ANALISIS KINERJA SISTEM PENDINGIN ARUS SEARAH YANG MENGGUNAKAN HEATSINK JENIS EXTRUDED DIBANDINGKAN DENGAN HEATSINK JENIS SLOT

Oleh:
Joessianto Eko Poetro[1], Catur Rakhmad Handoko[2]
[1,2] Dosen Jurusan Teknik Kelistrikan, PPNS - ITS
e-mail: joessianto@yahoo.com; caturhan007@gmail.com

Abstract. All electrical and electronic equipment that work will produce heat. To reduce the accumulation of heat, cooling systems needed to improve the performance and life time of the equipment. Commonly used air conditioner (AC) as a coolant or heatsink as heat transfer elements. In this study will be designed and fabricated cooling system with a source of direct current electricity using thermoelectric and heatsink. There are two types of heatsinks are commonly used, namely fined plate heatsink type extrude and heatsink slot types. Then the dc cooler of the extruded heatsink and dc cooler with a slot heatsink is tested performance. From the test results it is known that the dc cooler system that uses of extruded heatsinks have better performance with COP 07:32% greater than the dc cooler with heatsink slot types.

Keywords: heat transfer, thermoelectric, heatsink, DC cooler

Abstrak. Semua peralatan listrik yang bekerja akan menghasilkan panas. Untuk mengurangi akumulasi paas, sistem pendinginan diperlukan untuk memperbaiki kinerja dan *lifetime* peraltan. Umumnya digunakan AC sebagai pendingin atau heatsink sebagai elemen pentransfer panas. Pada Studi ini akan didisain dan dihasilkan sisem pendingin dengan sumber arus listrik searah menggunakan termoelektrik dan heatsink. Ada dua tipe heatsink yang umum dipakai, yakti tipe *extruded heatsink* dan tipe slot. Keduanya diuji kinerjanya. Hasilnya didapatkan bahwa extruded heatsink memiliki kinerja yang lebih baik dengan COP 07: 32 % lebih tinggi daripada pendingin DC dengan heatsink tipe slot.

Kata Kunci: transfer panas, termoelektrik, heatsink, pendingin DC

Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja peralatan adalah panas. Dalam semua peralatan listrik maupun elektronik yang beroperasi akan menimbulkan panas. Akumulasi panas dapat berasal dari lingkungan sekitar seperti radiasi matahari dan dari kerja peralatan listrik itu sendiri. Agar kinerja peralatan meningkat dan umur bertambah lama, maka diperlukan suhu yang relatif kecil. Oleh karena itu diperlukan pelepasan panas atau pendinginan.

Selama ini pendinginan di dalam ruangan dilakukan oleh pendingin ruangan konvensional, yaitu AC (*Air Conditioner*). Tetapi sistem tersebut membutuhkan kompresor yang memerlukan sumber energi listrik arus bolak-balik. Disamping itu sistem pendingin ini memerlukan pemeliharaan rutin seperti penggantian refrigeran, yang mana penggunaan refrigeran dapat meyebabkan penipisan ozon.

Untuk membantu program green energi, akan dirancang dan dibuat alternatif sistem pendingin yang menggunakan sumber listrik arus searah. Hal ini dapat diperoleh dengan memanfaatkan termo-elektrik dan heatsink yang menggantikan peran kompresor sebagai mesin pemindah panas (mesin pendingin).

Dewasa ini sistem pendinginan BTS (Base Transceiver Station) cukup banyak yang menggunakan pendingin arus searah. Pendingin ruangan arus searah ini menggunakan termoelektrik dan heatsink. Heatsink yang digunakan biasanya jenis extrude yang banyak tersedia dipasaran.

Ada dua jenis heatsink yang sering digunakan, yaitu heatsink plat bersirip jenis extrude dan heatsink jenis slot. Dari hasil pengujian, telah diketahui bahwa Bilangan Nusselt terbaik terjadi pada heatsink dengan slot. Penggunaan slot dalam sirip heatsink terbukti mampu meningkatkan laju perpindahan panas dan meningkatkan laju pendinginan (Bambang, 2010).

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat pendingin arus searah dengan heatsink jenis slot, kemudian dibandingkan kinerjanya dengan pendingin arus searah yang menggunakan heatsink jenis extrude.

Dalam penelitian ini akan dibuat dua prototipe sistem pendingin arus searah, yaitu yang menggunakan heatsink extrude dan heatsink slot. Kemudian pendingin arus searah dengan heatsink extrude dan pendingin dengan heatsink slot ini diuji kinerjanya.

Untuk mengetahui kinerja pendingin arus searah dalam mendinginkan suatu uangan, kedua pendingin arus searah itu diuji dalam kabin baterai BTS. Dari hasil pengujian, COP (*Coeffiicient of Performance*) kedua pendingin arus searah dianalisis, kemudian kinerja dari pendingin arus searah dengan heatsink jenis slot dibandingkan dengan pendingin arus searah jenis extrude.

TINJAUAN PUSTAKA

Perpindahan Kalor

Bila pada suatu sistem terdapat gradien suhu atau bila dua sistem yang suhunya berbeda disinggungkan, maka otomatis kalor akan mengalir dari benda/sistem yang bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Jadi perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu benda yang bersuhu tinggi (memiliki energi yang besar) ke benda yang bersuhu rendah (memiliki energi yang kecil). Kalor akan berhenti berpindah bila kedua benda mencapai suhu yang sama (tercapai kesetimbangan termal). Proses perpindahan kalor ini berlangsung dengan cara: konduksi, konveksi, dan radiasi.

Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor melalui medium (zat perantara) tanpa disertai dengan perpindahan partikel-partikel medium tersebut. Perpindahan kalor secara konduksi biasanya terjadi pada zat padat, seperti logam, dan sebagainya. Dalam aliran kalor konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan kalor secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar [Holman, 1989]. Jadi konduksi ialah pemindahan kalor akibat kontak langsung antara benda-benda.

Laju aliran kalor dengan cara konduksi melalui dinding datar dari suatu bahan yang homogen diusulkan oleh Fourier yang menyatakan bahwa: [Holman, 1989]

$$q_k = -k\,A\,\frac{\Delta T}{\Delta x} = -k\,A\,\frac{T_1 - T_2}{\Delta x} \quad (1)$$

q_k = Laju perpindahan kalor konduksi (W)
k = Konduktivitas termal bahan (W/mK)
A = Luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran kalor (m^2)
Δx = Jarak dalam arah aliran kalor (m)
ΔT = Beda suhu (K)
T_1 = Suhu yang lebih tinggi (K)
T_2 = Suhu yang lebih rendah (K)

Nilai minus (-) dalam persamaan diatas menunjukkan bahwa kalor selalu berpindah ke arah suhu yang lebih rendah.

Mekanisme perpindahan energi secara konduksi dapat terjadi dengan cara melalui tumbukan molekul (dalam fluida) dan/atau dengan angkutan melalui elektron-elektron yang bergerak bebas (dalam zat padat).

Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor melalui medium dan disertai dengan perpindahan atau gerakan partikel-partikel medium tersebut. Konveksi merupakan proses angkutan energi dengan kerja gabungan dari konduksi, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Keefektifan perpindahan kalor secara konveksi tergantung sebagian besar pada gerakan mencampur fluida. Gerakan inilah yang menyebabkan adanya transfer energi. Perpindahan kalor secara konveksi biasa terjadi pada fluida (zat cair dan gas). Jadi pemindahan kalor berdasarkan gerakan fluida disebut konveksi.

Laju perpindahan kalor dengan cara konveksi antara suatu permukaan benda padat dan suatu fluida dapat dihitung dengan hukum Newton tentang pendinginan, yaitu: [Holman, 1989]

$$q_c = h\,A\,\Delta T = h\,A\,(T_S - T_\infty) \quad (2)$$

q_c = Laju perpindahan kalor konveksi (J/s = watt)
h = Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2\,K$)
A = Luas permukaan perpindahan kalor yang menyinggung fluida (m^2)
ΔT = Beda suhu menyeluruh antara permukaan dan fluida (K)
T_S = Suhu permukaan (K)
T_∞ = Suhu fluida (K)

Perpindahan kalor konveksi dapat dibagi menjadi dua, yaitu konveksi bebas (alami) dan konveksi paksa. Konveksi alami terjadi apabila pergerakan fluida dikarenakan gaya apung akibat perbedaan kerapatan fluida tersebut akibat perbedaan suhu. Sedangkan pada konveksi paksa pergerakan fluida terjadi akibat gaya luar seperti kipas (*fan*) atau pompa.

Termoelektrik (Elemen Peltier)



Gambar 1 Susunan Termoelektrik

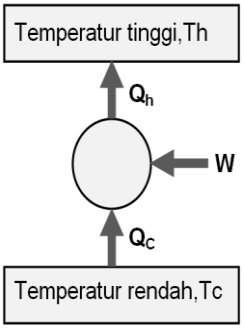
Elemen peltier memiliki peranan yang paling vital, sebagai pompa kalor yang merupakan elemen utama sistem pendingin arus searah. Termoelektrik merupakan komponen semikonduktor Bismut Telluride yang dapat menghasilkan efek dingin dan panas. Jika sebuah elemen peltier dialiri arus listrik

DC maka kedua sisi elemen ini akan menjadi panas dan dingin. Sisi dingin inilah yang dimanfaatkan sebagai pendingin ruangan dengan bantuan heatsink dan fan.

Dalam pembuatan pendingin arus searah ini menggunakan delapan buah termoelektrik (elemen Peltier) dengan ukuran 40 x 40 x 3,8 mm. Untuk setiap termoelektrik membutuhkan tegangan masukan 12 VDC dengan daya 72 watt. Penggunaan delapan termoelektrik ini dilakukan dengan pertimbangan agar beban kalor yang dapat dipindahkan menjadi lebih besar, karena luas permukaan perpindahan kalornya lebih besar.

Kalor dan Kinerja Sistem Pendingin

Pompa kalor (refrigerator, AC) adalah peralatan pendinginan ruangan yang berfungsi untuk menyerap kalor/panas Q_C dari dalam ruangan (eksterior) dan melepaskan panas Q_h di luar ruangan (eksterior). Ini hanya mungkin terjadi bila ada usaha W atau daya P_{in} yang dilakukan pada sistem, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Blok Diagram Sistem Pendingin

Membandingkan kerja suatu sistem pendingin (pompa kalor) berarti bukan membicarakan efisiensi, namun koefisien kinerja/performa (COP). Secara luas mengandung arti sama, yaitu seberapa baik kinerjanya dibandingkan dengan usaha yang dilakukan. COP adalah rasio seberapa besar energi kalor yang bisa dipindahkan dibandingkan dengan kerja (energi) yang diberikan. Semakin besar kalor yang dapat dipindahkan dengan sejumlah energi demikian, maka COP semakin tinggi, dan semakin hemat sistem tersebut.

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}} \qquad (3)$$

Q_c = Kalor yang dipindahkan (watt)

P_{in} = Daya masukan sistem pendingin (watt)

Berdasarkan persamaan (3), koefisien kinerja (COP) sistem pendingin adalah perbandingan antara panas yang diambil/ dipindahkan dari ruang dingin dengan pemakaian usaha.

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}}$$

Q_c = Kalor yang dipindahkan (watt)

P_{in} = Daya input sistem pendingin (watt)

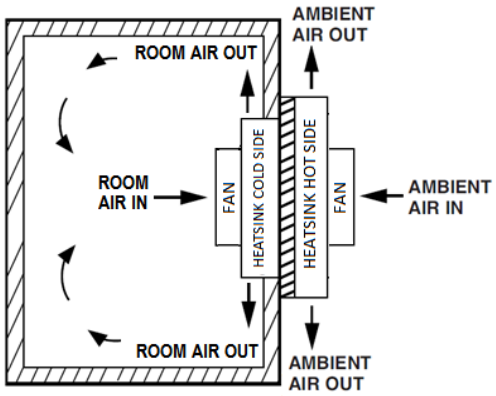
Jadi, untuk meningkatkan COP dapat dilakukan dengan menaikkan jumlah kalor yang dapat dipindahkan dan mengurangi energi yang diserap.

Cara Kerja Pendingin Arus Searah

Dibandingkan dengan teknologi kompresi uap yang masih menggunakan refrigeran sebagai media penyerap kalor, teknologi pendingin termoelektrik relatif lebih ramah lingkungan, karena tidak menggunakan refrigeran seperti freon. Selain itu alasan pemilihan termoelektrik antara lain: konsumsi daya rendah dengan respon pendinginan yang cepat, mudah diaplikasikan pada peralatan yang sudah ada karena dimensi kecil dan ringan, mudah perawatannya, minim getaran/vibrasi sehingga cocok untuk pendingin peralatan yang sensitif terhadap getaran mekanis.

Untuk mendinginkan suatu ruangan, pendingin arus searah dapat dipasang seperti terlihat pada Gambar 3. Adapun cara kerja pendingin arus searah dalam mendinginkan kabin dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada saat catu daya tegangan searah dihubungkan, elemen Peltier mulai bekerja, sehingga heatsink sisi dingin mulai menjadi dingin, dan heatsink sisi panas menjadi panas.

Pada bagian dalam ruangan, udara dalam ruangan disedot masuk oleh fan sisi dingin dan ditekan agar melewati sirip-sirip heatsink sisi dingin. Udara yang keluar dari heatsink sisi dingin ini mempunyai suhu lebih rendah dari pada udara ruangan yang masuk. Proses ini terjadi berulang-ulang secara terus menerus hingga ruangan menjadi lebih dingin mendekati suhu heatsink sisi dingin.



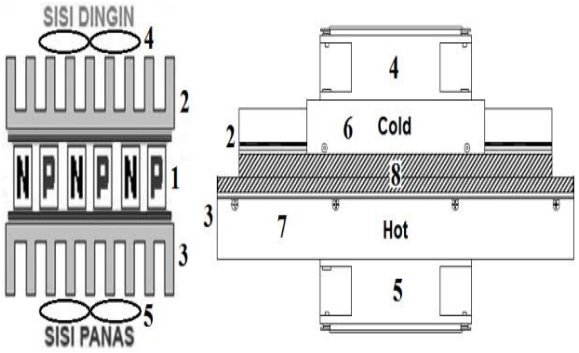
Gambar 3 Cara Kerja Pendinginanan Oleh Pendingin Arus Searah

Pada bagian luar ruangan, udara lingkungan disedot masuk oleh fan sisi panas dan ditekan agar melewati sirip-sirip heatsink sisi panas. Udara yang keluar dari heatsink sisi panas ini mempunyai suhu lebih tinggi dari pada udara lingkungan yang masuk. Proses ini terjadi berulang-ulang secara terus menerus, hingga suhu heatsink sisi panas mendekati suhu lingkungan.

Desain Pendingin Arus Searah

Bagian yang akan didinginkan dapat langsung dihubungkan dengan sisi dingin elemen peltier atau dapat juga dihubungkan melalui alat penukar kalor, seperti heatsink. Sedangkan kalor yang dihasilkan pada sisi panas elemen peltier juga dapat disalurkan ke lingkungan melalui alat penukar kalor juga, baik secara alami maupun konveksi paksa.

Susunan dasar sistem pendingin arus searah terdiri dari beberapa komponen utama seperti: elemen peltier, heatsink baik pada sisi panas elemen peltier maupun pada sisi dingin, dan dc fan juga pada sisi panas dan dingin, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Susunan dan Konstruksi Pendingin Arus Searah

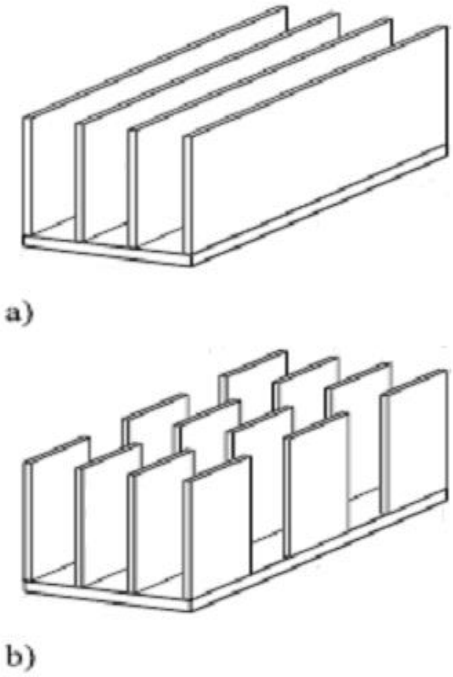
Keterangan:
1) Termoelektrik; 2) Heatsink sisi dingin; 3) Heatsink panas; 4) Fan sisi dingin; 5) Fan sisi panas; 6) Casing sisi dingin; 7) Casing sisi panas; 8) Isolator

Dalam sistem pendingin yang memakai teknologi termoelektrik memerlukan heatsink yang berfungsi untuk menyerap kalor pada sisi dingin elemen peltier dan membuang kalor pada sisi panas peltier.

Heatsink pada sisi dingin digunakan untuk mempercepat penyerapan panas pada bagian ruangan yang didinginkan. Jenis heatsink yang digunakan adalah heatsink plat bersirip *(heatsink extrude).* Sedangkan

heatsink dan fan pada sisi panas berfungsi untuk menjaga suhu sisi panas (T_h) termoelektrik tidak terlalu tinggi, sehingga susu sisi dingin (T_c) yang dicapai dapat menjaga suhu ruang pada kisaran yang dibutuhkan. Agar dapat mencapai suhu sisi dingin yang minimum, maka suhu pada sisi panasnya harus ditekan serendah mungkin. Untuk itu diperlukan alat penukar kalor berupa heatsink dibantu dengan fan.

Dalam penelitian ini akan diuji bagaimana kinerja pendingin arus searah yang menggunakan heatsink jenis slot di atas dibandingkan dengan pendingin arus searah yang menggunakan heatsink extrude.



Gambar 5 Heatsink Jenis: a) Extrude; b) Slot [Bambang, 2010]

METODE PENELITIAN

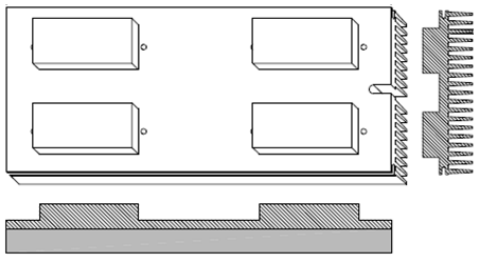
Studi Literatur dan Lapangan

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur dan peninjauan ke lapangan perihal sistem pendingin dan penggunaan teknologi termoelektrik sebagai pendingin.

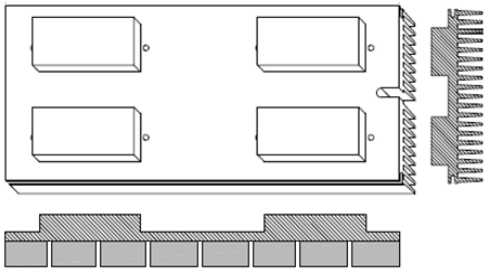
Perancangan dan Pembuatan

Merancang pendingin arus searah yang menggunakan heatsink slot dengan memodifikasi pendingin arus searah yang sudah ada di pasaran. Pendingin ini menggunakan heatsink jenis extrude dan banyak digunakan sebagai pendingin BTS.

Dalam penelitian ini dibuat dua buah pendingin arus searah, yaitu pendingin arus searah dengan heatsink extrude dan pendingin arus searah dengan heatsink slot.



Gambar 6 Heatsink Extrude



Gambar 7 Heatsink Slot

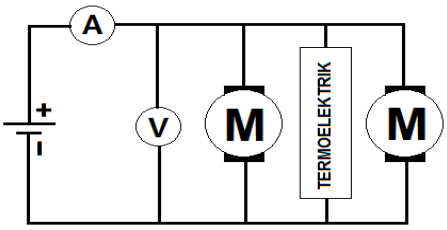
Pengujian Pendingin Arus Searah

Langkah terakhir adalah melakukan pengujian terhadap kedua pendingin arus searah yang sudah dibuat.

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan data-data yang diperlukan, seperti tegangan dan arus masukan dan perubahan suhu kabin untuk mengetahui kinerja pendingin arus searah. Pengujian pendingin arus searah dilakukan pada kabin baterai yang berukuran 70 x 70 x 70 cm.

Instalasi dan Rangkaian Pengujian

Pendingin arus searah yang akan diuji dipasang pada kabin baterai dan dirangkai bersama-sama dengan meter ukur tegangan dan arus seperti terlihat pada gambar 8. Selain itu juga dilakukan pengukuran suhu di dalam kabin dan di luar kabin dengan alat ukur suhu yang dapat mencatat besar suhu setiap detiknya.



Gambar 8 Rangkaian Pengujian





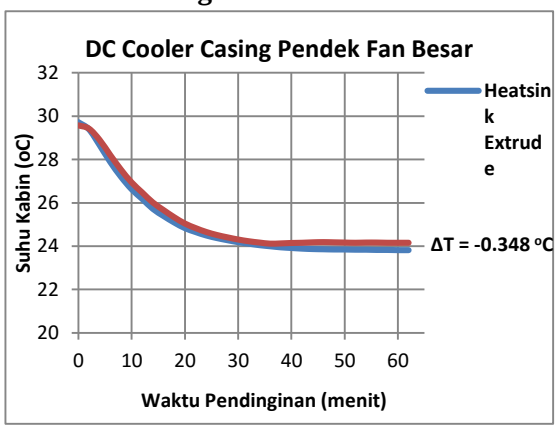
Gambar 9 Instalasi Pengujian

Prosedur Pengujian

Pada pengujian prototipe ini, tegangan yang diberikan adalah sebesar 48 volt, sama dengan tegangan catu daya yang tersedia di BTS. Setelah prototipe selesai dirakit sesuai dengan variasinya dilakukan pengujian dengan prosedur sebagai berikut: Memasang prototipe pada pintu kabin baterai; Menempatkan termometer *Microlite data logger temperature* di dalam dan di luar kabin; Pintu kabin ditutup dengan rapat; Setelah 5 menit power supply dihidupkan sehingga sistem bekerja; Catat waktu, besar tegangan supply dan arus yang mengalir ke sistem; Setelah suhu kabin tidak mengalami penurunan yang berarti atau setelah 60 menit, *dc power supply* dimatikan; Data yang tercatat dalam *Microlite data logger temperature* dipindahkan dan disimpan ke komputer; Mengulangi prosedur untuk melakukan pengujian terhadap prototipe pendingin arus searah variasi yang lain.

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Pendinginan Kabin



Gambar 10 Grafik Penurunan Suhu Kabin oleh Pendingin Arus Searah

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa pendingin arus searah prototipe yang memakai heatsink jenis slot menghasilkan suhu kabin rata-rata yang lebih tinggi (ΔT = -0.348 ^{o}C) apabila dibandingkan dengan pendingin arus searah awal yang memakai heatsink extrude.

Jadi grafik di atas menunjukkan bahwa prototipe pendingin arus searah dengan heatsink slot ternyata mempunyai kinerja yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kinerja pendingin arus searah dengan heatsink extrude.

Hal ini terjadi karena mekanisme aliran fluida yang digunakan dalam pengujian penelitian Bambang Yunianto, (2010) adalah aliran laminar. Disamping untuk memperkecil lapisan batas, penggunaan slot pada heatsink juga bertujuan untuk merubah aliran laminar menjadi turbulen.

Karena pengujian terhadap heatsink extrude maupun heatsink slot dalam penelitian ini keduanya menggunakan aliran turbulen, maka hasil penelitian Bambang Yunianto, (2010) tidak berlaku untuk penelitian ini. Maka berdasarkan persamaan (2), besarnya laju perpindahan kalor konveksi ditentukan oleh luas permukaan bidang perpindahan kalor. Bila diamati, luas prmukaan dari heatsink slot lebih kecil dibandingkan heatsink extrude, sehingga laju perpindahan kalornya lebih kecil juga.

Berdasarkan hasil dari analisis perbandingan semua grafik di atas dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin pendingin arus searah akan memiliki kinerja yang lebih baik ditinjau dari suhu pendinginan bila menggunakan heatsink extrude

Analisis Perbandingan COP

Membandingkan kerja suatu sistem pendingin, berarti membicarakan koefisien performa (COP). COP adalah rasio seberapa besar energi kalor yang dipindahkan dibandingkan dengan kerja (energi) yang diberikan. Semakin besar kalor yang dapat dipindahkan dengan sejumlah energi demikian, maka COP semakin tinggi, dan semakin hemat sistem tersebut

Nilai COP adalah jumlah energi termal yang dipindahkan dari sistem ke lingkungan dibagi dengan setiap satuan energi yang dikonsumsi. Perhitungan nilai COP pada sistem pendingin secara garis besar mengikuti persamaan berikut:

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}}$$

$$Q_c = C\ \Delta T$$

$$Q_c = m\ C_p\ \Delta T$$

$$P_{in} = VI$$

Q_c = Beban kalor yang dipindahkan (watt)

P_{in} = Daya input sistem pendingin(watt)

m = Massa beban (kg)

C_p = Kalor spesifik (kalor jenis) beban (J/kgK)

ΔT = Perubahan suhu beban (K)

Langkah-langkah untuk menghitung COP sistem pendingin termoelektrik pendingin arus searah adalah sebagai berikut:

Perhitungan Beban Kalor

Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor (*C*) adalah banyaknya kalor yang diserap/dilepaskan untuk menaikkan/menurunkan suhu sebesar 1 ^oC. Dari persamaan kalor, bahwa untuk menaikkan/menurunkan suhu suatu benda/ sistem sebesar ΔT diperlukan kalor sebesar:

$$Q = C\ \times\ \Delta T$$

Dimana:

Q = kalor (Joule atau watt)

C = kapasitas kalor (Joule/^{o}C atau watt/^{o}C)

ΔT = perubahan (kenaikan/penurunan) suhu (^{o}C)

Maka kapasitas kalor dapat ditentukan dengan persamaan:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Nilai Q dan ΔT dapat ditentukan dari pengujian pendingin arus searah dengan beban lampu pijar pijar 60 watt. ΔT adalah besarnya perubahan suhu kabin antara suhu tunak dalam keadaan pendingin arus searah mati dan suhu tunak dalam keadaan pendingin arus searah hidup. Hasil pengujian ini diperlihatkan dalam Gambar 11.

Dengan mengambil nilai rata-rata dalam keadaan tunak diperoleh data-data dan berikut:

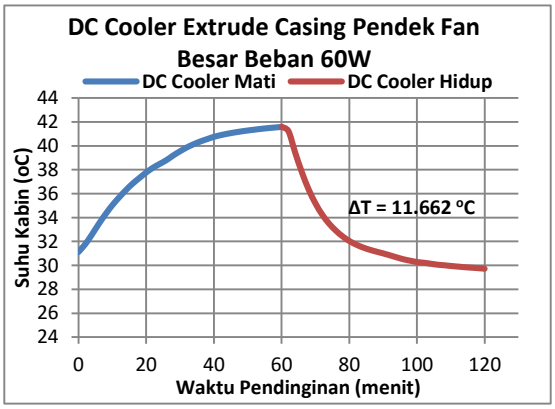
$$Q = 60 \text{ watt}; \quad \Delta T = 11.662 \ ^oC$$

Maka kapasitas kalor sistem ini:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{60}{11.662} = 5.145 \text{ watt/}^oC$$

Sehingga beban kalor kabin untuk pendingin arus searah extrude casing pendek fan besar dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = C\ \Delta T$$
$$Q = 5.145\ \times 7.43 = 38.227 \text{ watt}$$



Gambar 11 Grafik Penurunan Suhu Kabin Oleh Pendingin Arus Searah Dengan Beban 60 W

Beban Motor Fan

Motor yang bekerja memutar baling-baling fan akan menghasilkan panas/kalor sebagai akibat adanya rugi-rugi daya pada motor listrik yang terdiri dari rugi-rugi tembaga (I^2R), dan rugi-rugi gesekan antara rotor dengan bantalannya. Besarnya rugi-rugi ini bisa dihitung bila efisiensi motor tersebut diketahui, dan nilainya sebanding dengan daya motor. Dalam penelitian ini diasumsikan efisiensi fan 90%. Beban kalor oleh fan besar dapat dihitung seperti berikut:

V = 48 volt I = 0.74 ampere

$$P_{in} = 48 \times 0.74 = 35.52\ watt$$
$$Q_{fan} = P_{loss} = P_{in}(1 - \eta) = 3.552\ watt$$

Beban Kalor Keseluruhan:

Dengan menganggap dinding kabin adiabatik (tidak ada kalor yang keluar/ masuk dalam kabin), maka beban kalor keseluruhan yang dipindahkan dari dalam kabin oleh pendingin arus searah extrude casing pendek fan besar adalah:

$$Q_c = Q + Q_{fan} = 41.779\ watt$$

Perhitungan Daya Masukan

Total daya listrik yang diserap oleh pendingin arus searah casing pendek fan besar dapat dihitung sebagai berikut:

$$V = 52.8 \text{ volt} \quad I = 2.98 \text{ ampere}$$
$$P_{in} = V\ I = 52.8 \times 2.98 = 157.344\ watt$$

Perhitungan COP

Perhitungan kinerja pendingin arus searah atau nilai COP pada sistem pendingin pendingin arus searah extrude casing pendek fan kecil adalah sebagai berikut:

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}}$$
$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}} = \frac{41.779}{157.344} = 0.2612$$

Tabel 1 Hasil Perhitungan COP Pendingin Arus Searah

No	Pendingin arus searah	Qc (watt)	Pin (watt)	COP
1	Heatsink Extrude	41.779	157.344	0.2612
2	Heatsink Slot	38.723	157.344	0.2421

Nilai COP untuk pendingin arus searah prototipe yang lain dapat dihitung dengan langkah-langkah yang sama seperti yang telah dijelaskan di atas. Hasil perhitungannya dapat dirangkum dalam Tabel 1.

Dari tabel COP di atas, kemudian dilakukan perhitungan besarnya kenaikan efisiensi atau COP pendingin arus searah heatsink slot terhadap pendingin arus searah heatsink extrude dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta COP = \left(\frac{COP_2}{COP_1} - 1\right) \times 100\%$$

ΔCOP = -7,32%

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa, pada pendingin arus searah yang menggunakan heatsink jenis slot terjadi penurunan kinerja sebesar 7.32 % bila dibandingkan dengan kinerja pendingin arus searah yang menggunakan heatsink extrude.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis perbandingan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin pendingin arus searah akan memiliki kinerja yang lebih baik ditinjau dari suhu pendinginan bila menggunakan heatsink jenis extrude dari pada pendingin arus searah dengan heatsink jenis slot

Penggunaan heatsink slot ternyata mempunyai performa lebih rendah (COP menurun 7.32 %) dibandingkan dengan peng-gunaan heatsink extrude.

Saran

Sistem pendingin termoelektrik selanjut-nya lebih baik menggunakan heatsink extruded.

Untuk penelitian selanjutnya, sistem pendingin termoelektrik dapat diaplikasikan untuk mendinginkan tempat penyimpan ikan pada kapal nelayan.

DAFTAR PUSTAKA

Bambang Yunianto (2010). *Pengujian Perpindahan Panas Konveksi pada Heatsink Plat Jenis Extrude dan Heatsink Plat dengan Slot*, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin ke-9, Palembang, Oktober

Goodfrey, Sara, (2000). *An Introduction to Thermoelectric Coolers*, Trenton: Melcor Corporation

Holman, J.P. (1989). *Heat Transfer*, (SI Metric Edition), McGraw-Hill Book Company, Singapore

Incopera, Frank P., Dewitt, David P. (2002). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, New York, Fifth Edition: John Wiley and Sons

Kreith, Frank dan Prijono Arko (1990). *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Penerbit Erlangga, Jakarta

Melcor Thermal Solutions, (1999). *The Standard in Thermoelectric*

Nandy P, Aziz O, Idam B, Fery Y, (2007), *Penggunaan Hetsink Fan sebagai Pendingin Sisi Panas Elemen Peltier pada Pengembangan Vaccine Carrier*, Jurnal Teknologi, edisi 1 tahun XXI, Maret

S.B. Riffat, Xiaoli Ma, (2003) *Thermoelec-tric: a review of present and potential applications*, Journal of Applied Thermal Engineering, 913-935

S.B. Riffat, S.A. Omer, Xiali Ma (2001), *A novel thermoelectric refrigeration system employing heta pipe and a phase change material: an experience investigation*. Journal of Renewable Energy, 313-323. Thermoelectric Handbook, 1998