

APLIKASI PENDINGIN ELEKTRIK TEC1-12706 DENGAN WATER COOLING PADA COOLER BOX BERBASIS SEMIKONDUKTOR

Bagas Permana Agung Sedayu

D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: permana031@gmail.com

Dr. I Made Arsana, S.Pd., M.T.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: madearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Pembuatan cooler box semikonduktor ini bertujuan untuk membantu masyarakat dalam menyimpan bahan makanan atau minuman pada saat mereka berada dalam perjalanan. Selain itu, pembuatan cooler box ini juga dapat dijadikan sebagai langkah awal untuk menciptakan mesin pengganti lemari pendingin konvensional yang menggunakan refrigeran yang dapat merusak lapisan ozon. Tahapan dalam pembuatan cooler box semikonduktor ini dari ide rancangan dan survei lapangan, kemudian proses perencanaan cooler box yang merupakan pengembangan konsep produk berupa gambar sketsa cooler box menjadi sebuah mesin atau benda teknik. Dalam pembuatan cooler box semikonduktor ini dapat menghasilkan pembuatan dokumen produk berupa desain gambar kerja, dan langkah terakhir adalah pengujian kinerja alat kemudian menyimpulkan hasil dari alat tersebut. Spesifikasi cooler box semikonduktor dapat mencapai suhu terendah 11°C dalam waktu 30 menit. Ukuran box yaitu 50x35x64 cm, menggunakan TEC jenis TEC1-12706 berukuran 4x4 cm dengan pendingin cairan, memiliki tegangan DC 12V.

Kata Kunci: Pendingin

Peltier, TEC, Cooler Box, Semikonduktor, Termoelektrik.

Abstract

The main purpose of making this semiconductor cooler box is to help people in storing groceries or drinks when they are on the trip. In addition, making this cooler box can also be used as a first step to create a new innovation against conventional refrigerators that use refrigerant that can make a damage for the ozone layer. Stages in making this semiconductor cooler box from the design idea and field survey, then cooler box planning process which is the development of product concept in the form of drawing sketch cooler box into a machine or technical object. In making the semiconductor cooler box this can produce the manufacture of product documents in the form of engineering design, and the last step is testing the function of the cooler box and then conclude the results of them. The semiconductor cooler box specifications can reach the lowest temperature of 11°C within 30 minutes. Box size is 50x35x64 cm, using TEC type TEC1-12706, TEC size is 4x4 cm with liquid cooling, has a DC voltage of 12V.

Keywords: Peltier Cooler, TEC, Cooler Box, Semiconductor, Thermoelectric.

PENDAHULUAN

Di era modern ini, manusia gemar bepergian ke suatu tempat baik yang jauh ataupun yang dekat. Saat dalam perjalanan yang jauh tentunya manusia akan membutuhkan banyak minum, dalam hal ini minuman dinginlah yang dipilih untuk menyegarkan rasa dahaga. Untuk mendapatkan minuman yang dingin, dibutuhkan alat pendingin yang mampu mendinginkan minuman tersebut, tetapi dalam keadaan ditengah jalan atau pun disebuah tempat yang tidak memungkinkan adanya alat pendingin seperti kulkas, maka tidak bisa didapatkan minuman yang dingin. Sedangkan untuk membawa sebuah kulkas pada saat melakukan perjalanan jauh sangatlah tidak memungkinkan, selain kontruksinya yang besar, tingginya konsumsi listrik juga tidak dapat dipenuhi ketika kita dalam perjalanan. Selain itu kulkas juga

membutuhkan refrigeran untuk menghasilkan suhu yang dingin, refrigeran tersebut dapat merusak lapisan ozon yang menyebabkan global warming atau pemanasan global yang sedang marak sat ini.

Untuk mensiasati masalah tersebut, maka dihadirkanlah cooler box portabel konvensional yang dapat dibawa kemanapun kita pergi. Cooler box dapat mempertahankan suhu rendah pada minuman dingin selama beberapa jam. Namun cooler box konvensional memiliki kelemahan yaitu membutuhkan bantuan es batu untuk menjaga minuman agar tetap dingin, setelah es batu mencair, maka beberapa jam kemudian minuman akan tidak dingin lagi. Masyarakat merasa kesulitan untuk membawa sebuah cooler box konvensional karena dianggap terlalu memakan tempat, berat dan tidak efektif.

Cooler box thermo electric semi konduktor adalah alat yang tepat sebagai pengganti dari kulkas dan juga cooler box konvensional. Desainnya yang kecil dan

ringan membuat alat ini dapat diletakkan dimana saja. Selain itu cooler box semi konduktor tidak membutuhkan refrigeran yang berbahaya bagi lapisan ozon dan yang terpenting cooler box ini tidak membutuhkan konsumsi daya listrik yang besar. Cooler box ini dapat disuplai aliran listrik yang berasal dari lighter mobil, maka pengguna alat tidak perlu khawatir kesulitan mendapatkan minuman dingin pada saat berpergian jauh menggunakan mobil.

Melihat dan meninjau masalah tersebut, penulis ingin merancang sebuah alat pendingin minuman semi konduktor untuk membantu pengguna alat mendapatkan minuman dingin pada saat berpergian jauh. Cooler box ini juga dapat digunakan untuk menyimpan makanan yang mudah rusak jika disimpan dalam suhu ruang.

METODE

Rencana Penelitian

Tahap perencanaan rancang bangun cooler box menggunakan metode *continue* yang berarti setelah penentuan ide kemudian dilanjutkan pembuatan proses perancangan sesuai dengan bagian-bagiannya agar memudahkan proses perakitan. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi kekacauan dalam bekerja dan kesalahan dalam merangkai komponen-komponennya.

Proses pembuatan dan perakitan cooler box semikonduktor ini dimulai pada bulan Maret dan selesai pada bulan Mei 2017 di Laboratorium Perpindahan Panas Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. Rancangan penelitian tersebut tertera dalam gambar flow chart dibawah dimana penulis telah merancang perencanaan terlebih dahulu akan mesin yang dibuat. Adapun metode dari perancangan yang dilakukan dapat dilihat seperti diagram alir perancangan sebagai berikut :

Desain Cooler Box Semikonduktor

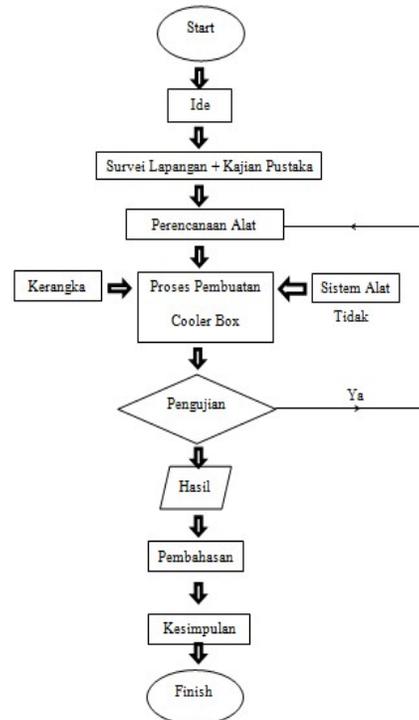


Gambar 2 . Cooler Box Semikonduktor

Cara Kerja Cooler Box Semikonduktor

- Masukkan minuman yang akan didinginkan ke dalam cooler box dan tutup kembali.
- Alirkan sumber arus pada alat terlebih dahulu untuk mengaktifkan beberapa komponen.

- Atur suhu dengan thermo control sebesar 12°C.
- Nyalakan pendingin dengan menekan saklar, maka TEC akan bereaksi dan mendinginkan heatsink. Setelah saklar dinyalakan, maka fan pada sisi panas akan mendinginkan heatsink agar tidak terjadi
- Pada saat yang sama, fan pada sisi dingin akan berfungsi mensirkulasikan udara dingin yang berada didalam *cooler box*.



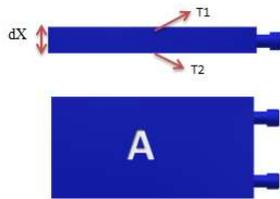
Gambar 2. Bagan Perancangan dan Perakitan

Hasil dan Pembahasan

Di dalam rancang bangun *cooler box* semikonduktor ini terdapat modul thermo control yang berfungsi untuk mengontrol kinerja sistem pendingin pada *cooler box*. *Thermo control* ini yang membuat fan dan pompa pada sistem pendingin menyala atau tidak. Ketika suhu yang berada di dalam *cooler box* sama dengan suhu yang telah diatur, maka otomatis kipas dan pompa radiator akan berhenti bekerja, dan ketika suhu di dalam *cooler box* lebih tinggi daripada suhu yang telah diatur, maka kipas dan pompa akan kembali bekerja. Motor penggerak yang digunakan dalam rancang bangun mesin pemecah kedelai semiotomatis ini adalah motor listrik, dengan alasan pemilihan motor listrik jenis ini dikarenakan motor listrik ini yang paling banyak terdapat dipasaran dan harganya tidak terlalu mahal.

Pengujian Laju Perpindahan Panas *Cooler Box*

Pengujian dilakukan pada 2 macam sistem pendingin yaitu dengan pendingin udara dan pendingin cairan. Pengujian dilakukan selama 30 menit dan dilakukan pencatatan temperatur di dalam *cooler box* setiap 5 menit secara kontinyu. Pemilihan waktu 30 menit karena waktu tersebut sesuai dengan waktu yang dibutuhkan TEC untuk mencapai suhu terendah sesuai dengan spesifikasi TEC. Suhu awal di dalam *cooler box* diatur sebesar 32°C sesuai dengan suhu ruangan pada umumnya. *Water Block* yang digunakan memiliki dimensi 4 x 8 x 1 cm dan terbuat dari bahan aluminium yang memiliki koefisien konduktivitas *thermal* bahan sebesar 205 w/mK.

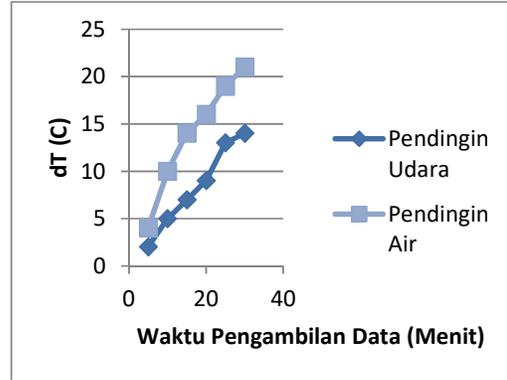


Gambar 3. Skema Pengukuran pada *Water Block*

Berikut ini adalah hasil pengukuran yang telah dilakukan pada *water block*.

Tabel 1. Hasil Pengukuran pada *Water Block*

Waktu Pengambilan Data (Menit)	Suhu Awal (C)	Suhu Akhir (C)		dT (C)	
		Jenis Pendingin		Jenis Pendingin	
		Udara	Air	Udara	Air
5	32	30	28	2	4
10	32	27	22	5	10
15	32	25	18	7	14
20	32	23	16	9	16
25	32	19	13	13	19
30	32	18	11	14	21



Gambar 4. Grafik Perbedaan dT *Cooler Box* dengan *Water Cooling* dan *Air Cooling*

Dari hasil pengujian laju perpindahan panas diatas, didapatkan data untuk menghitung laju perpindahan panas konduksi berdasarkan persamaan berikut :

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \tag{1}$$

Keterangan :

- q = Laju perpindahan panas (W)
- k = Konduktivitas thermal (W/mK)
- A = Luas permukaan (cm²)
- dT = Selisih temperatur (°K)
- dx = Tebal permukaan (cm)

Dari pengukuran yang telah dilakukan, digunakan data paling akhir untuk menghitung laju perpindahan panas konduksi, karena merupakan performa yang paling optimal dari TEC dan diperoleh data sebagai berikut :

- Untuk *water block* dengan pendingin air :

$$K = 205 \text{ w/mK}$$

$$A = 32 \text{ cm} = 0,32 \text{ m}$$

$$dT = 21 \text{ }^\circ\text{C} = 295 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$dX = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

$$q = -k \frac{dT}{dX}$$

$$q = -205 \frac{294}{0,01}$$

$$q = -65,6.29400$$

$$q = 19286840 \text{ J}$$

$$q = 1928,64 \text{ KJ}$$

- Untuk *water block* dengan pendingin udara :

$$K = 205 \text{ w/mK}$$

$$A = 32 \text{ cm} = 0,32 \text{ m}$$

$$dT = 14 \text{ }^\circ\text{C} = 287 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$dX = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

$$q = -kA \frac{dT}{dX}$$

$$q = -205.0,32 \frac{0,32}{0,01}$$

$$q = -205,0,32 \cdot 287/0,01$$

$$q = -65,6.28700$$

$$q = 1882720 \text{ J}$$

$$q = 1882,72 \text{ KJ}$$

Dari hasil perhitungan laju perpindahan panas konduksi yang terjadi pada water block, memperlihatkan bahwa laju perpindahan panas water block yang menggunakan pendingin air atau water cooling lebih besar daripada water block yang menggunakan pendingin udara atau air cooling yaitu sebesar 1928,64 kJ.

Perhitungan Kalor yang Diserap Water Block dengan Water Cooling

- Menghitung efek *seebeck*

Efek *seebeck* adalah bilangan yang menyatakan kenaikan tegangan *termoelektrik* pada setiap unit perbedaan temperatur di kedua benda. Koefisien efek *seebeck* dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$\alpha = \frac{V}{T} \quad (2)$$

Dimana :

α = Koefisien efek *seebeck* (V/°K)

V = Tegangan TEC (V)

T = Temperatur (°C)

Temperatur dari TEC sisi dingin didapatkan sebesar 11 °C dan tegangan yang dibutuhkan TEC untuk mencapai suhu tersebut adalah sebesar 12 V. maka dari data tersebut dapat dituliskan persamaan seperti berikut :

$$\alpha = \frac{V}{T}$$

$$\alpha = \frac{12}{11 + 273}$$

$$\alpha = \frac{12}{284}$$

$$\alpha = 0,042 \text{ V/°K}$$

Jadi koefisiensi efek *seebeck* yang di dapatkan adalah 0,42 V/°K.

- Menghitung Kalor yang Diserap TEC

Kalor yang diserap TEC dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$q = \alpha IT - \frac{\Delta T}{\phi} - \frac{IR^2}{2} \quad (3)$$

Dimana :

Q = Kalor yang diserap (W)

α = Koefisien *seebeck* (V/°K)

I = Arus listrik yang mengalir (A)

T = Temperatur salah satu sisi TEC (°K)

ΔT = Beda temperatur sisi panas dan dingin (°K)

ϕ = Hambatan Panas (°K/W)

R = Hambatan Listrik (ohm)

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya, diperoleh data sebagai berikut :

$$\alpha = 0,042 \text{ V/°K}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

$$T = 11 + 273 = 284 \text{ °K}$$

$$R = 1,7 \text{ } \Omega$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 32 - 11 = 21 \text{ °C}$$

$$\phi = 1,1 \text{ kW}$$

$$q = \alpha IT - \frac{\Delta T}{\phi} - \frac{IR^2}{2}$$

$$q = 0,42 \cdot 5 \cdot 284 - \frac{294}{1,1} - \frac{(5 \cdot 1,7)^2}{2}$$

$$q = 59,43 - \frac{294}{1,1} - \frac{72,5}{2}$$

$$q = 596,4 - 267,27 - 36,25$$

$$q = 292,8 \text{ W}$$

- Menghitung Kalor yang Dilepas TEC

$$q = \alpha IT - \frac{\Delta T}{\phi} - \frac{IR^2}{2}$$

Dimana :

Q = Kalor yang dilepas (W)

α = Koefisien *seebeck* (V/°K)

I = Arus listrik yang mengalir (A)

T = Temperatur salah satu sisi TEC (°K)

ΔT = Beda temperatur sisi panas dan dingin (°K)

ϕ = Hambatan Panas (°K/W)

R = Hambatan Listrik (ohm)

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya, diperoleh data sebagai berikut :

$$\alpha = 0,042 \text{ V/°K}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

$$T = 32 + 273 = 305 \text{ °K}$$

$$R = 1,7 \text{ } \Omega$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 32 - 11 = 21 \text{ °C} = 294 \text{ °K}$$

$$\phi = 1,1 \text{ kW}$$

$$q = \alpha IT - \frac{\Delta T}{\phi} - \frac{IR^2}{2}$$

$$q = 0,42 \cdot 5 \cdot 305 - \frac{294}{1,1} - \frac{(5 \cdot 1,7)^2}{2}$$

$$q = 640,5 - \frac{294}{1,1} - \frac{72,5}{2}$$

$$q = 640,5 - 267,2 - 36,25$$

$$q = 337,05 \text{ W}$$

Perhitungan Kalor yang Diserap dan Kalor yang Dilepaskan TEC dengan Air Cooling

- Menghitung efek *seebeck*

$$\alpha = \frac{V}{T}$$

Dimana :

α = Koefisien efek *seebeck* (V/°K)

V = Tegangan TEC (V)

T = Temperatur (°C)

Temperatur dari TEC sisi dingin didapatkan sebesar 18 °C dan tegangan yang dibutuhkan TEC untuk mencapai suhu tersebut adalah sebesar 12 V. maka dari data tersebut dapat dituliskan persamaan seperti berikut :

$$\alpha = \frac{V}{T}$$

$$\alpha = \frac{12}{18 + 273}$$

$$\alpha = \frac{12}{291}$$

$$\alpha = 0,41 \text{ V/}^\circ\text{K}$$

- Menghitung Nilai Kalor yang Diserap TEC Sisi Dingin

Nilai kalor yang diserap TEC dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$q = \alpha IT - \frac{\Delta T}{\phi} - \frac{IR^2}{2}$$

Dimana :

q = Kalor yang diserap (W)

α = Koefisien *seebeck* (V/°K)

I = Arus listrik yang mengalir (A)

T = Temperatur salah satu sisi TEC (°K)

ΔT = Beda temperatur sisi panas dan dingin (°K)

ϕ = Hambatan Panas (°K/W)

R = Hambatan Listrik (ohm)

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya, diperoleh data sebagai berikut :

$$\alpha = 0,41 \text{ V/}^\circ\text{K}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

$$T = 18 + 273 = 291 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$R = 1,7 \text{ } \Omega$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 32 - 18 = 14 \text{ }^\circ\text{C} = 287 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\phi = 1,1 \text{ kW}$$

$$q = \alpha IT - \frac{\Delta T}{\phi} - \frac{IR^2}{2}$$

$$q = 0,41 \cdot 5 \cdot 291 - \frac{287}{1,1} - \frac{(5,1,7)^2}{2}$$

$$q = 596,55 - \frac{287}{1,1} - \frac{25}{2}$$

$$q = 596,55 - 260,9 - 36,25$$

$$q = 299,4 \text{ W}$$

- Menghitung Nilai Kalor yang Dilepas TEC Sisi Panas

Nilai kalor yang dilepas TEC dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$q = \alpha IT - \frac{\Delta T}{\phi} - \frac{IR^2}{2}$$

Dimana :

q = Kalor yang diserap (W)

α = Koefisien *seebeck* (V/°K)

I = Arus listrik yang mengalir (A)

T = Temperatur salah satu sisi TEC (°K)

ΔT = Beda temperatur sisi panas dan dingin (°K)

ϕ = Hambatan Panas (°K/W)

R = Hambatan Listrik (ohm)

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya, diperoleh data sebagai berikut :

$$\alpha = 0,41 \text{ V/}^\circ\text{K}$$

$$I = 5 \text{ A}$$

$$T = 40 + 273 = 313 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$R = 1,7 \text{ } \Omega$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 40 - 18 = 22 \text{ }^\circ\text{C} = 295 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\phi = 1,1 \text{ kW}$$

$$q = \alpha IT - \frac{\Delta T}{\phi} - \frac{IR^2}{2}$$

$$q = 0,41 \cdot 5 \cdot 313 - \frac{295}{1,1} - \frac{(5,1,7)^2}{2}$$

$$q = 641,65 - \frac{295}{1,1} - \frac{25}{2}$$

$$q = 596,55 - 268,18 - 36,25$$

$$q = 292,12 \text{ W}$$

Menghitung Efisiensi *Cooler Box*

- Menghitung efisiensi TEC dengan *Water Cooling*

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\% \quad (4)$$

Q_1 adalah kalor yang diserap oleh TEC dan Q_2 adalah kalor yang diserap oleh TEC.

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{337,05 - 292,8}{292,8} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{337,05 - 292,8}{292,8} \times 100\%$$

$$\eta = 0,15 \times 100\%$$

$$\eta = 0,15 \%$$

Efisiensi yang dimiliki oleh Tec dengan *water cooling* sangat kecil yaitu 0,15 %. Hal tersebut dikarenakan oleh nilai kalor yang dilepas dan kalor yang dibuang oleh TEC dengan *water cooling* tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

- Menghitung Efisiensi TEC dengan *Air Cooling*

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{299,4 - 292,12}{299,4} \times 100\%$$

$$\eta = 0,02 \times 100\%$$

$$\eta = 0,02 \%$$

Efisiensi yang dimiliki oleh Tec dengan water cooling sangat kecil yaitu 0,02 %. Hal tersebut dikarenakan oleh nilai kalor yang dilepas dan kalor yang dibuang oleh TEC dengan water cooling tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil perancangan *cooler box* semikonduktor dengan *water cooling* dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Temperatur terendah yang dicapai oleh *cooler box* semikonduktor adalah 11°C dicapai pada waktu 30,2 menit. Laju perpindahan panas yang dihasilkan oleh *cooler box* semikonduktor dengan *water cooling* lebih besar daripada tanpa menggunakan *water cooling*.
- Bahan yang digunakan untuk membuat atau merancang *cooler box* semi konduktor dengan water cooling adalah : *Water Block*, Isolator akrilik, *Heatsink* tipe CK-AMD, *Fan* dc 12v, Pompa DC 12V 0,5A, Selang berdiameter 10mm, *Radiator CPU* dengan 2 *fan*, Baut penahan *water block* Plat penahan *water block*, TEC1-12706, Box *Styrofoam* berukuran 35x50x64 cm.

Saran

Dalam aplikasi *cooler box* semikonduktor dengan *water cooling* masih membutuhkan banyak perbaikan, yaitu :

- *Body* harus lebih memiliki faktor estetika agar konsumen lebih tertarik untuk menggunakan *cooler box* ini.
- Menggunakan pasta *termal* dan *water block* yang memiliki nilai k lebih besar dari sebelumnya, karena *cooler box* masih membutuhkan suhu yang lebih dingin lagi agar dapat digunakan sebagai alat untuk menyimpan bahan makanan beku.
- Membuat inovasi pada sistem tenaga yaitu menggunakan TEG pada sumber tenaga yang memproses panas dari mesin untuk dikonversikan menjadi energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afendi, Ahmad Arif. Puad, Jamil M. 2012. *Perhitungan Beban Pendinginan*. Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.
- Arismunandar, Wiranto. Saito, Heizo. 1991. *Penyegaran Udara*. Jakarta : PT. Pradya Paramitha.

Buchori, Luqman. *Perpindahan Panas*. Universitas Diponegoro Semarang.

Hou, R. Baskaran dan K.F, Bohringer. 2009. *Optimization of Microscale Thermoelectric Cooling Element Dimensions for Hotspot Cooling Applications*, Journal of Electronic Materials, Vol 38 No. 7 , pp 950-953.

Rifai, Andi. *Analisa Kebutuhan Beban Pendingin dan Daya Alat Pendingin AC Untuk Aula Kampus 2 UM Metro*. Metro : Universitas Muhammadiyah Metro.

