

KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH KECEPATAN SIRKULASI AIR PADA *DISPENSER* TERHADAP UNJUK KERJA SISTEM PENDINGIN TERMOELETRIK

Adrianto, Kennedy M, Reyhan Kiay Demak, Danny Syamsu Wawolumaja

FAKULTAS TEKNIK, JURUSAN TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Palu-Sulawesi Tengah

Abstract: Experimental Study on the Effect of Water Circulation Speed on Dispensers on the Performance of Thermoelectric Cooling Systems. This study aims to compare the performance of passive motede commercial water dispenser cooling systems without circulation with the circulation method. Water circulates by rotating at speeds of 0.18 m / s and 0.36 m / s. Using a thermoelectric TEC-12706, a 2.1 liter cooling container, using aluminum water block for heat release media with a constant cooling water discharge and temperature maintained at 29 °C, on the cold side of the TEC using commercial aluminum cold sinks for water dispensers, testing was carried out for 90 minute.

The highest heat absorption occurs at water circulation velocity of 0.18 m / s and 0.36 m / s whereas without circulation the value of TEC heat absorption is much lower, circulation speed of 0.18 m / s the lowest water temperature at the top and bottom of the cold sink is 20.8 °C and 21 °C, the speed of 0.36 m / s is 20.7 °C and 20.8°C while there is no circulation ie 28 °C and 21 °C. Water circulation velocity of 0.18 m / s and 0.36 has a COP of 0.934 and 0.932 while without a circulation has a COP of 0.870.

Keywords: TEC, flow velocity, cold flow, temperature of the fluid

Abstrak: Kaji Eksperimental Pengaruh Kecepatan Sirkulasi Air Pada Dispenser Terhadap Unjuk Kerja Sistem Pendingin Termoeletrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja pada sistem pendingin air *dispenser* komersil motede pasif tanpa sirkulasi dengan metode sirkulasi. Air tersirkulasi dengan berputar pada kecepatan 0.18 m/s dan 0.36 m/s. Menggunakan sebuah *thermoelectric* TEC-12706, wadah pendinginan berkapasitas 2.1 liter, menggunakan *water block* aluminium untuk media pelepasan kalor dengan Debit air pendingin konstan dan temperatur dijaga pada 29 °C, pada sisi dingin TEC menggunakan *cold sink* aluminium komersil untuk *water dispenser*, pengujian dilakukan selama 90 menit.

Serapan kalor tertinggi terjadi pada kecepatan sirkulasi air 0.18 m/s dan 0.36 m/s sedangkan tanpa adanya sirkulasi nilai serapan kalor TEC jauh lebih rendah, kecepatan sirkulasi 0.18 m/s temperature air terendah pada bagian atas dan bagian bawah *cold sink* yaitu 20.8 °C dan 21 °C, kecepatan 0.36 m/s yaitu 20.7 °C dan 20.8°C sedangkan tanpa adanya sirkulasi yaitu 28 °C dan 21 °C. Kecepatan sirkulasi air 0.18 m/s dan 0.36 memiliki COP sebesar 0.934 dan 0.932 sedangkan tanpa adanya sirkulasi memiliki COP sebesar 0.870.

Kata Kunci : TEC, Kecepatan sirkulasi aliran, *Coldsink*, Temperatur fluida

PENDAHULUAN

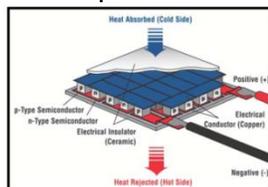
Sistem pendingin merupakan salah satu kebutuhan manusia yang dapat menunjang berbagai aspek kehidupan. Indonesia yang beriklim tropis, hampir di setiap rumah banyak ditemui peralatan yang menggunakan sistem pendingin ini. Pada rumah tangga, sistem pendingin digunakan pada peralatan seperti *dispenser* air mineral.

Pada *dispenser* air mineral dalam proses mendinginkan air menggunakan sistem pendingin termoeletrik (TEC), juga sering disebut pendingin peltier atau pompa panas yang memanfaatkan efek peltier. Termoeletrik (TEC) merupakan komponen elektronik yang mempunyai dua sisi dimana satu sisi mengeluarkan suhu panas dan di sisi lain mengeluarkan suhu dingin bila dialiri

listrik sehingga komponen ini dapat dimanfaatkan untuk pendinginan.

Termoelektrik (TEC) dalam proses pendinginan kinerjanya sangat dipengaruhi oleh kemampuannya dalam melepaskan kalor. Perbedaan temperatur sisi panas dan dingin dari termoelektrik (TEC) akan mempengaruhi peningkatan laju aliran kalor yang dihasilkan, dimana semakin kecil beda temperatur maka akan meningkatkan laju aliran kalor dari sistem tersebut (Kennedy dkk,2017).

Untuk meningkatkan pelepasan dan penyerapan kalor TEC biasanya digunakan alat berupa *heat sink* (udara) atau *water block* (cairan). Beberapa penelitian yang menggunakan peralatan tersebut diantaranya, Anggara (2016) menggunakan sebuah TEC1-12706. Penelitian ini menggunakan *box Styrofoam* berkapasitas 10 liter dan menggunakan *water block* aluminium sebagai *heat sink*. Fluida kerja air dengan variasi kecepatan aliran volume 1, 3 dan 6 liter per menit. Pada sisi dingin TEC ditempatkan *cold sink* dan kipas dengan kecepatan udara yang konstan. Hasilnya Kecepatan aliran fluida pendingin pada *heat sink* sangat berpengaruh terhadap temperatur kotak pendingin dan nilai COP sistem termoelektrik. Peningkatan laju aliran pendingin pada *heat sink* akan meningkatkan efek serapan kalor dan menurunkan temperatur ruang pendingin,



Gambar 1. Skema modul termoelektrik. Sumber: Laird Technologies thermal handbook (2010).

TEORI DASAR

Mesin pendingin termoelektrik atau yang sering disebut *Thermoelectric Cooler* (TEC) adalah menyerap panas di dalam kotak pendingin melalui terminal dingin dan dibuang pada terminal panas elemen termoelektrik. Penyerapan dan pembuangan

namun di sisi lain berdampak pada peningkatan daya input sistem.

Amrullah (2013) dalam penelitiannya tentang kinerja termoelektrik pada *dispenser* air mineral ia menggunakan *heat sink* pada sisi panas dan *cold sink* pada sisi dingin menjelaskan bahwa pada *dispenser* air mineral yang menggunakan peltier ganda memiliki kinerja yang lebih baik dari pada peltier tunggal, dimana peltier ganda dapat menurunkan temperatur air dari 29 °C hingga 12 °C dalam 360 menit, sedangkan pada peltier tunggal dapat menurunkan temperatur 647 gr air dari 29 °C menjadi 18 °C.

Untuk pendinginan termoelektrik pada penelitian ini akan menggunakan *water block* sebagai media pelepasan kalor, sementara pada sisi dingin akan menambahkan sebuah *balde* pada wadah yang akan digunakan, *balde* di fungsikan untuk menggerakkan fluida pada *dispenser*, fluida tersebut akan berputar pada kecepatan tertentu dalam proses pendinginan. Untuk mengetahui apakah proses ini akan berpengaruh besar untuk perubahan nilai pelepasan kalor pada air. Maka penelitian ini akan mengkaji pengaruh kecepatan sirkulasi air pada *dispenser* terhadap unjuk kerja sistem pendingin termoelektrik. Hasil penelitian ini kedepannya dapat diterapkan pada *water dispenser* agar dapat memperoleh waktu penurunan temperatur yang lebih baik sehingga kapasitas ruang pendingin dapat ditingkatkan.

panas terjadi akibat arus listrik DC yang mengalir ke beberapa pasang sel semi konduktor tipe-P (energi rendah) dan tipe-n (energi tinggi). Perpindahan elektron dari energi tinggi ke energi rendah dapat dilihat pada gambar berikut.

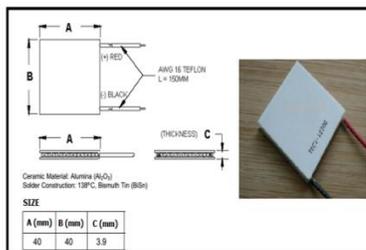
Perbedaan temperatur pada sisi terminal dingin dan terminal panas elemen termoelektrik terjadi akibat pergerakan elektron yang mengalir dari semi konduktor pada tipe-p yang kekurangan energi dan menyerap kalor untuk menambah energi

pada sisi dingin. Pergerakan elektron ditunjukkan dengan mengalirnya elektron ke tipe-n. ketika semi konduktor tipe-n kelebihan elektron, maaka elektron akan dibuang ke udara lingkungan dalam bentuk panas dan selanjutnya bergerak ke semi konduktor tipe-p begitulah seterusnya.

Pada kondisi ideal, jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin dan lepas pada sisi panas bergantung pada koefisien termoelektrik dan arus listrik yang digunakan. Pada saat dioperasikan jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin akan berkurang dikarenakan dua faktor, yaitu kalor yang terbentuk pada material semikonduktor dikarenakan perbedaan temperatur antara sisi dingin dan sisi panas elemen (*conducted heat*) dan *joule heat* yang nilainya akan sama dengan kuadrat dari arus listrik yang digunakan. Sehingga pada kondisi apapun kesetimbangan termal yang terjadi karena efek peltier pada sisi dingin akan sama dengan jumlah kalor yang terbentuk pada semikonduktor.

Dalam penelitian kali ini modul *thermoelectric* yang digunakan adalah tipe TEC1 – 12706, berikut adalah spesifikasinya :

1. Dimensi Peltier TEC1 – 12706



Gambar 2. Modul termoelektrik TEC-12706 sumber: heibei I.T Shanghai Co., Ltd. (2012)

2. Spesifikasi produk TEC1-12706

Tabel 1. Spesifikasi TEC-12706. sumber: heibei I.T Shanghai Co., Ltd. (2012)

No	Model Number : TEC1-12706
1	Size = (40x40x3.9) mm
2	A = 1.69x 10 ⁻⁶
3	I _{max} = 6 Amper
4	V _{max} = 14.4 Volt
5	N = 127
6	Δ _{max} = 66 °c
7	Q _{max} = 50 Watt

Dalam menganalisa kinerja modul termoelektrik dapat diamati bahwa perpindahan panas yang terjadi dari beban kalor menuju sisi dingin modul termoelektrik dapat diketahui dari jumlah kalor yang dipompa oleh efek Peltier, panas yang berpindah dari sisi panas ke sisi dingin karena konduktivitas termal material termoelektrik, dan sebagian dari total efek *Joule heating* yang ditimbulkan oleh arus listrik terhadap tahanan termal (Amrullah 2013).

- Kalor Yang Dipompa Oleh Efek Peltier
$$\dot{Q}_p = \alpha \cdot T_c \cdot I \tag{1}$$

- Kalor Yang Berpindah Karena Konduktivitas Termal
$$\dot{Q}_k = K \cdot \Delta T \tag{2}$$

- Efek Joule Heating Yang Ditimbulkan Oleh Arus Listrik
$$\dot{Q}_J = \frac{I^2 R}{2} \tag{3}$$

- Kalor Yang Diserap Pada SisiDingin Modul Termoelektrik
$$\dot{Q}_c = \alpha \cdot T_c \cdot I - K \cdot \Delta T_p - \frac{I^2 R}{2} \tag{4}$$

- Kalor Yang Dilepas Pada Sisi Panas Modul Termoelektrik
$$\dot{Q}_h = \alpha \cdot T_c \cdot I - K \cdot \Delta T_p + \frac{I^2 R}{2} \tag{5}$$

- Koefisien Seebeck
$$\alpha = 2 \cdot \alpha_m \cdot N \tag{6}$$

- Koefisien Seebeck Elemen
$$\alpha_m = \alpha_0 + \alpha_1 T_{ave} + \alpha_2 T_{ave}^2 \tag{7}$$

- Konduktifitas Termal
$$K = 2 \cdot K_m \cdot N \cdot G \tag{8}$$

- Konduktifitas Elemen
$$K_m = K_0 + K_1 T_{ave} + K_2 T_{ave}^2 \tag{9}$$

- Tahanan Elektrik

$$R = \frac{2 \cdot \rho \cdot N}{G} \quad (10)$$

- Tahanan Elektrik Elemen

$$\rho = \rho_0 + \rho_1 T_{ave} + \rho_2 T_{ave}^2 \quad (11)$$

- Kalor Yang Diserap Pada Sisi Dingin Modul Termoelektrik

$$\dot{Q}_c = 2N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T_p \cdot G - \left(\frac{I^2 \cdot \rho}{2G} \right) \right] \quad (12)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (2.6), (2.8), (2.10) kepersamaan (2.5) dapat diperoleh :

- Kalor Yang Dilepaskan Pada Sisi Panas Modul Termoelektrik

$$\dot{Q}_h = 2N \left[\alpha_m \cdot I \cdot T_c - K_m \cdot \Delta T_p \cdot G + \left(\frac{I^2 \cdot \rho}{2G} \right) \right] \quad (13)$$

- Daya Listrik Yang Diberikan Pada Modul Termoelektrik

$$P_{in} = V \cdot I \quad (14)$$

- Kesetimbangan Energi

$$\dot{Q}_h = \dot{Q}_c + P_{in} \quad (15)$$

karena merupakan gabungan dari tiga jenis sifat pada termoelektrik. Pendinginan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, fluida pada *dispenser* akan diputar atau bersirkulasi pada kecepatan, 0 (m/s), 0.18 (m/s) dan 0.36 (m/s), dengan volume 2.1 liter. Menggunakan sebuah *water cooling block* aluminium dimensi (40 x 40 x 12) mm, Debit air pendingin konstan dan temperatur dijaga pada 29 °C. Kemudian dilakukan pengukuran temperatur air untuk mengetahui pengaruh kondisi tersebut terhadap penurunan temperatur air dan kinerja sistem pendingin termoelektrik.

Dengan mensubstitusi persamaan (2.6), (2.8), (2.10) kepersamaan (2.4) dapat diperoleh :

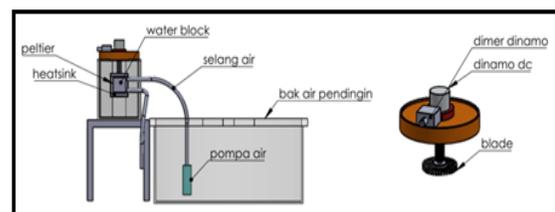
Figure of merit (Z) Sangat berpengaruh besar terhadap pendinginan yang terjadi, termoelektrik sangat dipengaruhi oleh nilai Z. Peningkatan nilai Z akan diiringi peningkatan nilai ΔT. Nilai Z juga dapat menunjukkan kualitas dari elemen termoelektrik. Dilihat dari segi kebutuhan temperatur yang digunakan, bahan termoelektrik memiliki tiga jenis yaitu: Bismuth Telluride (Bi2Te3), Lead Telluride (PbTe), dan perpaduan Silikon Germanium (SiGe).

$$Z = \frac{\alpha_m^2}{\rho \cdot K_m} \quad (16)$$

COP merupakan ukuran efisiensi dari suatu sistem pendingin termoelektrik yang dapat diketahui dari perbandingan besarnya kalor yang diserap pada sisi dingin terhadap besarnya daya listrik yang masuk. Besarnya COP pendinginan termoelektrik lebih kecil jika dibandingkan dengan COP mesin pendingin kompresi uap (Cengel and Boles,2006).

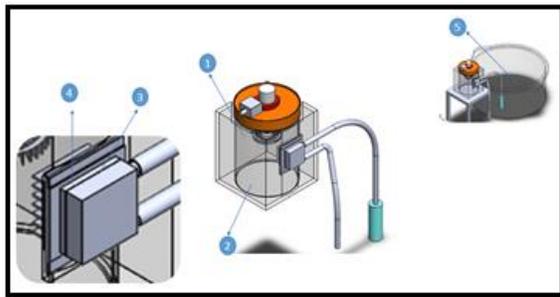
$$COP = \frac{\dot{Q}_c}{P_{in}} \quad (17)$$

Skema alat uji



Gambar 3. Skema alat uji

Penempatan alat ukur



Gambar 4. Penempatan alat ukur

Pada pengujian ini temperature yang akan di ukur adalah :

1. Temperatur fluida pada bagian atas *cold sink* .
2. Temperatur fluida pada bagian bawah *cold sink* .
3. Temperatur sisi panas TEC.
4. Temperatur sisi dingin TEC.
5. Temperatur fluida pendingin.

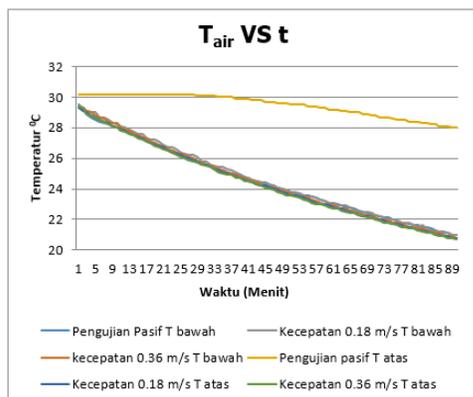
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian pengaruh kecepatan sirkulasi air pada *dispenser* terhadap unjuk kerja sistem pendingin termoelektrik, pelepasan kalor di sisi panas termoelektrik di usahakan konstan dengan mempertahankan temperatur air pendingin pada 29°C. Sehingga difokuskan pada pengaruh kecepatan sirkulasi air yang ada

bagian bawah *coldsink* memiliki pola penurunan yang hampir sama tetapi berbeda pada bagian atas *coldsink*. dengan temperatur awal sekitar 30°C dalam waktu 90 menit.

pengujian pada kondisi pasif menurunkan temperatur air menjadi 28°C dan 21°C pada bagian atas dan bawah *coldsink* kemudian kecepatan 0.18 m/s menurunkan temperatur menjadi 20.8°C dan 21°C sedangkan pada kecepatan 0.36 m/s menurunkan temperatur menjadi 20.7°C dan 20.8°C Hal ini membuktikan bahwa kecepatan sirkulasi air pada *dispenser* mempengaruhi penurunan temperatur air yang didinginkan.

Terjadinya perbedaan temperatur air pada bagian atas dan bagian bawah *coldsink* disebabkan perbedaan kecepatan sirkulasi yang mempengaruhi distribusi temperatur pada air dalam kotak pendingin yang mana pada penelitian ini kecepatan sirkulasi air 0.18 m/s dan 0.36 m/s lebih baik dari pada pengujian tanpa sirkulasi.

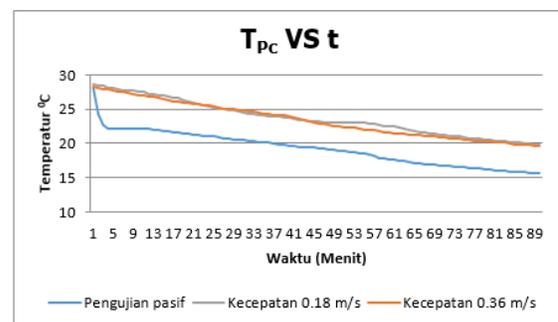


Gambar 5. Hubungan temperatur kotak pendingin terhadap waktu selama 90 menit

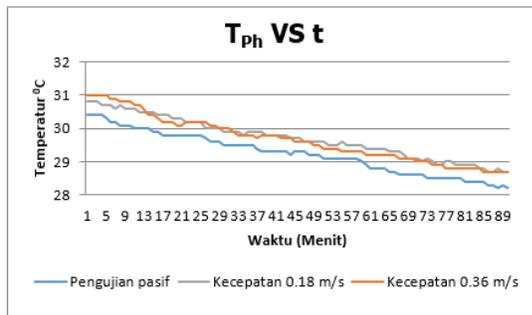
dalam wadah pendingin *dispenser* tersebut dengan melihat besarnya penurunan temperatur air yang didinginkan dan COP yang di hasilkan oleh tiap-tiap kecepatan.

Temperatur kotak pendingin

Penurunan temperatur kotak pendingin Pada pengujian dengan kecepatan sirkulasi 0 m/s, 0.18 m/s, dan 0.36 m/s. memperlihatkan bahwa ketiga perbedaan kecepatan sirkulasi air pada *dispenser* terhadap penurunan temperatur air pada



Gambar 6. Hubungan T_{pc} terhadap waktu selama 90 menit

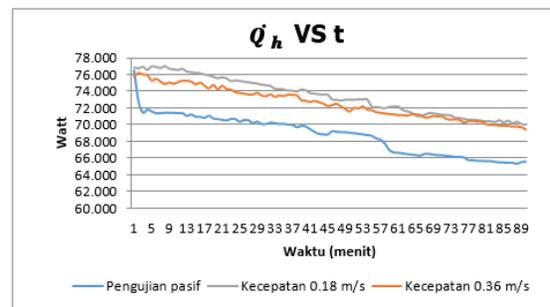


Gambar 7. Hubungan T_{ph} terhadap waktu selama 90 menit

Semakin rendah temperatur sisi dingin termoelektrik maka akan semakin rendah pula temperatur air yang didinginkan. Penurunan temperatur di sisi dingin TEC (T_{pc}) pada kecepatan sirkulasi 0.36 m/s dan 0.18 m/s memiliki nilai T_{pc} yang lebih tinggi dibandingkan pada pengujian tanpa sirkulasi dan memiliki penurunan temperatur yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada pengujian tanpa sirkulasi pendinginan air hanya terjadi disekitar *coldsink* dalam kondisi diam distribusi temperatur terjadi lebih lambat, sehingga temperatur air pada permukaan *coldsink* cenderung lebih dingin dan nilai T_{pc} lebih rendah beda halnya pada pengujian dengan sirkulasi nilai T_{pc} lebih tinggi karena temperatur air pada kotak pendingin terdistribusi merata sehingga penurunan temperatur air lebih tinggi.

Pada gambar berikut dapat dilihat bahwa temperatur sisi panas TEC (T_{ph}) merupakan nilai temperatur sisi panas peltier. Pada pengujian ini nilai T_{ph} paling tinggi pada pengujian dengan kecepatan 0.36 m/s, kecepatan 0.18 m/s dan nilai T_{ph} terendah pada pengujian tanpa sirkulasi. hal ini disebabkan pada pengujian dengan kecepatan sirkulasi 0.36 m/s dan 0.18 m/s karena distribusi temperatur yang lebih merata pada air dalam kotak pendingin menyebabkan nilai TC meningkat akibat jumlah kalor pada air yang didinginkan sehingga temperatur yang akan dilepaskan (T_{ph}) juga meningkat. Pengaruh fluida pendingin juga menjadi salah satu faktor dimana fluida pendingin diusahakan untuk dijaga konstan dengan temperatur 29°C.

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa nilai pelepasan kalor \dot{Q}_h tertinggi dicapai pada kecepatan sirkulasi air 0.18 m/s, kecepatan 0.36 m/s dan yang terendah pada pengujian tanpa sirkulasi. Hal ini dikarenakan nilai \dot{Q}_h dipengaruhi oleh beda temperatur sisi panas dan sisi dingin TEC (ΔT_p) semakin rendah (ΔT_p) maka \dot{Q}_h akan semakin tinggi dan pengaruh yang besar juga terjadi pada efek *joule heating* dimana

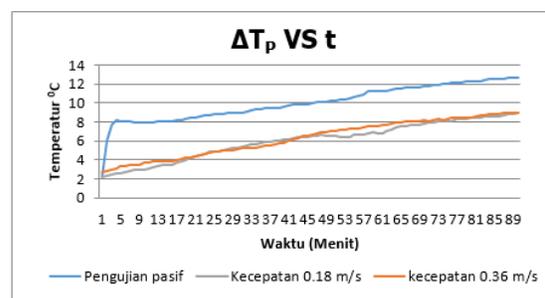


Gambar 8. Hubungan nilai lepasan kalor \dot{Q}_h terhadap waktu selama 90 menit

kuadrat arus listrik sebagai pengali dan berbanding lurus dengan \dot{Q}_h , sehingga jumlah kalor yang diserap pada kotak pendingin ditambah dengan kalor pada daya listrik adalah jumlah kalor yang dilepaskan termoelektrik ke air pendingin.

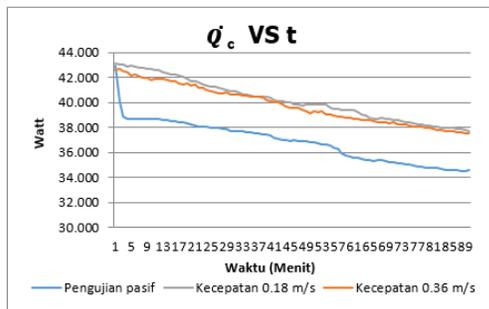
Kalor Yang Diserap Sisi Dingin

(\dot{Q}_c) Jumlah kalor yang akan diserap pada sisi dingin peltier sangat dipengaruhi oleh nilai (ΔT_p) yang merupakan beda temperatur sisi panas dan sisi dingin peltier, semakin rendah (ΔT_p) maka kalor yang berpindah akibat konduktivitas juga semakin kecil sehingga Kalor yang diserap oleh sisi dingin TEC akan semakin besar.



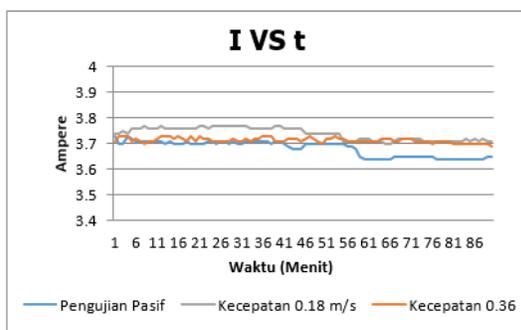
Gambar 9. Hubungan (ΔT_p) terhadap waktu selama 90 menit

Nilai (ΔT_p) terbesar pada pengujian ialah pengujian kondisi pasif, kecepatan 0.36 m/s, dan yang terendah pada kecepatan 0.18 m/s. Pada perbedaan temperatur yang rendah memiliki pelepasan kalor yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perbedaan temperatur yang lebih besar, sehingga Kalor yang diserap oleh sisi dingin TEC akan semakin besar.



Gambar 10. Hubungan nilai serapan kalor \dot{Q}_c terhadap waktu selama 90 menit

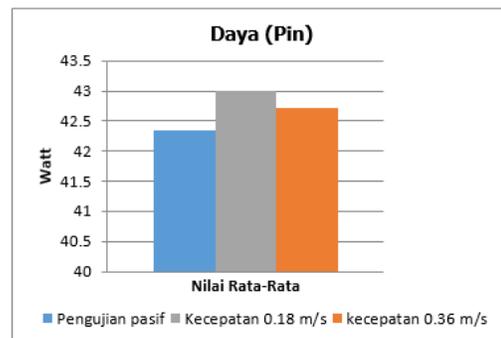
Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa serapan kalor tertinggi terjadi pada pengujian dengan kecepatan sirkulasi 0.18 m/s, kecepatan 0.36 m/s dan serapan kalor terendah terjadi pada pengujian tanpa sirkulasi. Hal ini dikarenakan nilai \dot{Q}_c dipengaruhi oleh ΔT_p semakin kecil ΔT_p maka nilai \dot{Q}_c semakin besar, jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin akan berkurang akibat dua faktor, yaitu kalor yang terbentuk pada material semikonduktor disebabkan oleh perbedaan temperatur antara sisi dingin dan panas elemen (*conducted heat*) dan *joule heating* (*thermoelectric handbook laird, 2010*).



Gambar 11. Hubungan arus listrik terhadap waktu selama 90 menit

Daya input (P_{in})

Daya listrik merupakan jumlah energi listrik yang mengalir dalam satuan waktu. Gambar 12 merupakan grafik perbandingan daya yang masuk terhadap kecepatan sirkulasi air pada *dispenser*, dapat dilihat bahwa semakin rendah penurunan temperatur air maka semakin besar nilai arus listrik sehingga daya input yang dibutuhkan semakin besar pula.



Gambar 12. Nilai rata – rata daya (P_{in})

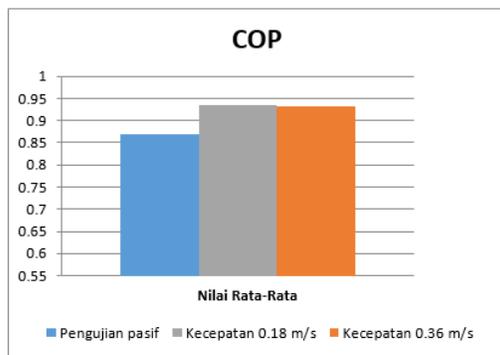
Gambar diatas menunjukkan menunjukkan grafik hubungan arus listrik yang masuk terhadap waktu. Dapat dilihat bahwa pada pengujian ini jumlah arus listrik yang dibutuhkan paling kecil pada pengujian kondisi pasif, kemudian pada kecepatan 0.36 m/s dan arus listrik paling tinggi pada pengujian dengan kecepatan sirkulasi 0.18 m/s. hal ini dikarenakan pengujian pada kecepatan sirkulasi 0.18 m/s mampu menyerap kalor yang lebih banyak dan pergerakan electron pada TEC yang menjadi semakin cepat maka sistem membutuhkan arus yang relative lebih besar untuk memindahkan kalor tersebut.

Nilai daya input merupakan hasil perkalian antara arus listrik dan tegangan yang digunakan, jika melihat gambar disamping dan tegangan yang digunakan selama pengujian konstan maka didapatkan nilai rata – rata daya yang terlihat pada grafik 4.8. Pada pengujian nilai daya input

tertinggi ialah pada kecepatan sirkulasi 0.18 m/s, kecepatan 0.36 m/s dan yang terendah pada pengujian tanpa sirkulasi. hal ini dikarenakan pengujian pada kecepatan sirkulasi 0.18 m/s sistem mampu menyerap kalor lebih banyak dibandingkan pada kecepatan sirkulasi 0.36 m/s dan pengujian tanpa sirkulasi, sehingga TEC membutuhkan daya yang lebih besar untuk memindahkan kalor tersebut.

Coefficien Of Performace (COP)

COP (*Coefficient of Performance*) merupakan nilai yang menjadi tolak ukur unjuk kerja sebuah mesin, pada mesin pendingin nilai COP merupakan hasil bagi antara nilai serapan kalor (\dot{q}_c) dengan nilai daya yang digunakan (Pin). Dapat dilihat dari grafik 4.9 bahwa COP tertinggi dicapai kecepatan sirkulasi air 0.18 m/s dengan nilai rata – rata COP 0.934 kemudian diikuti dengan kecepatan sirkulasi air 0.36 m/s dengan nilai 0.932, dan nilai COP terendah dicapai pengujian tanpa sirkulasi dengan nilai 0.870.



Gambar 13. Perbandingan nilai rata rata COP

Perbedaan kecepatan sirkulasi air pada *dispenser* mempengaruhi proses penyerapan kalor pada sisi dingin dan

DAFTAR PUSTAKA

Amrullah, 2013, "Uji Eksperimental Kinerja Termoelektrik Pada Pendingin Dispenser Air Minum", Tesis, Teknik Mesin UNHAS.
Anggara M.B., 2016, "Pengaruh Laju Aliran Massa dan Temperatur Air Pendingin

besarnya penurunan temperatur berakibat pada peningkatan arus listrik, besarnya arus listrik akan akan meningkatkan daya input sistem. Sehingga pengujian pada kecepatan sirkulasi 0.18 m/s dan 0.36 m/s memiliki COP yang lebih besar dari pengujian pasif. Dari nilai COP yang didapatkan maka dapat dilihat persentase COP, dan dengan melakukan sirkulasi air pada *dispenser* dapat meningkatkan COP sistem sebesar 6.4 %.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan, perhitungan dan analisa dari pengaruh kecepatan sirkulasi pada air *dispenser* terhadap unjuk kerja sistem pendingin berbasis termoelektrik dapat disimpulkan bahwa :

1. Penurunan temperatur air pada pengujian dengan sirkulasi lebih baik bila dibandingkan tanpa adanya sirkulasi, kecepatan sirkulasi 0.18 m/s temperatur air terendah pada bagian atas dan bawah *cold sink* yaitu 20.8 °C dan 21 °C , kecepatan 0,36 m/s yaitu 20.7 °C dan 20.8 °C sedangkan tanpa adanya sirkulasi yaitu 28 °C dan 21 °C.
2. Beda temperatur sisi TEC (ΔT_p) dengan melakukan sirkulasi jauh lebih rendah sehingga kalor yang diserap pada sisi dingin menjadi lebih besar dibandingkan tanpa adanya sirkulasi, sehingga COP pada pengujian dengan sirkulasi lebih besar bila dibandingkan tanpa sirkulasi, pada kecepatan sirkulasi 0.18 m/s dan 0.36 m/s meskipun memiliki COP yang hampir sama, namun kecepatan sirkulasi 0.36 m/s memiliki daya input yang lebih rendah.

terhadap *Coefficient of Performance* Sistem Pendingin *Thermoelectric*", Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, UNTAD.
Cengel, Yunus A and Boles, M. a., 2006, Thermodynamics: An Engineering Approach, 5thed, McGraw-Hill.

- Hebei I.T. Shanghai Co., Ltd., 2012, Thermoelectric Cooler Spesification TEC1-12706. (<http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet>), diakses 1 Mei 2016.
- Kennedy, Anwar K., Anggara M.B., 2017, "Pengaruh Temperatur Fluida Pendingin Terhadap Unjuk Kerja Sistem Termoelektrik", Jurnal Mekanikal Vol.8 No. 2, hal.759-767.
- Komarudin., dkk, 2017., "Analisis Pengaruh Penyerapan Kalor Cooling Tower Pada Tungku Induksi Pengecoran Logam Di Polman Astra" Jurnal Bina Teknik, Vol. 13 No.1, Hal. 11-21.
- Laird Technologies, 2010, Thermoelectric Handbook. (<http://www.lairdtech.com>), diakses 4 mei 2016.
- Rifardi M., 2018, "Unjuk Kerja Sistem Pendingin Termoeletrik Akibat Variasi Dimensi *Waterblock* Pada Sisi Panas", Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, UNTAD.
- Smoot, J., 2018, Choosing and Using Advanced Peltier Modules for Thermoelectric Cooling, termuat di : [https:// www.digikey.com /en/articles/techzone /2018/feb/choosing-using-advanced-peltier-modules-thermoelectric-cooling](https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2018/feb/choosing-using-advanced-peltier-modules-thermoelectric-cooling), diakses 23 Februari 2019.
- Sumirat I, Romanto., 2014, "Rancang Bangun Prototipe Kulksas Mini Thermoeletrik", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor.
- Umbo R.,dkk, 2012, "Perancangan Alat Pendingin Portable Menggunakan Elemen Peltier", Jurusan Teknik Elektro UNSRAT.