplek.

Stryrofoam berfungsi agar panas dan dingin yang dihasilkan tidak keluar dari ruang kotak. Kotak memiliki dimensi luar 40cm x 20cm x 32cm dan dimensi dalamnya berukuran 14cm x 15cm x 24 cm. Desain kotak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gbr.3 (a) Kotak instrumen dengan rangkaian peltier, (b) Detil rangkaian peltier, (c) Dimensi kotak.

Kotak dibagi menjadi dua bagian yaitu sisi dingin dan sisi hangat. Sistem pendinginan dan pemanasan menggunakan modul termoelektrik yang diletakkan di bagian tengah kotak (Gbr 3.b). Perbedaan suhu yang diharapkan dalam sistem ini antara suhu panas dan dingin adalah sebesar 40 °C. Jika instrumen tersebut digunakan dengan suhu bagian panas $T_h = 50^\circ\text{C}$ dan suhu pada bagian pendingin $T_c = 10^\circ\text{C}$, dengan tegangan yang digunakan sebesar 12 V, maka arus yang dibutuhkan dan kalor yang diserap dapat diketahui sebagai berikut. Dari kedua suhu dapat diketahui selisih suhunya, yaitu $\Delta T = T_h - T_c = 50^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$. Berdasarkan diagram fungsi spesifikasi peltier [8], diketahui bahwa untuk $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ dan tegangan 12 V akan membutuhkan arus maksimal sebesar 3,79 A dan kalor yang diserap, Q_c , adalah sebesar 22 W.

Kotak tersebut menggunakan dua buah sensor suhu yaitu LM35 yang masing-masing diletakkan pada bagian sisi dingin dan panas. Pembacaan suhu dari sensor ditampilkan di LCD matrix 16x2.

Keluaran kedua sensor suhu tersebut menjadi masukan pada input analog arduino. Nilai yang diukur oleh sensor suhu LM35 adalah berupa tegangan. Nilai tegangan tersebut kemudian akan dikonversikan menjadi bilangan digital berupa suhu oleh arduino dan suhu tersebut kemudian ditampilkan oleh LCD.

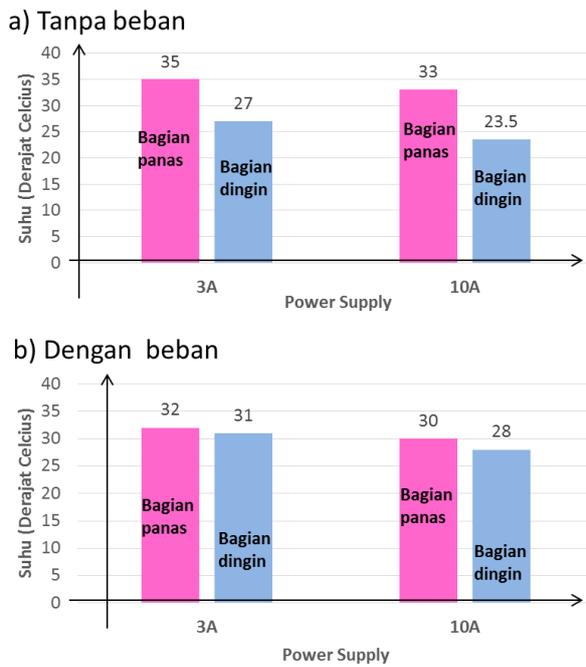
Modul termoelektrik peltier TEC1-12706 membutuhkan tegangan 12 V dan arus maksimal yang digunakan adalah sebesar 6 A. Rancangan catu daya yang digunakan menggunakan transformator 10 A dan 12 V.

IV. HASIL PENELITIAN

Setelah keseluruhan instrumen selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian untuk mengetahui apakah instrumen tersebut sudah dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Setelah tidak ditemukan masalah pada pengujian tahap pertama, yang berarti sistem dapat bekerja dengan baik, lalu dilanjutkan dengan pengujian tahap dua yang bertujuan untuk mempelajari kinerja instrumen. Pengujian tahap dua ini meliputi berbagai pengujian yang hasilnya dijelaskan pada uraian berikut.

A. Efek arus dan beban

Pengujian ini dilakukan dengan melewati arus ke rangkaian peltier sebesar 3 A dan 10 A, lalu dilakukan pengukuran suhu yang dicapai pada bagian pemanas dan bagian pendingin. Pengukuran dilakukan sebanyak 20 kali. Hasil pengukuran suhu rata-rata yang dicapai kedua bagian tersebut diperlihatkan pada Gbr. 4 (a).



Gbr 4. Efek arus pada kondisi: (a) Tanpa beban dan (b) Dengan beban

Pengukuran lalu diulangi dengan memberikan beban berupa air dalam kaleng sdengan volume 190 ml. Suhu rata-rata yang didapat diperlihatkan pada Gbr. 4(b).

Pada saat kotak tanpa beban atau ruang kosong (Gbr 4(a)), perbedaan suhu rata-rata antara bagian panas dan bagian dingin (ΔT) adalah sebesar $8^{\circ}C$ pada arus 3A dan $9,5^{\circ}C$ pada arus 10A. Hal ini memperlihatkan bahwa semakin besar arus yang mengalir, yang semakin besar adalah ΔT -nya, bukan suhu maksimalnya. Fenomena tersebut juga terjadi pada kondisi dengan beban, yaitu ΔT adalah sebesar $1^{\circ}C$ pada arus 3A dan $3^{\circ}C$ pada arus 10A. Pada kondisi dengan beban, ΔT lebih kecil karena sebagian suhu terserap oleh beban.

Hal lain yang ditemui adalah dengan membandingkan suhu pada arus yang sama tapi dalam kondisi tanpa dan dengan beban. Misalnya pada arus 3A. Saat diberi beban, suhu bagian panas menurun dari $35^{\circ}C$ menjadi $32^{\circ}C$, hal ini disebabkan sebagian panas terserap oleh beban. Namun, pada bagian dingin fenomena yang terjadi adalah sebaliknya, yaitu suhu tanpa beban $27^{\circ}C$ bertambah menjadi $31^{\circ}C$ saat diberi beban. Hal ini menunjukkan bahwa pada bagian dingin, beban melepaskan panasnya ke

kotak, sehingga suhu kotak meningkat sedangkan suhu beban sendiri menurun.

B. Efek suhu lingkungan

Faktor yang mempengaruhi kinerja kotak pemanas dan pendingin selanjutnya adalah efek suhu lingkungan. Pengujian dilakukan pada saat siang hari yaitu jam 12.00 WIB dan pada malam hari yaitu jam 19.00 WIB, masing-masing selama 30 menit dalam kondisi tanpa beban. Suhu rata-rata pada pengujian siang dan malam hari diperlihatkan pada Gbr. 5.

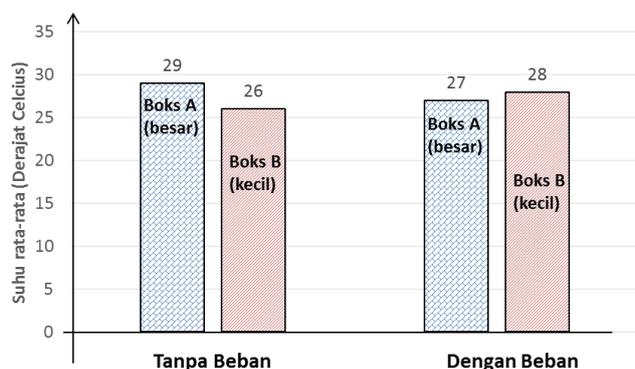


Gbr. 5. Efek suhu lingkungan

Perbedaan suhu yang didapat pada pengujian waktu siang dan malam hari disebabkan adanya pengaruh suhu luar terhadap suhu awal dalam kotak. Suhu awal merupakan suhu di dalam kotak pada menit ke-0. Perbedaan suhu awal berpengaruh pada suhu akhir yang dihasilkan kotak pemanas dan pendingin. Perbedaan suhu akhir kotak antara siang dan malam sebesar $3^{\circ}C$ pada sisi panas dan $9^{\circ}C$ pada sisi dingin. Hal ini membuktikan bahwa suhu lingkungan mempengaruhi kinerja kotak pemanas dan pendingin.

C. Efek dimensi ruang

Untuk mengetahui efek dimensi ruang terhadap kinerja sistem, pada penelitian ini dibuat dua instrumen dengan dimensi kotak yang berbeda. Kotak A berdimensi 40x30x20 cm dan kotak B dibuat lebih kecil dengan dimensi 10x10x10 cm. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi yaitu kondisi tanpa beban dan dengan beban, dengan arus 10A. Gbr 6 memperlihatkan hasil pengujian hanya pada sisi dingin saja.



Gbr. 6. Efek dimensi ruang pada suhu rata-rata sisi dingin, tanpa dan dengan beban.

Dari grafik di terlihat bahwa dalam keadaan kosong (tanpa beban), kotak berdimensi besar mencapai suhu 29°C dan kotak berdimensi kecil mencapai suhu 26°C . Hal ini terjadi karena pada kotak dimensi kecil, suhu dingin lebih mudah disebarkan secara merata ke seluruh penjuru kotak. Namun hasil yang berbeda didapat dalam kondisi dengan beban. Pada kotak kecil, terjadi peningkatan suhu sebesar 2°C saat kotak diberi beban. Ini berarti beban melepaskan energi panasnya ke kotak, sehingga suhu kotak naik dan suhu beban menurun, atau dengan kata lain beban menjadi semakin dingin. Namun pada kotak yang lebih besar, terjadi penurunan suhu sebesar 2°C , yang berarti beban tidak bertambah dingin. Hal ini menunjukkan bahwa kotak berdimensi kecil lebih efektif berfungsi sebagai kotak pendingin dibandingkan yang berdimensi besar, atau harus dicari solusi lain bila ingin membuat kotak pendingin yang berdimensi besar.

D. Suhu maksimal

Dari hasil pengujian didapat bahwa suhu maksimal sistem ini adalah sebesar 38°C pada sisi panas dan $19,5^{\circ}\text{C}$ pada sisi dingin, yang dicapai pada pengujian selama 20 menit pada siang hari. Sedangkan pengujian pada malam hari menghasilkan suhu maksimal dalam kotak sebesar $35,4^{\circ}\text{C}$ pada sisi panas dan $19,7^{\circ}\text{C}$ pada sisi dingin yang juga dicapai dalam waktu 20 menit. Setelah arus dimatikan, waktu yang dibutuhkan untuk kembali ke keadaan suhu awal adalah selama 3 menit untuk sisi dingin dan 15 menit untuk sisi panas.

E. Repeatability

Repeatability merupakan pengulangan kinerja alat untuk mengetahui seberapa jauh alat dapat menghasilkan nilai yang sama pada kondisi yang sama. Pengujian alat dilakukan pada siang hari dengan melakukan pengulangan sebanyak empat kali menggunakan arus 3A, pada kotak kecil tanpa beban. Hasil pengukuran diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Pengujian	Suhu Awal (menit ke-0)		Suhu Akhir (menit ke-30)	
	Sisi Panas	Sisi Dingin	Sisi Panas	Sisi Dingin
1	28.8	28.4	31.6	19.4
2	29.6	30.4	32.6	22
3	30.1	30.2	35	24.8
4	29.5	29.3	35.1	24.1

Dari hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa pengulangan pengukuran telah menghasilkan nilai yang beragam. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat *repeability* dari alat yang dibuat tidak begitu baik. Salah satu penyebabnya adalah mungkin karena suhu awal yang memang berbeda pada setiap pengujian

V. PENUTUP

Pada penelitian ini telah dirancang dan dibuat sebuah instrumen penghangat sekaligus pendingin yang memanfaatkan efek Peltier. Dari hasil pengujian diketahui bahwa instrumen ini memiliki suhu maksimal penghangat sebesar 38°C dan suhu pendingin minimal sebesar $19,5^{\circ}\text{C}$ dengan *repeatability* yang belum baik. Efek dari arus, suhu lingkungan, dan dimensi ruang juga telah dilakukan, yang menunjukkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan cukup baik, walaupun masih terbuka ruang untuk perbaikan kinerja

REFERENSI

- [1] B. Santoso, “Rancang Bangun *Cool-Hot Kotak* Dengan Menggunakan Pompa Kalor”, Universitas Indonesia. Depok, 2009.
- [2] H. Riyanto, dan S. Yoewono, Kaji Penerapan Efek Peltier Untuk Alat Kecil-Ringan Pendingin Minuman, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9, Palembang, 2010.
- [3] R.Umboh, O. Wuwung, E. Kendek Allo, dan B. S. Narasiang, “Perancangan Alat Pendingin *Portable* Menggunakan Elemen Peltier,” in e-Journal Teknik Elektro dan Komputer, 2012, Vol. 1 no. 3, pp 1-6.
- [4] P.K. Bansal, A. Martin, “Comparative Study of Vapour Compression, Thermoelectric and Absorption Refrigerator-Rs,” *International Journal of Energy Research*, 2000, 24(2), 93-107.
- [5] H. Lee, “The Thomson effect and the ideal equation on thermoelectric coolers,” *Energy*, 56, pp 61-69.
- [6] S. M. Sze, *Physics of Semiconductor Devices*, 2nd ed, John Wiley & Sons, New York, 1981.
- [7] J. E. Poetro, “Analisa Kinerja Sistem Pendingin Arus Searah (DC COOLER) Sebagai Upaya Konservasi Energi Pada BTS (Base Transceiverstatio),” Universitas Indonesia. 2011.
- [8] R. K. Rajput, *A textbook of refrigeration and air conditioning*, S.K. Kataria and sons, pp: 329-331, 2009.