

KAJI EKSPERIMENTAL COLD BOX MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK TEC1-12705

Denny M. E Soedjono⁽¹⁾, Joko Sarsetiyanto⁽²⁾, Giri Nugroho⁽³⁾,
Heru Mirmanto⁽⁴⁾, Rani Nugrahani Ayuningtyas⁽⁵⁾

^{1),2),3),4),5)} Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas
Vokasi -ITS
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya
Email : dsoedjono@gmail.com

Abstrak. Saat ini kebutuhan manusia kian meningkat seiring dengan meningkatnya perkembangan teknologi. Salah satu teknologi yang telah banyak digunakan masyarakat adalah Kulkas (Domestic Refrigerator) yang menggunakan unsur refrigerant sebagai media pendingin. Media pendingin ini dianggap tidak ramah lingkungan karena dapat merusak lapisan ozon bumi.

Oleh karena itu dibuat sistem pendinginan ramah lingkungan dengan menggunakan rangkaian thermoelectric "TEC1-12705", heatsink dan fan-heatsink yang dirangkai menjadi satu sebagai media dan sumber dingin pada Cool Box yang telah terisolasi dengan polyurethana dan polypropylene.

Berdasarkan Data Logger yang diambil secara berkala setiap 3 menit percobaan, hasil data temperatur terendah dari sumber dingin adalah 20.5° C dengan durasi waktu satu jam percobaan.

Kata kunci : Thermoelectric, Heatsink, perpindahan panas , sistem pendinginan, dan ramah lingkungan.

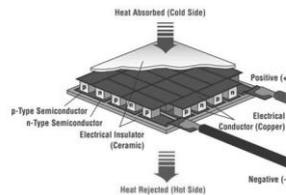
1. Pendahuluan

Pada zaman sekarang kebutuhan manusia kian meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi. Banyak penelitian yang menghasilkan teknologi berbasis ramah lingkungan. Teknologi ramah lingkungan diharapkan dapat tetap memenuhi kebutuhan manusia serta mengurangi dampak terjadinya pencemaran dan kerusakan pada lingkungan sekitarnya.

Salah satu teknologi yang telah dikembangkan adalah teknologi sistem pendingin seperti halnya produk, Air Conditioning dan Domestik Refrigerator (Kulkas). Kulkas pada umumnya digunakan sebagai pengawetan makan maupun barang produksi untuk menjaga kesegaran dan memperpanjang masa penggunaan, akan tetapi kulkas ini dianggap kurang ramah lingkungan karena menggunakan unsur refrigerant sebagai media pendingin. Refrigerant merupakan zat yang mudah berubah wujud dari gas menjadi cair, atau sebaliknya. Zat ini dianggap membahayakan lingkungan karena dapat berdampak pada penipisan ozon sehingga berpengaruh negatif bagi lingkungan.

Pada saat ini telah banyak penelitian dan percobaan yang dapat menggantikan fungsi dari refrigerant, salah satunya adalah modul Thermoelectric. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rupert Gouws dan Houston Eilers (2013) menyimpulkan bahwa untuk memaksimalkan efisiensi dari penggunaan thermoelectric sebagai pendingin dengan memperhitungkan perbedaan temperatur pada sisi sisi panas dan sisi dingin dari thermoelectric sebagai parameter pemilihan heatsink dan power supply. Kemudian dari penelitian oleh R. Umboh dkk (2013) mengatakan bahwa variasi pembebanan pada sistem pendinginan mempengaruhi dari laju perpindahan panas dan mempengaruhi temperatur terendah yang dapat dicapai. Selain itu, menurut Azrijal Aziz dkk (2015) variasi dari jumlah termoelektrik dan variasi pembebanan pada sistem pendinginan mempengaruhi dari laju perpindahan panas dan temperatur terendah yang dapat dicapai . Denny M. E Soedjono (2017) melakukan kaji numerikdan eksperimental menggunakan termoelektrik TEC1-21706, peneliti tertarik menggunakan termoelektrik TEC1-217205 karena mempunyai kebutuhan daya yang lebih kecil.

Thermoelectric merupakan teknologi yang terbuat dari solid state material (material zat padat) yang mengkonversi energi dari perbedaan temperatur ke beda potensial (efek Seebeck), atau sebaliknya (efek peltier). Kemampuan konversi tersebut berupa merubah perbedaan temperatur menjadi beda potensial, yang dapat menghantarkan arus listrik, selain itu beda potensial dapat menyebabkan terjadinya perbedaan temperatur pada kedua sisi termoelektrik (Gambar 1)



Gambar 1 *Thermoelectric Cooler*

Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana hasil temperatur dalam dinding yang dihasilkan oleh thermo elektrik, sesuai dengan data awal yang telah didapat melalui pengukuran dan yang telah di tentukan ?
2. Bagaimana distribusi temperatur pada *cold box*?

Batasan Masalah

Dalam pembahasan perencanaan ini, penulis memberikan batasan masalah untuk lebih memfokuskan isi laporan, sebagai berikut :

1. Menggunakan termoelektrik TEC1-21705
2. Batas beban maksimum yang di gunakan adalah 27 °C, yaitu suhu ruangan
3. Kondisi luar *cold box* terisolasi, sehingga analisis beban pendinginan hanya menghitung perpindahan panas secara konduksi
4. Kondisi steady state
5. Typical *Stainless steel cleaned*
6. Tidak ada massa benda lain di dalam *cold box*

Metodologi

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, diantaranya :

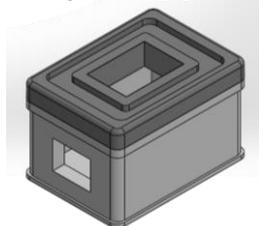
Tahap pertama adalah melakukan identifikasi masalah yang diduga terdapat berbagai masalah yang dapat diselesaikan dengan disiplin ilmu yang dipahami, kemudian dari berbagai permasalahan yang ada dirumuskan menjadi rumusan masalah, setelah rumusan masalah didapat, kemudian menentukan tujuan dan manfaat dari penelitian. Selain itu, perlu melakukan studi pustaka dari berbagai teori penunjang dan beberapa penelitian sebelumnya.

Tahap kedua adalah melakukan perancangan dan pembuatan alat uji

Tahap ketiga adalah pengambilan dan analisis data. Data-data tersebut digunakan untuk mengetahui besar unjuk kerja termoelektrik, menghitung koefisien perpindahan panas konduksi dan konveksi

Tahap selanjutnya adalah membuat laporan

Pada penelitian ini mengembangkan sistem pendinginan *thermoelectric* yang dirangkai dengan *heatsink* dan *fan-heatsink* serta *cool box* sebagai ruang pendingin (Gambar 2).



Gambar 2. Desain *Cool Box*

Detail desain *cool box*, bahan yang digunakan dan dimensi antara lain:

- a. Memiliki 3 lapis dinding dengan urutan dari dalam *cool box*, Polypropylene – polyurethane - polypropylene.
- b. Dengan dimensi *cool box*,
Panjang = 290 mm
Lebar = 210 mm

Kedalaman = 160 mm

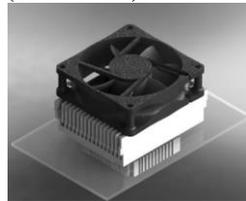
- Lapisan I, tebal = 2 mm
- Lapisan II, tebal = 30 mm
- Lapisan III, tebal = 2 mm

Thermoelectric yang digunakan jenis TEC1-12705 dengan jumlah satu modul berukuran 40x40x2mm dengan material kramik *Alumina* (Al_2O_3) dan *Bismuth Tin* (BiSn), dengan $I_{max} = 5.3A$, $U_{max} = 16.2V$, $R_{max} = 2.75\ Ohm$, serta $T_{max} = 50^{\circ}C$ (Gambar 3)



Gambar 3. *Thermoelectric* tipe TEC1-12705

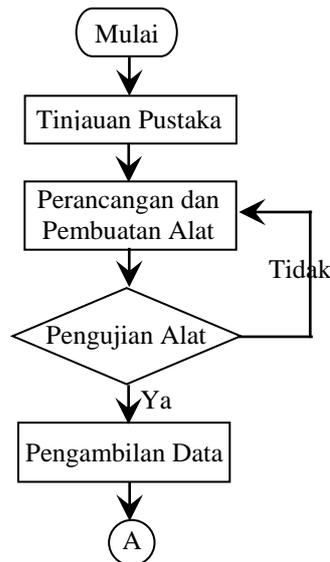
Pada sistem pendinginan *thermoelectric* akan dirangkai dengan *heatsink* serta *fan-heatsink* kemudian akan dihubungkan dengan *power supply* (Gambar 4)

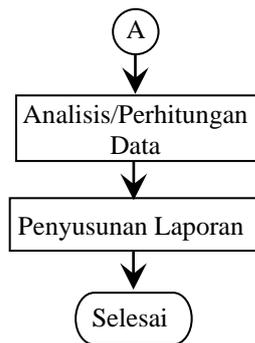


Gambar 4. Rangkaian Pendingin *Thermoelectric*

Sistem pendingin *thermoelectric* tersebut akan dipasang pada bagian atas *cool box* yang telah dibuat lubang dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran rangkaian pendingin *thermoelectric*.

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 5.





Gambar 5 Diagram alir penelitian

Perancangan Alat

Pada tahap ini proses perancang alat dimulai, dimulai dari pembuatan desain alat, pemilihan bahan seperti box styrofoam, dinding *stainless steel*, peltier(*thermo electric*), *heat sink*, dan kipas. Setelah bahan telah dipilih kemudian tahap pembuatan dan pemasangan bahan hingga alat siap diuji.

Pengambilan Data

Untuk mengetahui performa dari sistem pendingin termoelektrik ini maka diambil data temperatur pada setiap sisi di dalam *cool box*. Data temperatur diperoleh dengan memasang termokopel pada tiap sisi dalam *cool box* dan menghubungkannya dengan sensor suhu. Data yang diinginkan akan didapatkan melalui *data logger* dari waktu ke waktu dan diantar mukakan dengan komputer dengan software untuk mengaktifkan *data logger* tersebut (Gambar 6)



Gambar 6.a. Instalasi data logger
 b. Titik Pengambilan data

Data hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Temperatur Hasil Pengukuran

	T_s ($^{\circ}C$)	T_{∞} ($^{\circ}C$)
T₁	25,61	24,17
T₂	27,40	24,17
T₃	26,79	24,17
T₄	25,68	24,17
T₅	24,44	24,17
T₆	21,30	24,17

Pada setiap dinding akan didapatkan temperatur dimana sistem pendinginan sebelum dan sesudah dinyalakan. Dari temperatur tersebut akan didapatkan laju perpindahan panas pada dinding dengan memperhatikan koefisien konveksi dinding. Udara ini memiliki *properties* sehingga dapat menentukan nilai dari koefisien konveksi pada setiap dinding, berikut penyelesaiannya:

Bilangan Reynolds

Reynold number merupakan parameter yang tak berdimensi yang menunjukkan perbandingan gaya inersia dengan gaya gesek dari fluida tersebut, dari hal tersebut menentukan sifat-sifat dari aliran laminer atau turbulen. Besar nilai Reynold number dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R_{eL} = \frac{\rho V L}{\mu} \dots\dots\dots(1)$$

Bilangan Nusselt

Bilangan Nusselt adalah bilangan tak berdimensi yang dapat menentukan aliran yang terjadi pada cool box. Pada bilangan Nusselt terdiri dari 2 jenis aliran yaitu Laminer dan Turbulen.

$$N_{uL} = 0.664(R_{ex})^{\frac{1}{2}}(Pr)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(2)$$

Koefisien konveksi

Koefisien konveksi adalah besaran yang didapatkan berdasarkan jenis aliran dan koefisien konduksi pada setiap dinding.

$$h = \frac{N_{uL} \cdot k}{L} \dots\dots\dots(3)$$

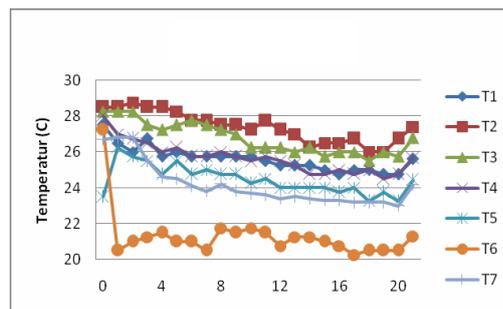
Perpindahan Panas Konveksi

$$q' = hA(T_s - T_\infty) \dots\dots\dots(4)$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan

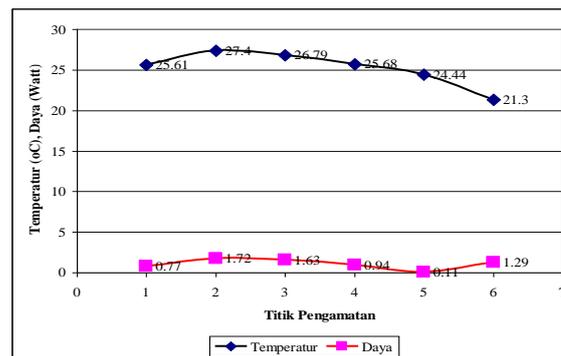
	L	ReD	NuL	h (W/m ² .K)	q'' (watt/m ²)	q (Watt)
T1	0,21	23259,82	90,56	11,50	16,57	0,77
T2	0,21	23204,88	90,21	11,46	37,02	1,72
T3	0,24	26699,23	96,77	10,71	28,06	1,63
T4	0,24	26787,79	96,97	10,69	16,14	0,94
T5	0,18	20811,64	85,47	12,16	3,28	0,11
T6	0,14	16555,54	76,23	13,75	39,46	1,29

2. Pembahasan



Gambar 7. Grafik Temperatur vs waktu

Kurva distribusi temperatur ditunjukkan pada Gambar 7. Disini terlihat bahwa penyebaran temperatur cukup merata pada seluruh ruangan dengan penurunan temperatur yang seragam. Kemiringan kurva yang lebih landai ini menggambarkan penurunan temperatur yang tidak terlalu cepat sehingga pendinginan semakin baik. Penurunan temperatur yang lambat tidak menyebabkan terjadinya lack of temperatur yang menyebabkan benda (makanan, sayuran dan buah) tidak menjadi rusak.



Gambar 8. Grafik Titik Pengamatan vs Temperatur dan Daya

Kurva pada Gambar 8 menunjukkan kebutuhan daya akan naik dengan turunnya temperatur, hal ini karena dibutuhkan pelepasan kalor yang lebih besar sehingga daya yang dibutuhkan juga semakin besar.

3. Simpulan

Dari hasil uji eksperimental dan pembahasan yang telah dilakukan, didapatkan beberapa aspek penting yang berkaitan dengan penempatan termoelektrik yang digunakan. Informasi yang diperoleh dalam penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam pemanfaatan termoelektrik untuk pendinginan, sehingga didapatkan kondisi yang optimum.

Beberapa hal penting dirangkum pada bagian ini, dengan harapan dapat berguna untuk pengembangan penelitian ini selanjutnya.

1. Temperatur terendah rata-rata yang didapat adalah 20.5°C , dengan beda temperatur sisi panas dan sisi dingin 25°C
2. Distribusi temperatur cukup baik dengan penurunan temperatur yang gradual

Saran

1. Data sheet termoelektrik beda temperatur sisi panas dan dingin dapat mencapai 66°C , sehingga bila percobaan dengan durasi yang lebih lama akan menghasilkan temperatur yang lebih rendah.
2. untuk mendapatkan temperatur yang lebih rendah sebaiknya dilakukan sistem bertingkat atau *cascade*, atau menggunakan jenis termoelektrik yang lain.

Daftar Pustaka

- [1]. Aziz, Azridal., Silpana, Villager., Subroto, Joko. 2015. "Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman". Pekanbaru : Universitas Riau.
- [2]. Bergman, Theodore L., Incropera, Frank P., Lavine, Adrienne S. 2011. "Fundamentals of Heat and Mass Transfer" 7th Edition. John Wiley & Sons, Incorporated.
- [3]. Chamorro, Diego G., Dumitru, Jean B., Morega, Alexandru M., dan Morega, Mihaela. 2013. "Numerical Simulation of Thermoelectric Heat Transfer Management". Bucharest, Romania.
- [4]. Eko Poetra, Joessianto. 2014 "Teknologi Termoelektrik": Bekasi, Universitas Indonesia.
- [5]. Gouws, Roupert., Eilers Houston. 2013. "A Review on Thetermoelectric Cooling Modules: Installation Design, Perfoemance and Efficiency". South Africa: Potchefstroom, North West University.
- [6]. Priambodo, Davit., Denny M.E. Soedjono 2016, "Kaji Eksperimen dan Numerik Cold Storage Termoelektrik 72 Watt": Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7]. Salman, Akram., 2012. "Seebeck and Peltier Effects" <http://www.sciencebuddies.org/mentoring/project_idea_s/Elec-p031.shtml>.
- [8]. Umboh R., Wuwung J. O., Allo Kendek E., & Narasiang B. S., 2013 "Perancangan Alat Pendingin Portable Menggunakan Elemen Peltier". Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- [9]. Yusuf, Mohamad, dkk., "Termoelektrik". Bandung, Institut Teknologi Bandung.