

## KAJIAN EKSPERIMENTAL ALAT MULTI FUNGSI BERCATU DAYA TERMOELEKTRIK UNTUK PENDINGINAN DAN PEMANASAN

Dian Wahyu<sup>1</sup>, Andriyanto<sup>1</sup>, Hanif<sup>1</sup>, Rino Sukma<sup>1</sup>, Yazmendra Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang, Padang  
Kampus Limau Manis – Padang

Email: dianwahyuitb@gmail.com

### ABSTRACT

*The versatile tool from thermoelectric power supply has been made and has satisfied performance. The selection of material and tool is chosen based on the product availability in the market and the cooling device is selected based on the number of cooling load. Thermoelectric cooler is one of the electrical components that transfer a heat to another side by electric discharge. Cold temperature generated in the cold side is used to cooling the working fluid and the heat temperature is used to heating the water. The water is used as cooling fluid and used as much as 3L to cooling the room temperature where it is integrated by fan to either accelerate the heat absorption process or dispose the heat. Small heat exchanger is used to expand the heat absorption area in a cooling room. The results show that cooling element is capable to work constantly on the cooling power for one element by 37 W. Meanwhile in the tool characteristics, it is capable to produce low temperature of 13 °C that begins in 40<sup>th</sup> minute. In addition, warm water temperature with volume of 30L is capable to produce 45 °C. The maximum efficiency from cooling device is occurred when the different temperature in both side is nearly minimum. Coefficient of performance (COP) of cooling system is obtained at 0,58.*

*Keywords: thermoelectric, cooling room system, COP (coefficient of performance)*

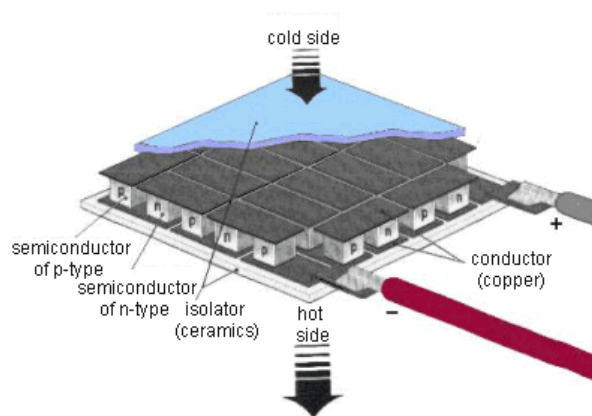
### PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat untuk pengkondisian udara pada rumah semakin meningkat, hal ini dikarenakan temperatur suhu dunia yang terus meningkat, banyaknya penggunaan pendingin konvensional seperti AC (*Air Conditioner*) yang banyak menggunakan energi sehingga meningkatkan pemakaian energi listrik untuk proses pengkondisian udara, dan meningkatkan potensi kerusakan lapisan ozon karena tingginya potensi kebocoran *freon/refrigerant* sewaktu mesin kompresi uap ini beroperasi. Pendinginan sangat dibutuhkan dalam proses penyimpanan dan pendistribusian obat – obatan, darah, makanan dan minuman. Hal ini ditujukan untuk menjaga agar produk yang diinginkan tetap memiliki kualitas yang baik.

Termoelektrik (TE) adalah suatu fenomena dimana adanya beda tegangan dapat menghasilkan beda temperatur dan sebaliknya. Efek pendinginan termoelektrik ditemukan oleh fisikawan Perancis, Jean Charles Athanase Peltier, pada tahun 1834. Efek pendinginan termoelektrik atau disebut efek *Peltier* adalah efek pendinginan yang terjadi pada sambungan dua material berbeda yang diberi tegangan/ arus listrik.

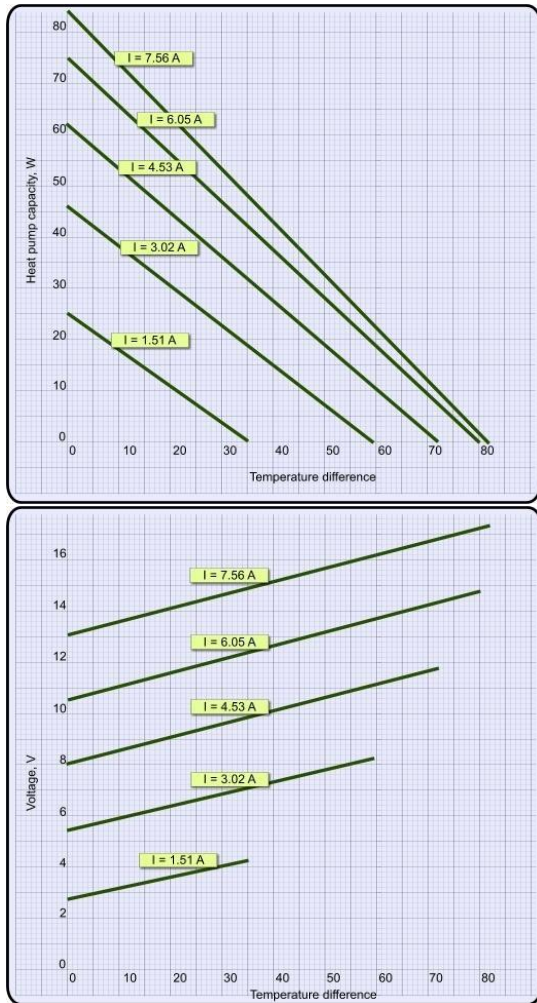
*Peltier Device* atau *thermoelectric cooler* (TEC) adalah suatu alat pendingin (pompa panas) yang

menggunakan prinsip termoelektrik seperti disajikan pada gambar 1.



Gambar 1 Thermoelectric Cooler atau TEC

TEC biasanya disertai dengan *datasheet* yang menunjukkan kurva performansinya. Kurva pada Gambar 2 sebagai contoh dari *datasheet* TEC karena kurva tersebut akan berbeda tergantung dari spesifikasi TEC yang digunakan dan produsennya. Dari kurva tersebut kita dapat mengetahui kapasitas panas, arus dan besar tegangan listrik yang diinginkan atau dibutuhkan pada sistem.



Gambar 2 Kurva performansi TEC Beda temperatur terhadap kapasitas panasnya, dan Beda temperatur terhadap tegangan listrik

Sebagai contoh, dalam proses pendinginan jika diketahui besar kapasitas panas yang ingin dibuang adalah 30 W dan arus yang ingin digunakan (atau maksimum arusnya) adalah 3,02 A maka dari kurva dapat diketahui beda temperaturnya sebesar 20°C. Lalu dari kurva yang satu lagi, kita bisa mengetahui besar tegangan yang diperlukan yaitu 7 V.

Pada saat ini telah banyak dikomersilkan pendingin *portable* yang menggunakan *thermoelectric*, namun pendingin ini masih sangat mahal meskipun dari konstruksi dan konsep sangat sederhana. Berdasarkan hal tersebut banyak peneliti melakukan penelitian tentang lemari pendingin *portable*, diantaranya penelitian dan, Aziz [1], Matthew Barry dkk [2].

Penelitian Mangsur FT UI yang berjudul Pengembangan *Cool Box* tipe cb-02 Multi Fungsi Ramah Lingkungan Berbasis Termoelektrik untuk Kendaraan Roda Dua. Pengembangan termoelektrik yang diterapkan pada *box* motor. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi pada *box* motor yang sudah ada dipasaran dengan volume 30

liter menjadi suatu alat pendingin yang dinamakan *cool box*. *Cool box* ini memakai tegangan aki sepeda motor sebesar 12 VDC menggunakan elemen peltier ganda, *fan* dan *heat sink* yang penempatannya berada dibawah *box* motor. *Cool box* tersebut menggunakan termoelektrik berupa 4 elemen peltier ganda untuk sisi pendinginnya dan *heat sink* sebagai pembuang panas sisi panas peltier. Hal ini bertujuan meningkatkan fungsi *system* pendingin pada *cool box* motor agar mencapai suhu kabin sebesar 6 °C serta kapasitas beban maksimal 5 liter. Namun suhu yang ditargetkan tidak dapat tercapai dan hanya mencapai suhu 12 °C dalam waktu 60 menit.

Aziz [1], telah melakukan penelitian tentang pengaplikasian elemen pendingin termoelektrik sebagai mesin pendingin kotak minuman. Penelitian dilakukan dengan pengujian pada kotak pendingin dengan menggunakan jumlah elemen termoelektrik yang berbeda (2 dan 3 buah elemen pendingin) dengan kapasitas kotak pendingin 34L. Hasil penelitian menunjukkan temperatur dapat dicapai 14,4°C tanpa beban dan 16,4 °C dengan beban dalam waktu 150 menit.

Onoroh francis, telah melakukan penelitian tentang *performance evaluation of a thermoelectric refrigerator*. Hasil penelitian menyebutkan *Coefficient of performance* (COP) dari sebuah elemen pendingin berada pada perbedaan temperatur antara *heat sink* dan *cold sink* paling tinggi.

Mayang awasthi, telah melakukan penelitian tentang *design and development of thermoelectric refrigerator*. Hasil penelitian menyebutkan untuk mendinginkan ruangan dengan volume 5 liter butuh waktu sekitar 10 menit jika menggunakan 3 buah elemen pendingin.

Matthew Barry dkk [2], melakukan penelitian mengenai mini refrigerator, menggunakan *heat sink*, menganalisa kinerja TEC yang terintegrasi dengan penukar kalor. Dongliang Zhao dan Gang Tan [3], melakukan penelitian mengenai potensi penggunaan modul TEC, bahan dasar TEC, pemodelan dan aplikasinya untuk kebutuhan pendinginan skala kecil. Margreth Nino dkk [4], telah meneliti pengaruh penambahan elemen peltier terhadap kemampuan menjaga temperatur penyimpanan vaksin dengan berbahan dasar polivinil khlorida memberikan daya listrik 72 Watt.

Sunaryo telah melakukan penelitian mengenai penggunaan pendingin *thermoelectric* pada *bts indoor* untuk mengurangi konsumsi energi listrik. Penelitian ini membahas penurunan suhu pada suatu *BTS indoor* dengan memasang peralatan pendingin *thermoelectric* pada rak baterai sehingga suhu dalam rak baterai dibawah suhu ruang yang ada. Volume shelter yang dipakai dalam penelitian ini berukuran 2,5 X 4 X 3 meter. Suhu ruang diluar shelter 30°C sedangkan suhu di

dalam shelter 24°C, akan mengalami penurunan sebesar 7- 10°C, sehingga dapat menghemat penggunaan daya sebesar 25 % per bulan dari jumlah pemakaian daya sebenarnya.

Selanjutnya penelitian Munib Achsani dan Agung Prijo Budijono yaitu Rancang Bangun Pendingin Ruang *Portable* dengan Memanfaatkan Efek perbedaan suhu pada *thermoelectric cooler*. Modul *thermoelectric cooler* ini mempunyai tegangan kerja 12 volt DC dengan arus 6 Ampere. Untuk memaksimalkan sisi dingin *thermoelectric cooler* maka pada *system* pendingin ini dilakukan pendinginan menggunakan *fan* sebagai alat bantu pendinginan *heat sink* sisi panas. Sistem pendingin ini membutuhkan daya 277.2 Watt dengan pengujian pertama mencapai 24.6 °C menggunakan dua *fan* menghembuskan udara kearah *heat sink* sisi panas, sedangkan pengujian yang kedua dilakukan kedua *fan* menarik udara panas dari *heat sink* sisi panas didapat hasil 24.3 °C. Pengujian ini dilakukan selama 30 menit dengan *temperature* awal 30.8 °C.

Berdasarkan penelitian diatas , timbul gagasan untuk membuat pendingin ruangan yang sumber pendinginnya menggunakan termoelektrik, Berdasarkan penelitian terdahulu terdapat hal-hal yang perlu ditingkatkan untuk menyempurnakan penelitian tersebut, salah satunya dengan mengganti *heat sink* dengan *heat exchanger* dan untuk perpindahan panas menggunakan tiga buah mini radiator yang dilengkapi fan. Penggantian *heat sink* dengan *heat exchanger* diyakini agar proses pemindahan panasnya cepat dan kerja peltier dalam mendinginkan optimal serta mendekati hasil pendinginan yang diinginkan tercapai/mendekati. Kelemahan lain pada penelitian terdahulu yaitu pemanfaatan elemen peltier hanya pada sisi *temperature* dinginnya saja sementara sisi *temperature* panas energinya belum dimanfaatkan.

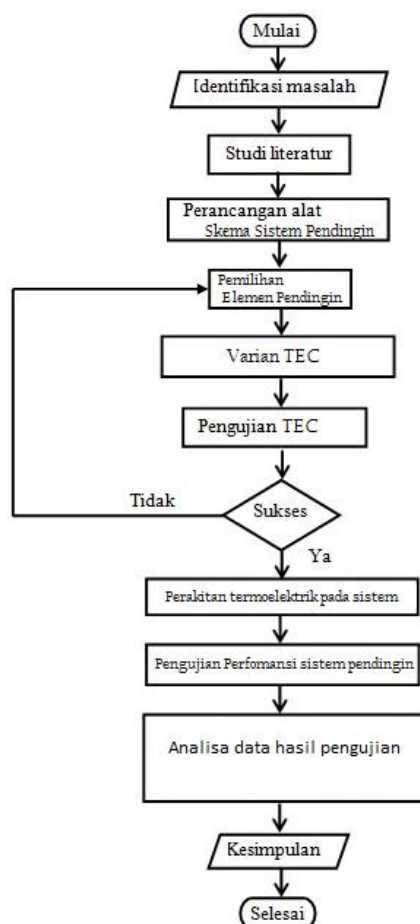
Berdasarkan hal tersebut, diciptakan mesin pendingin bercatu daya termoelektrik yang mampu menghasilkan *temperature* dingin pada ruang pendingin dan dapat menghasilkan *temperature* panas untuk memproduksi air hangat untuk keperluan yang diinginkan serta juga dapat menghangatkan ruangan, sehingga kedua sisi termoelektrik tersebut termanfaatkan dengan baik dan efektif. Diharapkan pendingin termoelektrik ini menjadi salah satu pilihan dalam bidang refrigerasi dan menjawab tantangan konservasi dan penghematan energi dewasa ini.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan sesuai rancangan dan pengujian. Untuk pembuatan dan pengujian keduanya dilakukan di Bengkel produksi dan Labor Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang.

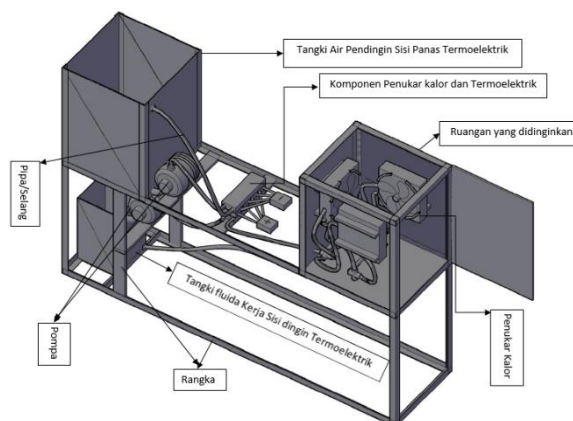
Alat multifungsi menggunakan bahan termoelektrik yang memiliki spesifikasi daya 63 W dan digunakan sebanyak 4 buah. Besar volume ruangan pada alat multifungsi adalah 100 L, dan fluida pendingin yang digunakan adalah air dan bervolume 2L.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 Diagram Alir untuk Pengujian

## Skema Rancangan Alat Pendingin Ruang

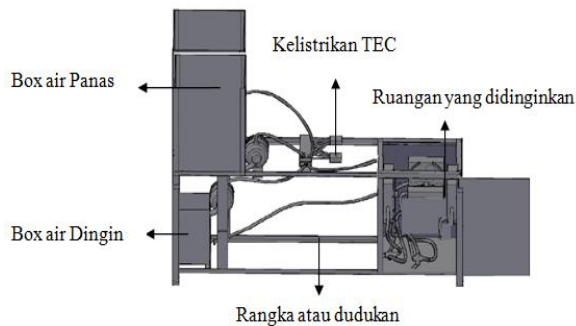


Gambar 4 Rancangan Alat multifungsi Bercatu Daya Termoelektrik

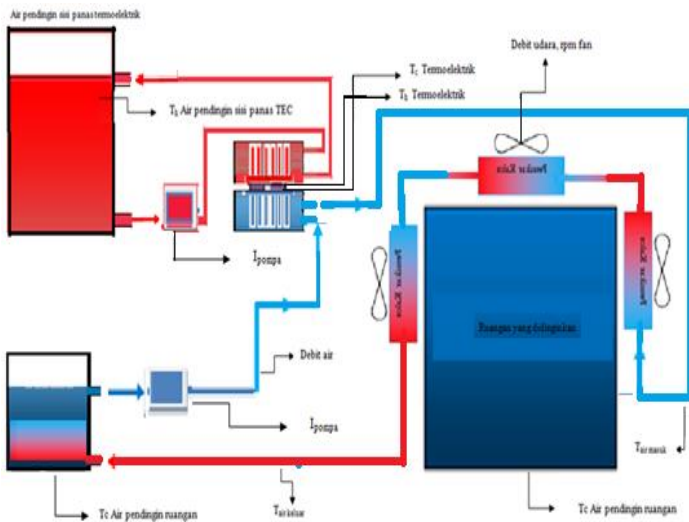


### Skema Pengujian Alat Multifungsi Bercahu Daya Termoelektrik

Pada pengujian ini akan dikembangkan proses pengkondisian ruangan dengan menggunakan empat buah elemen pendingin termoelektrik seperti yang disajikan pada Gambar 4. Untuk mendinginkan ruangan digunakan fluida pendingin air yang nantinya akan dilewatkan ke sebuah penukar kalor yang ditempatkan pada ruangan tersebut. Untuk proses alirannya digunakan dua pompa aquarium mini yang hemat daya. Air pendingin sebelum dialirkan pompa, terlebih dulu didinginkan oleh modul pendingin termoelektrik. Dibagian penukar kalor ditempatkan sebuah *fan/blower* yang digunakan untuk memaksa panas ruangan diserap oleh air pendingin.



Gambar 5 Mesin multi fungsi



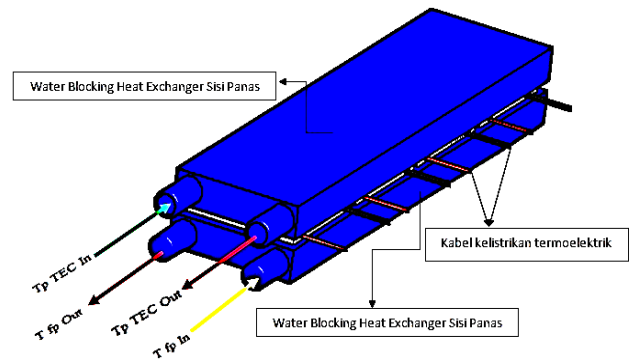
Gambar 6 Skema mesin multi fungsi

Tujuan akhir yang akan dicapai pada pengujian ini untuk mengetahui kemampuan penggunaan empat buah termoelektrik yang digunakan sesuai rancangan untuk menggantikan peran mesin pendingin kompresi uap. Skema yang disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6 memperlihatkan *system* mesin multi fungsi

menggunakan beberapa elemen pendingin termoelektrik. COP dari beberapa modul pendingin nantinya akan dapat ditentukan untuk skema perancangan yang telah di tetapkan. Pada Gambar 6 dapat dilihat beberapa parameter yang nantinya akan diukur, diantaranya pengukuran temperatur air pendingin dan debit pompa. Parameter tersebut sangat dibutuhkan untuk mendapatkan *coefficient of performance* (COP).

### Prosedur Pengujian Pengujian Unjuk Kerja Elemen Pendingin Ruangan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan elemen pendingin/termoelektrik dalam menghasilkan temperatur dingin dan panas, sehingga data hasil pengujian dapat dibandingkan dengan data perfomansi yang dikeluarkan oleh pabrik.



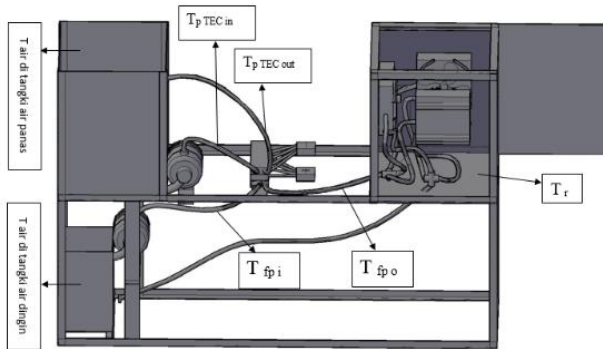
Gambar 7 Skema pengujian unjuk kerja elemen pendingin

Prosedur pengujian unjuk kerja alat pendingin yang akan dilakukan adalah :

1. Kondisikan temperatur lingkungan pada temperatur tertentu.
2. Sediakan peralatan dan alat ukur yang akan dibutuhkan.
3. Tentukan laju aliran massa air yang melalui kedua penukar kalor.
4. Catat temperatur air masuk dan keluar pada kedua penukar kalor.
5. Catat energi listrik penyuplai elemen pendingin.

### Pengujian Karakteristik Alat Pendingin

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari alat yang telah dibuat, sehingga kita dapat mengetahui suhu dingin yang optimal yang mampu dihasilkan oleh pendingin ruangan dan juga mengetahui temperatur air panas maksimum yang diproduksi. Komponen atau peralatan pendukung diperlukan agar pengujian dapat dilakukan. Peralatan peralatan tersebut berupa *termometer*, seperti yang disajikan pada Gambar 8.



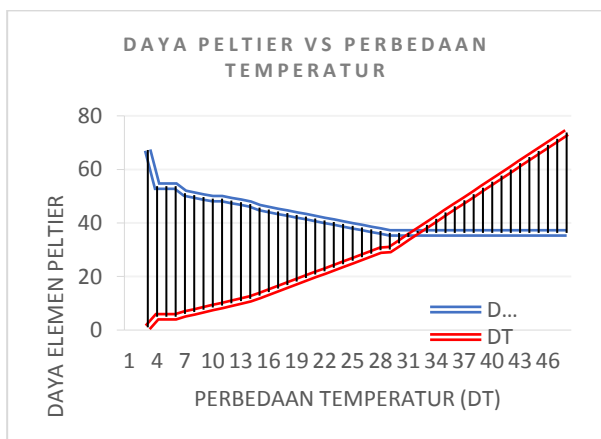
Gambar 8 Skema pengujian unjuk kerja elemen pendingin

Prosedur pengujian karakteristik alat pendingin yang akan dilakukan adalah :

1. Siapkan alat pendingin dan pasang sensor temperatur kedalam alat perangkat uji seperti ruang pendingin, reservoir air panas, dll.
2. Hubungkan alat pendingin ke *power supply*, sehingga *power supply* memberikan arus DC kesemua komponen *system* pendingin.
3. Setelah *system* pendingin mulai bekerja, atur katup untuk menetapkan debit air pendingin ruangan, dan proses pengambilan data siap dimulai.
4. Selama proses pendinginan, nantinya setiap 2 menit akan diambil data-data suhu perangkat uji

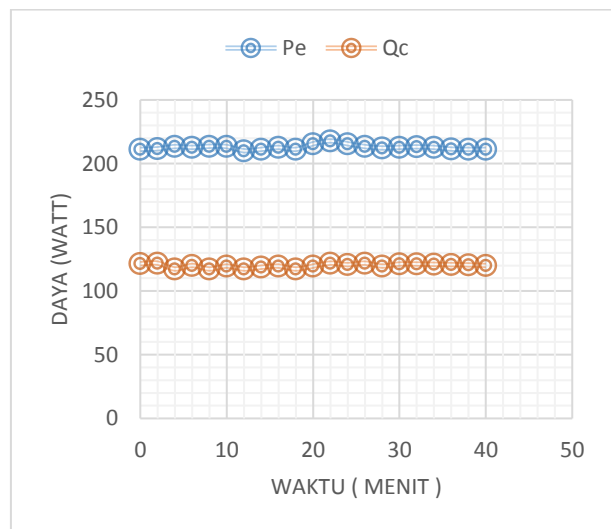
### HASIL DAN PEMBAHASAN Hasil Pengujian Kemampuan Elemen Pendingin Ruangan

Setelah melakukan pengujian, maka didapatkan beberapa data yang dapat digambarkan pada gambar berikut:

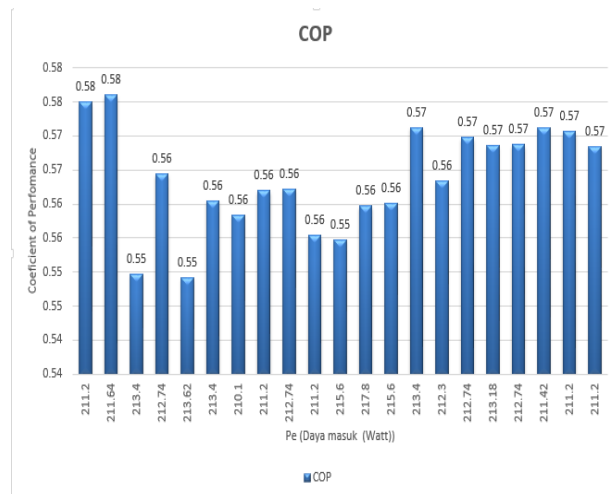


Gambar 9 Daya Peltier actual vs dengan perbedaan temperature kedua sisi peltier

Data yang disajikan pada Gambar 9 merupakan data pengujian untuk sebuah elemen peltier. Dari Gambar 9, dapat dilihat kemampuan elemen pendingin mengkonversikan energi listrik menjadi energi panas. Semakin tinggi perbedaan temperatur kedua sisi elemen pendingin maka semakin kecil kemampuan pendinginan elemen peltier. Dari gambar tersebut, didapatkan titik kerja dimana elemen peltier bekerja optimal yaitu pada perbedaan temperatur sebesar 31°C dimana daya peltier didapatkan sebesar 36 W. Dari data tersebut didapatkan pemahaman bahwa hasil data pengujian ini memiliki kemiripan jika dibandingkan dengan data yang dikeluarkan pabrik, sehingga data yang dikeluarkan oleh pabrik teruji jika mengacu pada hasil penelitian ini.



Gambar 10 Data daya masuk dan daya beban pendinginan

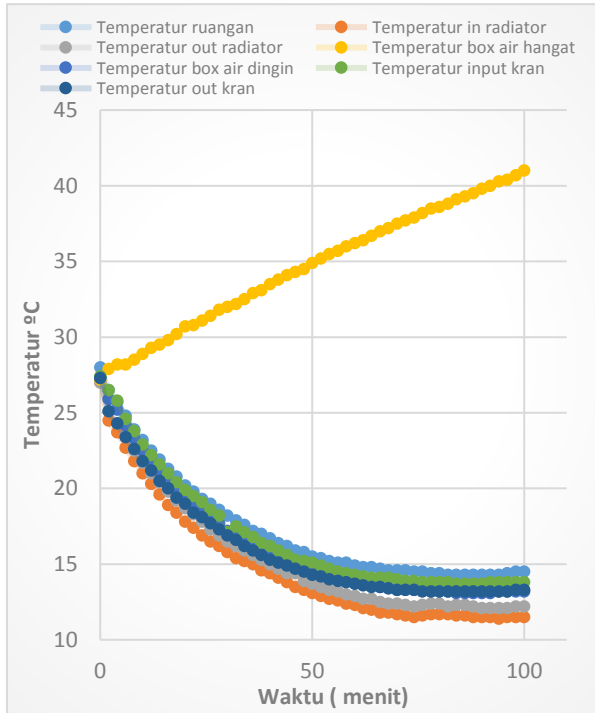


Gambar 11 COP Alat multifungsi

Dari Gambar 10 terlihat daya pendingin untuk mendinginkan beban, daya listrik suplai yang masuk rata-rata sekitar 211 Watt, dan dimanfaatkan sebesar 123 watt untuk pendinginan.

Gambar 11 memperlihatkan nilai *coefficient of performance* dari lemari pendingin minuman. Nilai COP tertinggi didapatkan sebesar 0,58. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan lemari pendingin mendinginkan beban dengan menggunakan elemen pendingin termoelektrik masih rendah jika dibandingkan dengan pendingin yang menggunakan siklus kompresi uap karena nilai COP nya rata-rata di atas 1.

**Hasil Pengujian Karakteristik Mesin Pendingin Ruangan**



Gambar 12 Distribusi temperatur untuk pengujian pendingin ruangan

Dari gambar 12 grafik temperatur di atas terlihat bahwa penurunan temperatur di dalam ruangan pendingin bervolume 100 L cukup signifikan, ini berarti pengujian bekerja dengan baik. Temperatur terendah ruangan pendingin yang mampu dicapai dengan tambahan pendinginan dengan sejumlah 2L air mineral sebesar 13 °C dalam waktu 60 menit. Sementara temperatur tertinggi air hangat bervolume 30L

yang mampu dicapai ketika temperatur ruangan stasioner adalah 45 °C.

**KESIMPULAN**

Dari pengujian pada alat ini, dapat diambil beberapa kesimpulan, pertama, hasil pengujian mengindikasikan alat ini sudah mampu untuk mendinginkan ruangan bervolume 100 L dan memiliki beban pendingin 2 L air mineral botol. Kedua, pemakaian elemen peltier pada alat sistem pendingin bervolume 100 L memberikan hasil yang baik jika diterapkan pada beban pendinginan yang kecil. Temperatur beban pendingin terendah yaitu 13 °C yang dicapai dengan waktu 40 menit, sedangkan temperatur air hangat yang dicapai yaitu sebesar 45 °C sewaktu temperatur ruangan terendah stasioner. Ketiga, daya rata-rata pendinginan yang didapatkan sewaktu pengujian adalah 37 W pada saat perbedaan temperature sebesar 31 °C, dan nilai COP alat sistem pendingin didapatkan sebesar 0,58.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu, alat sistem pendingin ruangan perlu ditambahkan isolator yang lebih bagus untuk dapat menahan panas agar bertahan lebih lama, pembuangan panas pada sisi panas dapat ditingkatkan dengan menggunakan teknologi *heat pipe*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Aziz, Subroto, Silpana. 2015. Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman. *Jurnal Rekayasa*.
- [2] Matthew M. Barry, Kenechi A. Agbim, Minking K. Chyu, 2014, *Journal of Electronic Materials*.
- [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.