

Penggunaan Modul *Thermoelectric* sebagai Elemen Pendingin *Box Cooler*

Rahmat Iman Mainil¹, Azridjal Aziz¹, Afdhal Kurniawan M²,

¹Laboratorium Rekayasa Thermal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jl. WR Supratman Kandang Limun, Bengkulu 38371A

rahmat.iman@gmail.com, azridjal@yahoo.com, afdhal_km@yahoo.com,

Abstrak

Penelitian menggunakan modul *thermoelectric* sebagai elemen pendingin *box cooler* telah dilakukan. Pada penelitian ini modul *thermoelectric* digunakan sebagai elemen pendingin untuk mendinginkan sebuah ruang dingin *box cooler*. Jumlah modul pendingin yang digunakan serta beban kalor *box cooler* dan cara pendinginan akan mempengaruhi kinerja pendinginan yang dihasilkan. Kalor yang diserap pada sisi dingin dan kalor yang dibuang pada sisi panas menggunakan heat sink yang digabungkan dengan fan pendingin untuk mempercepat proses penyerapan atau penyerapan kalor (konveksi paksa). Sebuah blok aluminium digunakan untuk menghasilkan proses penyerapan kalor yang lebih baik dari sisi dingin. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan pengujian *box cooler* menggunakan beban pendingin dan tanpa beban pendingin. Hasil pengujian menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan ruangan pendingin tanpa menggunakan beban adalah 36 menit dengan temperatur stasioner $14,6^{\circ}\text{C}$. Untuk mendinginkan ruangan pendingin dengan menggunakan beban pendingin membutuhkan waktu 38 menit dengan temperatur stasioner $18,6^{\circ}\text{C}$. Rata-rata perbedaan temperatur ruang pendingin dengan dan tanpa beban pendingin adalah $3,61^{\circ}\text{C}$ dan perbedaan temperatur cold sink $2,1^{\circ}\text{C}$.

Kata-kata kunci : elemen pendingin, *thermoelectric*, *box cooler*, modul

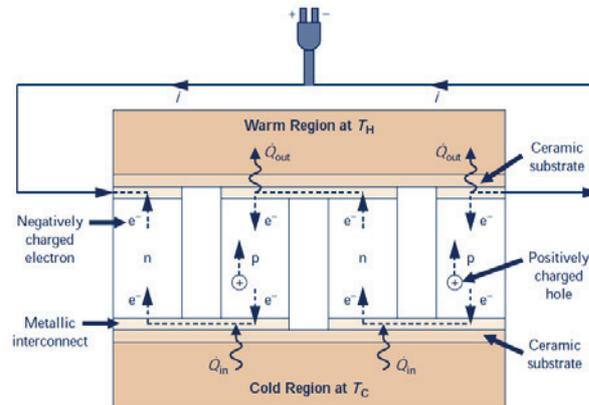
1. Pendahuluan

Proses pendinginan menjadi sangat penting disaat kebutuhan manusia dan kemajuan teknologi meningkat. Pendinginan dibutuhkan dalam hal pendistribusian obat – obatan, donor darah, makanan dan minuman untuk menjaga agar produk yang didinginkan tetap memiliki kualitas yang baik. Bagi orang yang suka menikmati sajian makanan dan minuman dalam kondisi dingin maka proses pendinginan sangat diperlukan. Pendinginan makanan atau minuman dapat menggunakan sistem refrigerasi yang memiliki ukuran yang cukup besar. Kebutuhan masyarakat yang *mobile* menginginkan proses pendinginan yang praktis dan mudah dibawa kemana – mana, misalnya ketika piknik, diperjalanan, atau jika bekerja dalam ruangan yang tidak memiliki kulkas.

Salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan menggunakan *box cooler* (kotak pendingin) yang memanfaatkan sebuah modul termoelektrik yang lebih dikenal dengan TEC (*Thermo Electric Cooler*). Skematik sebuah pendingin *thermoelectric* dapat dilihat pada Gambar 1, proses penyerapan kalor pada *cold region* dan proses pembuangan kalor pada *warm region* terjadi dengan pemberian kerja berupa kerja elektrik. Pendingin termoelektrik dapat menjadi alternatif teknologi disamping teknologi kompresi uap yang sudah banyak diaplikasikan dalam teknologi pendinginan. Dengan pengaplikasian modul termoelektrik sebagai media pendingin pada *box cooler* maka dapat dihasilkan sebuah pendingin yang ringkas, ringan, mudah dibawa kemana – mana, konsumsi energi yang rendah, dan mampu mempertahankan kualitas produk yang didinginkan.

Aziz, Subroto, Silpana, 2014, telah melakukan penelitian tentang aplikasi modul pendingin termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman. Penelitian dilakukan dengan pengujian pada

kotak pendingin dengan menggunakan jumlah elemen termoelektrik yang berbeda (2 atau 3 modul TEC). Kapasitas kotak pendingin 34 L. Penggunaan 3 modul TEC dengan fan dan blok aluminium memberikan pendinginan yang lebih baik setelah digunakan selama 150 menit, dengan temperatur kotak minuman mencapai 14,3 °C tanpa beban pendingin dan 16,4 °C dengan beban pendingin 1 liter air.



Gambar 1. Skematik sebuah pendingin *thermoelectric* (Moran, 2011)

Selain itu pada penelitian Akmal, 2014, analisis performansi *thermoelectric cooling box portable* menggunakan elemen *peltier* dengan susunan *cascade* menyatakan bahwa ada beberapa parameter yang mempengaruhi pendinginan yaitu jumlah *cascade* yang aktif dan besarnya input daya yang digunakan. Dimana 1 *cascade* aktif dicapai 26,38°C, 2 *cascade* aktif dicapai 23,44°C, 3 *cascade* aktif dicapai 19,77°C. Pada input daya 50,5 watt, 72,72 watt dan 113,64 watt yaitu mencapai temperatur pendinginan 19,98°C, 19,77°C, dan 18,52°C selama 120 menit.

Matthew Barry dkk, 2014, melakukan penelitian mengenai mini refrigerator, menggunakan *heat sink*, menganalisa kinerja TEC yang terintegrasi dengan penukar kalor. Dongliang Zhao dan Gang Tan, 2014, melakukan penelitian mengenai potensi penggunaan modul TEC, bahan dasar TEC, pemodelan dan aplikasinya untuk kebutuhan pendinginan skala kecil. Margreth Nino dkk, 2014, telah meneliti pengaruh penambahan elemen *peltier* terhadap kemampuan menjaga temperatur penyimpanan vaksin dengan berbahan dasar polivinil khlorida (pvc), dimana suhu vaksin dapat dipertahankan dengan memberikan daya listrik 72 Watt.

Rata-rata modul pendingin termoelektrik terbaik yang dijual secara komersil mempunyai tahanan termal 0,14 – 1,5 K/W. Halangan pembuangan panas timbul akibat tahanan termal yang tinggi sehingga menyebabkan modul *peltier* beroperasi pada temperatur yang agak tinggi akibatnya modul menjadi *overheat* dan dapat rusak dengan meningkatnya beban panas (*heat loads*). Penggunaan pendingin termoelektrik secara komersil diaplikasikan pada peralatan dengan beban kalor yang kecil seperti: pendingin CPU komputer, unit *cold storage* penyimpan obat-obatan, sistem pendingin akurarium, pendingin minuman.

Pada penelitian ini modul *thermoelectric* digunakan sebagai elemen pendingin untuk mendinginkan sebuah ruang dingin *box cooler*. Jumlah modul pendingin yang digunakan serta beban kalor *box cooler* dan cara pendinginan akan mempengaruhi kinerja pendinginan yang dihasilkan. **Kalor yang diserap pada sisi dingin dan kalor yang dibuang pada sisi panas menggunakan *heat sink* yang digabungkan dengan fan pendingin untuk mempercepat proses penyerapan atau pembuangan kalor (konveksi paksa). Sebuah blok aluminium digunakan untuk menghasilkan proses penyerapan kalor yang lebih baik dari sisi dingin.**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari *box cooler* dengan membandingkan *box cooler* saat diberikan beban dan tanpa beban serta waktu yang dibutuhkan untuk mencapai waktu

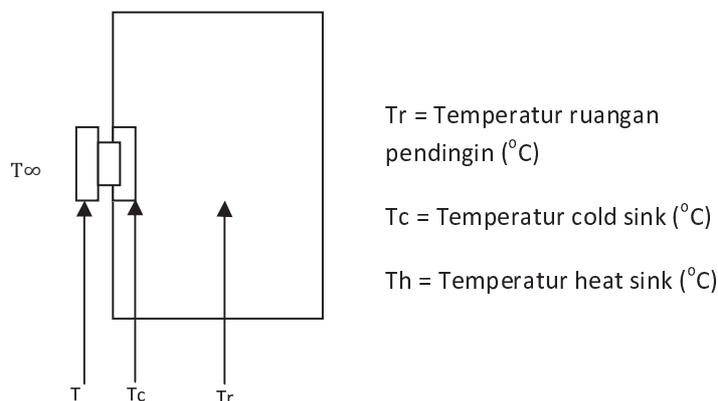
stasioner maka dilakukanlah penelitian ini. Diharapkan dengan penelitian ini dapat menjadi saran tindak lanjut untuk melakukan optimalisasi alat *box cooler* sehingga untuk penelitian yang akan datang alat ini memiliki performansi yang semakin baik.

2. Metodologi

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah kotak pendingin minuman dari sebuah *box cooler* berkapasitas 13,8 liter, menggunakan dua buah modul TEC dengan blok aluminium, yang didinginkan menggunakan *heat sink* dan *fan cooler*. Dalam penelitian ini digunakan Modul TEC tipe TEC1-12706 dengan dimensi TEC1-12706 berukuran 40mmx40mmx3,8mm. dengan spesifikasi massa 27gram, I_{max} 6,4 A, U_{max} 14,9V, $R = 1,98$ ohm, 127 couples dengan $\Delta T_{max} = 68^{\circ}\text{C}$, $Q_{max} (\Delta T=0)$ 53,0W (Aziz dkk, 2015).

Penelitian dilakukan secara ekperimental untuk mengetahui temperatur pendinginan yang dapat dicapai dengan memvariasikan penggunaan jumlah modul TEC, penggunaan fan cooler, dan penggunaan blok aluminium. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan kemampuan pendinginan dari *thermoelectric cooler*. Temperatur dicatat setiap dua menit sampai temperatur di dalam ruangan turun selama 40 menit.

Pengambilan data dilakukan di beberapa titik seperti terlihat pada Gambar 2. berikut :



Gambar 2. Skematik Pengambilan Data Temperatur

Pengujian pertama dilakukan pada box pendingin tanpa menggunakan beban pendingin. Data temperatur ruangan pendingin (T_r), temperatur cold sink (T_c), temperatur heat sink (T_h), temperatur ambien (T_{∞}) diambil setiap dua menit sampai kondisi ruang pendingin menjadi stasioner (tidak ada lagi perubahan temperatur terhadap waktu). Pengujian berikutnya dilakukan dengan menambahkan beban pendingin kedalam ruang pendingin berupa air 2100 ml. Data temperatur ruangan pendingin (T_r), temperatur cold sink (T_c), temperatur heat sink (T_h), temperatur ambien (T_{∞}) diambil setiap dua menit sampai kondisi ruang pendingin menjadi stasioner (tidak ada lagi perubahan temperatur terhadap waktu). Hasil penelitian adalah pengamatan distribusi temperatur dari kotak pendingin yang menggunakan modul termoelektrik tersebut.

Data pengamatan dituangkan kedalam grafik distribusi temperatur. Alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data kotak pendingin minuman menggunakan modul termoelektrik adalah termokopel digital dan pencatat waktu (Stop watch).

Komponen *box cooler* menggunakan termoelektrik yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Kotak pendingin
2. Elemen peltier TEC-12706 dengan jumlah 2 buah
3. Heat sink 2 buah
4. Cold sink 1 buah
5. Fan 3 buah

Skema instalasi alat dapat ditunjukkan pada Gambar 3, tampak bahwa dua buah modul pendingin menggunakan dua buah *heat sink* di sisi luar (panas) dan mempunyai satu *heat sink* di sisi dingin (dalam ruang pendingin).



Gambar 3. Foto pengujian *box cooler*, tanpa beban (a), dengan beban pendingin (b)

Pengujian dilakukan pada saat kondisi alat tanpa beban dan pada saat alat diisi dengan beban pendingin berupa air *aqua* gelas. Sebelum melakukan pengujian maka harus dilakukan pengecekan alat sbb:

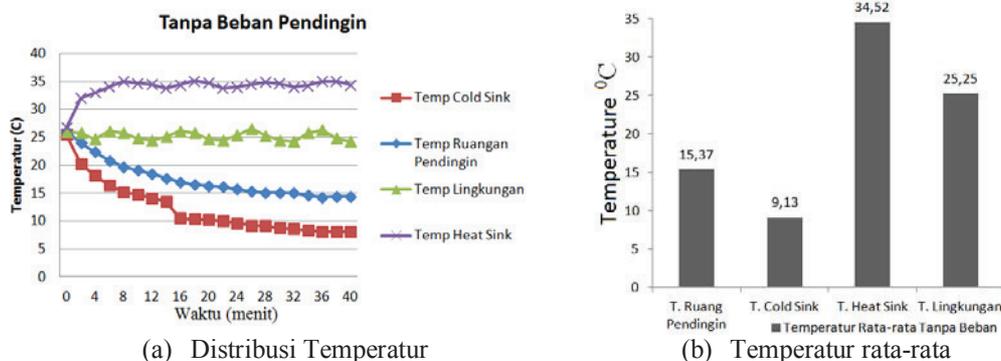
1. Pastikan semua tombol listrik dalam kondisi off.
2. Pastikan semua peralatan listrik sudah terinstall dengan baik.
3. Cek alat ukur temperatur apakah sudah berada dalam kondisi baik.
4. Cek pemasangan alat ukur apakah sudah baik dan sudah tepat posisinya.

Prosedur pengambilan data sbb:

1. Sambungkan kabel listrik pada tegangan 220 V
2. Aktifkan kipas angin dan modul elemen pendingin (peltier) diaktifkan dengan menekan tombol warna hijau pada posisi ON.
3. Ambil data setiap 5 menit sekali.

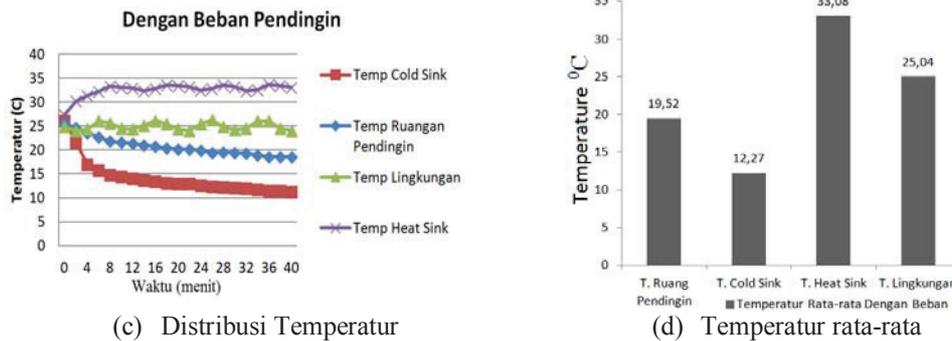
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian *box cooler* menggunakan modul termoelektrik tanpa beban pendingin dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4a menunjukkan distribusi temperatur pada *box cooler* sampai mencapai stasioner dan Gambar 4b menunjukkan temperatur rata-rata *box cooler* mulai menit ke 16 sampai kondisi stasioner.



Gambar 4. Grafik Temperatur *Box cooler* tanpa beban pendingin

Dari Gambar 4.a terlihat bahwa penurunan temperatur di dalam ruangan *boxcooler* cukup signifikan, ini berarti *box cooler* yang digunakan dalam pengujian bekerja dengan baik. Peningkatan temperatur *heat sink* menunjukkan bahwa panas dari dalam ruangan dan panas dari beban pendingin dibuang ke lingkungan. Waktu yang dibutuhkan oleh modul termoelektrik untuk mencapai temperatur stasioner (temperatur cenderung konstan atau tidak berubah terhadap waktu) selama 36 menit dengan temperatur stasioner 14,3 °C. Dari Gambar 4.b terlihat temperatur rata-rata *box cooler*, dimana temperatur rata-rata ruang dingin setelah menit ke 16 mencapai 15,37 °C pada kondisi tanpa beban dengan temperatur *cold sink* rata-rata 9,13 °C.



Gambar 5. Grafik Temperatur *Box cooler* dengan beban pendingin

Hasil pengujian *box cooler* menggunakan modul termoelektrik dengan beban pendingin dapat dilihat pada Gambar 5. Dari Gambar 5.a terlihat penurunan temperatur di dalam ruangan *box cooler* yang cukup signifikan, ini berarti *box cooler* sudah mampu mendinginkan beban yang ada di dalamnya. Peningkatan temperatur *heat sink* menunjukkan bahwa panas dari dalam ruangan dan panas dari beban pendingin dibuang ke lingkungan. Waktu yang dibutuhkan oleh modul termoelektrik untuk mencapai temperatur stasioner (temperatur cenderung konstan atau tidak berubah terhadap waktu) selama 38 menit dengan temperatur stasioner 18,6 °C. Dari Gambar 5.b terlihat temperatur rata-rata *box cooler* dengan beban lebih tinggi dari kondisi tanpa beban, dimana temperatur rata-rata ruang dingin setelah menit ke 16 mencapai 19,52 °C pada kondisi temperatur *cold sink* rata-rata 12,27 °C.

Dari Gambar 4 dan Gambar 5 terlihat temperatur ruang pendingin tanpa beban pendingin lebih rendah dari temperatur ruang pendingin dengan menggunakan beban. Waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan ruangan lebih cepat jika tidak menggunakan beban pendingin Hal ini disebabkan untuk *box cooler* yang menggunakan beban pendingin terdapat panas dari beban yang harus dikeluarkan dari ruang pendingin. Rata-rata perbedaan temperatur ruang pendingin dengan beban dan tanpa beban sekitar 3,61 °C. Temperatur *cold sink* tanpa menggunakan beban pendingin lebih rendah dari temperatur *cold sink* yang menggunakan beban pendingin. Dapat dilihat bahwa perbedaan rata-rata temperatur *cold sink* 2,1 °C.

4. Kesimpulan

Pemakaian modul TEC (efek Peltier) yang masih terbatas penggunaannya dapat diaplikasikan untuk pendinginan dengan beban pendingin kecil, namun sudah mampu untuk mendinginkan minuman kaleng atau air mineral botol. Penggunaan modul TEC pada *box cooler* dengan kapasitas 13,8 L memberikan hasil yang baik jika diaplikasikan untuk mendinginkan beban pendingin berupa air mineral. Capaian temperatur *box cooler* tanpa beban pendingin temperatur terendah 14,3 °C yang dicapai dengan waktu 36 menit. Sedangkan dengan menggunakan beban pendingin memiliki temperatur terendah 18,6 °C dalam waktu 38 menit. Makin banyak beban yang diberikan makin besar beban kalor yang harus diserap, sehingga capaian temperatur ruang menjadi lebih tinggi, dibanding tanpa beban.



Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah membiayai penelitian ini melalui Dana Hibah Penelitian Berbasis Laboratorium tahun 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akmal M, 2014. Analisis Performansi *Thermoelectric Cooling Box Portable* Menggunakan Elemen *Peltier* Dengan Susuna *Cascade*. Tugas Akhir. Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Riau.
- [2] Aziz, Subroto, Silpana. 2015. *Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman*. Jurnal Rekayasa.
- [3] Dongliang Zhao dan Gang Tan. 2014. *A Review of Thermoelectric Cooling:Material, Modeling and Applications*. Applied ThermalEngineering, Vol. 66, pp 14-24.
- [4] Margreth Nino, Ishak Sartana Limbong dan Ben Vasco Tarigan, 2014, *Pengaruh Penambahan Elemen Peltier terhadap Kemampuan Menjaga Temperatur Penyimpanan Vaksin dengan Berbahan Dasar Polivinil Klorida (PVC)*, Lontar Jurnal Teknik Mesin Undara, Vol. 1 no.2 2014, pp 40-46.
- [5] Matthew M. Barry, Kenechi A. Agbim, Minking K. Chyu, 2014, Journal of Electronic Materials.
- [6] Moran and Saphiro. 2011.*Fundamental of Engineering Thermodynamics*. 7 th Edition. New York: willey and Sons.