

Perancangan Alat Pendinginan *Portable* Menggunakan Elemen Peltier

R. Umboh, J. O. Wuwung, E. Kendek Allo, B. S. Narasiang,
Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115, Email: umboh.ronald@gmail.com

Abstrak - Teknologi refrigerasi adalah bidang teknik yang berkaitan dengan penggunaan mesin untuk menjaga suhu suatu objek pada titik atau *range* tertentu, yang biasanya berkisar dari 25°C (suhu ruangan) sampai dengan -18°C. Teknologi refrigerasi saat ini menggunakan sistem kompresi gas yang menggunakan refrigeran sebagai penukar kalornya.

Refrigeran yang digunakan dalam sistem kompresi gas merupakan senyawa sintetik yang dirancang sedemikian rupa sebagai penukar kalor ideal. Namun, refrigeran ini dapat merusak lapisan ozon jika terurai di udara. Sehingga, rusaknya lapisan ozon ini memberikan dampak langsung pada pemanasan global.

Berdasarkan masalah tersebut, penulis memanfaatkan efek termoelektrik melalui elemen *peltier* dengan beberapa komponen penunjang seperti *heatsink* dan kipas dalam merencanakan sistem pendingin. Sistem pendingin tersebut dapat digunakan untuk menjaga suhu suatu objek berada dibawah suhu lingkungan. Untuk menunjang kerja sistem pendingin diperlukan sistem-sistem tambahan seperti termometer agar kita dapat mengetahui suhu sistem pendingin dan menentukan suhu objek yang ingin kita jaga melalui pengaturan setpoint suhu. Sistem pengendalian ini dikerjakan sepenuhnya oleh mikrokontroler AVR ATmega8535.

Kemampuan pendinginan dari sistem pendingin ini tergantung dari objek atau beban pendinginan yang kita berikan. Rata-rata suhu minimum yang dicapai adalah 20°C untuk pendinginan selama 1 jam.

Kata Kunci : Teknologi Refrigerasi, Efek Termoelektrik, Elemen *Peltier*, Sistem Pendingin

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi telah merambah dalam semua aspek kehidupan manusia, salah satunya teknologi *household appliances* yang sudah tidak terlepas dari keseharian kegiatan manusia saat ini. *Household appliances* atau peralatan rumah tangga adalah berbagai peralatan yang mempermudah manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari di dalam rumah/tempat tinggalnya. Peralatan rumah tangga adalah salah satu contoh teknologi yang terus berkembang mengikuti kebutuhan manusia akan berbagai faktor, misalnya, kemudahan, keandalan, kenyamanan, ekonomi, dan sebagainya.

Seiring perkembangan teknologi dalam bidang *household appliances*, manusia menyadari bahwa terdapat hal yang merugikan. Beberapa bahan kimia yang digunakan manusia sebagai salah satu sumber daya peralatan rumah tangga, terbukti berbahaya/tidak ramah lingkungan. Salah satunya adalah refrigeran yang digunakan dalam lemari es. Refrigeran adalah bahan kimia yang digunakan dalam siklus kerja lemari es yang dapat merusak struktur lapisan O₃ (*ozone*) jika terurai di udara. Hal ini sangat memprihatinkan karena merupakan penyebab utama terjadinya pemanasan global.

Upaya untuk mengatasi penggunaan refrigeran yang dapat merusak lapisan *ozone* adalah dengan menggunakan bahan kimia lain yang tidak merugikan atau mengaplikasikan metode lain yang tidak menggunakan bahan kimia. Perlu dipertimbangkan metode yang tetap bekerja sebagai pompa kalor, namun dalam aplikasinya, tidak lagi menggunakan siklus kompresi-uap seperti yang digunakan lemari es saat ini.

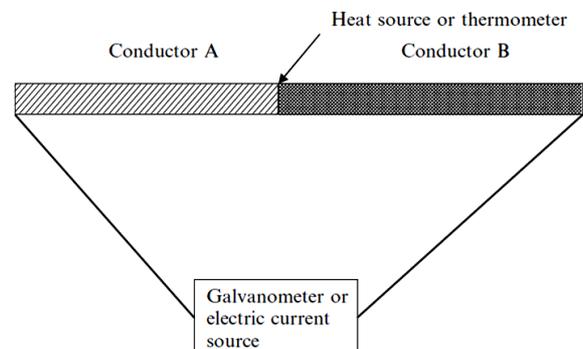
Sebut saja efek termoelektrik. Efek termoelektrik adalah hubungan antara energi panas dan energi listrik yang terjadi pada titik temu antara dua jenis logam yang berbeda. Efek termoelektrik ini kini dikembangkan dalam suatu alat yang disebut elemen *Peltier*. Dengan kelebihan maupun kekurangannya, elemen ini dapat direkayasa dalam merancang suatu sistem pendingin yang nantinya dapat menggantikan sistem yang konvensional.

II. LANDASAN TEORI

A. Efek Termoelektrik

Efek termoelektrik pertama kali ditemukan pada tahun 1821 oleh T. J. Seebeck. Ia menunjukkan bahwa gaya gerak listrik (ggl) dapat dihasilkan dengan memanaskan titik sambungan antara dua penghantar listrik yang berbeda. Efek Seebeck dapat didemonstrasikan dengan membuat sambungan antara dua kawat dari jenis logam yang berbeda (misalnya, tembaga dan besi). Ujung kawat lainnya dihubungkan ke galvanometer atau voltmeter yang sensitif. Jika sambungan antara kawat dipanaskan, maka alat ukur akan membaca adanya sejumlah kecil tegangan. Susunan demonstrasi ini ditunjukkan pada gambar 1. Dua kawat dapat dikatakan membentuk sebuah termokopel. Didapati juga bahwa besar tegangan termoelektrik sebanding dengan perbedaan suhu antara titik sambungan termokopel dan koneksinya pada alat ukur.

Tiga belas tahun setelah Seebeck melakukan penemuannya, J. Peltier, seorang pembuat jam tangan,



Gambar 1. Eksperimen yang menunjukkan efek Seebeck dan Peltier

peneliti efek termoelektrik yang kedua. Ia mendapati dimana arus listrik yang melalui suatu termokopel akan menghasilkan efek pemanasan atau pendinginan bergantung pada arah aliran arus listrik tersebut. Efek Peltier cukup sulit untuk didemonstrasikan menggunakan termokopel karena selalu terdapat efek pemanasan Joule yang juga muncul. Jika digunakan susunan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, barulah efek peltier dapat didemonstrasikan, pada prinsipnya, mengganti meter dengan sumber arus searah dan menempatkan termometer kecil pada titik sambungan termokopel.

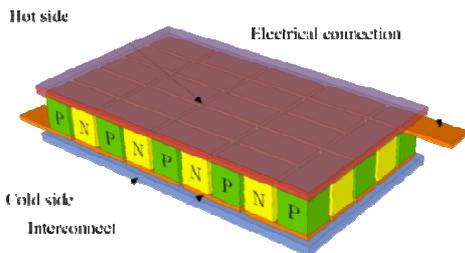
B. Elemen Peltier

Elemen *peltier* atau pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) adalah alat yang dapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah pada kedua kutub materialnya, dalam hal ini semikonduktor. Pada gambar 2 ditunjukkan bentuk fisik elemen *peltier*. Dalam hal refrigerasi, keuntungan utama dari elemen *peltier* adalah tidak adanya bagian yang bergerak atau cairan yang bersirkulasi, dan ukurannya kecil serta bentuknya mudah direkayasa. Sedangkan kekurangannya terletak pada faktor efisiensi daya yang rendah dan biaya perancangan sistem yang masih relatif mahal. Namun, kini banyak peneliti yang sedang mencoba mengembangkan elemen *peltier* yang murah dan efisien.

Gambar 3 menunjukkan elemen *peltier* tersusun atas serangkaian dua tipe semikonduktor (tipe-p dan tipe-n) yang dihubungkan secara seri. Pada setiap sambungan antara dua tipe semikonduktor tersebut dihubungkan dengan konduktor yang terbuat dari tembaga. Interkoneksi konduktor tersebut diletakkan masing-masing di bagian atas dan di bagian bawah semikonduktor. Konduktor bagian atas ditujukan untuk membuang kalor dan konduktor bagian bawah ditujukan untuk menyerap kalor. Pada kedua bagian interkoneksi ditempelkan pelat yang terbuat dari keramik. Pelat ini bertujuan untuk memusatkan kalor yang berasal dari konduktor.



Gambar 2. Elemen Peltier



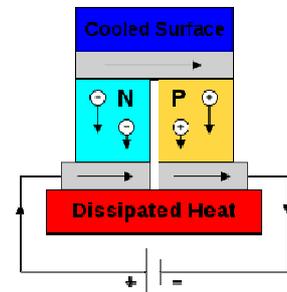
Gambar 3. Struktur elemen Peltier

Gambar 4 menunjukkan elemen *peltier* yang sedang dialiri arus listrik dan menimbulkan perbedaan suhu pada kedua interkoneksi. Interkoneksi yang dialiri arus dari arah semikonduktor tipe-n ke tipe-p akan menyerap kalor atau dengan kata lain menjadi dingin. Sedangkan, interkoneksi yang dialiri arus dari arah semikonduktor tipe-p ke tipe-n akan membuang/mendisipasi kalor atau dengan kata lain menjadi panas. Interkoneksi antara semikonduktor pada elemen *peltier* terbuat dari konduktor yang menyebabkan arus dapat mengalir dalam kedua arah, berbeda dengan dioda yang interkoneksinya (*depletion layer*) hanya membuat arus mengalir dalam satu arah saja.

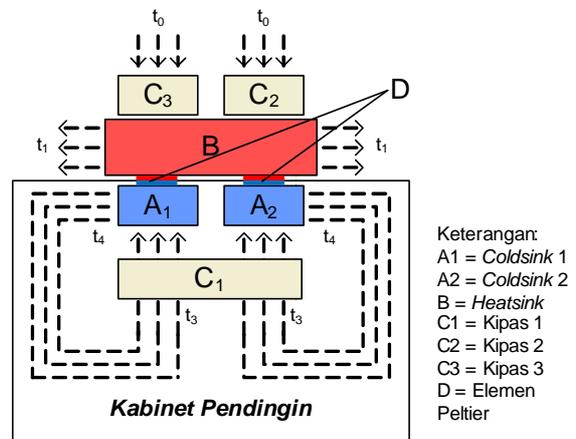
III. PERANCANGAN SISTEM

A. Skema Perancangan Sistem

Pada Gambar 5, 2 buah elemen *peltier* yang terdapat diantara *heatsink* dan *coldsink* bekerja saat dicatu oleh tegangan dc 12 V. Saat elemen tersebut bekerja masing-masing sisi elemen akan membuang kalor dan melepas kalor. *Heatsink* akan memfokuskan pembuangan kalor dan *coldsink* akan memfokuskan penyerapan kalor. Kipas C₂ dan C₃ akan mempercepat pembuangan kalor sedangkan C₁ akan mempercepat penyerapan kalor. Kipas C₂ dan C₃ akan meniupkan udara bersuhu t₀ (suhu lingkungan) ke *heatsink*, sehingga udara yang keluar dari *heatsink* bersuhu t₁. Kipas C₁ akan meniupkan udara bersuhu t₃ melalui *coldsink*, sehingga udara yang keluar dari *coldsink* bersuhu t₄. Seiring waktu, t₃ akan mencapai t₄ sehingga t₃ = t₄.



Gambar 4. Prinsip kerja elemen Peltier



Keterangan:
A1 = Coldsink 1
A2 = Coldsink 2
B = Heatsink
C1 = Kipas 1
C2 = Kipas 2
C3 = Kipas 3
D = Elemen Peltier

Gambar 5. Skema perancangan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Catu Daya

Untuk menguji catu daya, dilakukan 5 kali pengukuran pada tegangan dan arus keluaran. Untuk pengukuran tegangan dilakukan pengukuran saat tanpa beban dan saat diberikan beban. Tujuan dari pengujian catu daya ini adalah untuk mengetahui efisiensi dari catu daya.

Berdasarkan hasil pengujian, tingkat efisiensi catu daya berkisar antara **99,75% – 99,91%**, mengingat tidak ada catu daya yang sempurna atau memiliki tingkat efisiensi 100%.

B. Pengujian Sensor Suhu

Untuk menguji sensor suhu, dilakukan perbandingan antara termometer digital yang telah ditera terhadap IC sensor suhu LM35. Pengujian dilakukan pada kisaran suhu 10 °C – 40 °C. Keluaran IC sensor suhu LM35 adalah tegangan dc sebesar 10 mV/°C, oleh karena itu T pada sensor dapat ditentukan melalui $V_{OUT} \text{ sensor}/10\text{mV}$.

C. Pengujian Rangkaian ADC

Untuk menguji rangkaian ADC, masukan analog diberikan oleh keluaran IC sensor LM35, oleh karena itu kisaran tegangan analog adalah 298 mV – 398 mV. Keluaran dari rangkaian ADC telah dimasukkan ke dalam mikrokontroler sehingga dapat ditampilkan melalui tampilan *7-segment*, oleh karena itu hasil konversi ADC dapat langsung dibaca melalui tampilan *7-segment*, sehingga pengujian dapat dilakukan dengan membaca langsung hasil pada tampilan *7-segment* saat IC sensor LM35 diberikan variasi suhu. Keluaran ADC adalah tegangan dc dengan 2 keadaan yaitu 5 V saat logika “1” dan 0 V saat logika “0”.

TABEL II
PENGUJIAN RANGKAIAN ADC

V _{OUT} (IC Sensor LM35)	Keluaran ADC								Konversi Biner ke Desimal
	DB 0	DB 1	DB 2	DB 3	DB 4	DB 5	DB 6	DB 7	
298	0	1	1	1	1	0	0	0	30
309	1	1	1	1	1	0	0	0	31
318	0	0	0	0	0	1	0	0	32
328	1	0	0	0	0	1	0	0	33
339	0	1	0	0	0	1	0	0	34
348	1	1	0	0	0	1	0	0	35
359	0	0	1	0	0	1	0	0	36
369	1	0	1	0	0	1	0	0	37
379	0	1	1	0	0	1	0	0	38
388	1	1	1	0	0	1	0	0	39
398	0	0	0	1	0	1	0	0	40

D. Pengujian Sistem Pendingin

Pengujian sistem pendingin dilakukan pada saat tidak ada beban pendinginan (kabinet kosong), dan pada air dengan tiga massa berbeda, masing-masing 100 gr, 200 gr dan 500 gr. Dimana pengujian dilakukan selama 60 menit untuk masing-masing sampel. Kesimpulan sementara penulis didapat berdasarkan,

1. Suhu minimum,
 - a. saat kosong (tidak ada beban) adalah 19°C
 - b. dengan air bermassa 100 gr adalah 22°C
 - c. dengan air bermassa 200 gr adalah 23°C
 - d. dengan air bermassa 500 gr adalah 23°C
2. Penurunan suhu yang paling signifikan terjadi antara menit 0 – 20,
 - a. saat kosong (tidak ada beban) sebesar 7°C
 - b. dengan air bermassa 100 gr sebesar 4°C
 - c. dengan air bermassa 200 gr sebesar 2°C
 - d. dengan air bermassa 500 gr sebesar 2°C

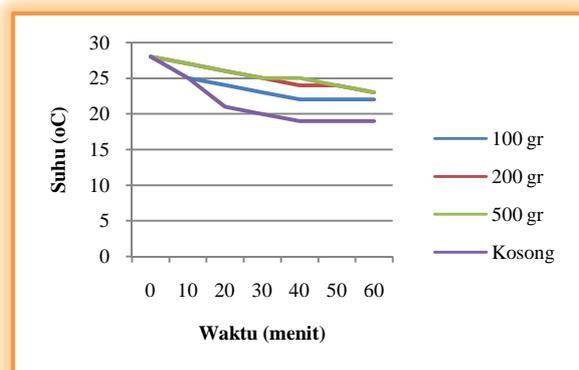
V. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Suhu minimum yang dapat dicapai sistem pendingin bergantung pada beban yang diberikan, dimana saat kosong suhu minimum adalah 19°C, dengan air bermassa 100 gr suhu minimum adalah 22°C, dengan air bermassa 200 gr suhu minimum adalah 23°C, dengan air bermassa 500 gr suhu minimum adalah 23°C.

TABEL III
PENGUJIAN SISTEM PENDINGIN

No.	t / menit	T _n / °C			
		Kosong	Air		
			100 gr	200 gr	500 gr
1.	0	28	28	28	28
2.	10	25	25	27	27
3.	20	21	24	26	26
4.	30	20	23	25	25
5.	40	19	22	24	25
6.	50	19	22	24	24
7.	60	19	22	23	23



Gambar 14. Penurunan Suhu Untuk 4 Keadaan Beban

2. Penurunan suhu yang paling signifikan terjadi selama 20 menit dari saat sistem diaktifkan, dimana saat kosong sebesar 7°C, dengan air bermassa 100 gr sebesar 4°C, dengan air bermassa 200 gr sebesar 2°C, dan dengan air bermassa 500 gr sebesar 2°C.
3. Setelah 20 menit, suhu akan turun $\pm 1^\circ\text{C}$ per 10 menit sampai suhu konstan pada menit ke 60.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Arismunandar, *Penyegaran Udara*, Bandung, 1995.
- [2] F. J. Blatt, *Physics of Electronic Conduction in Solids*, New York 2000.
- [3] H. J. Goldsmid, *Introduction to Thermoelectricity*, London, 2009.
- [4] I. M. Gottlieb, *Catu Daya-Switching Regulator*, Jakarta, 1992
- [5] K. Handoko, *Lemari Es*, Jakarta, 1981.
- [6] S. Hasan, *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 1*, Direktorat Pembinaan SMK, Bandung, 2008.
- [7] K. F. Ibrahim, *Teknik Digital*, Yogyakarta, 1996.
- [8] J. H. Lienhard, *A Heat Transfer Textbook Third Edition*, Cambridge, 2008
- [9] A. K. Maini, *Digital Electronics*, West Sussex, 2007.
- [10] S. Rangkuti, *Mikrokontroler ATMEL AVR*, Bandung, 2010.
- [11] S. Wasito, *Vademekum Elektronika*, Jakarta, 1984.
- [12] D. L. Tobing, *Fisika Dasar 1*, Jakarta, 1996.
- [13] R. J. Traister, *Proyek IC 555*, Jakarta, 1987.
- [14] A. Winoto, *Mikrokontroler AVR ATmega8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*, Bandung, 2010.