

RANCANG BANGUN ALAT PENDINGIN MINUMAN *PORTABLE* MENGUNAKAN PELTIER

Wahyu Nugroho

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak
Jl. Jenderal Ahmad Yani No.111, Kota Pontianak, Kalimantan Barat
Telp. (0561) 764571, e-mail : wahyu_nugroho.teknik@yahoo.co.id

Abstrak

Kebutuhan energi dunia semakin lama semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pusat-pusat industri. Sebagian besar kebutuhan energi itu dialokasikan pada sektor kebutuhan rumah tangga, transportasi, dan industri. Pada tahun 2020 mendatang diperkirakan kebutuhan energi akan bertambah sekitar 40 persen dari kebutuhan saat ini. Tersedianya sumber energi belum menjamin bahwa energi tersebut dapat digunakan secara efisien dan efektif. Seiring dengan perkembangan teknologi, alat-alat penunjang kehidupan semakin lama semakin berkembang. Tidak hanya terbatas pada fungsi namun juga portabilitas dan kemudahan manusia dalam mengoperasikannya. Seiring perkembangan teknologi dalam bidang teknik pendingin membuat manusia berfikir bagaimana cara membuat suatu alat yang bisa memberikan kemudahan, keandalan, nyaman, ekonomis, ramah lingkungan dan sebagainya. Namun di dalam pembuatan teknologi pendingin manusia menyadari terdapat hal yang merugikan, salah satunya adalah penggunaan bahan kimia yang disebut refrigerant. Refrigerant adalah bahan kimia yang digunakan dalam siklus kerja mesin pendingin yang dapat merusak lapisan ozon jika terurai di udara. Hal ini sangat memprihatinkan karena penyebab utama dalam pemanasan global. Oleh karena itu penulis berfikir bagaimana cara membuat pendingin minuman *portable* yang bisa dibawa keman-mana, praktis, *simple*, dan yang pastinya ramah lingkungan. Teknologi termoelektrik merupakan sumber alternatif utama dalam menjawab kebutuhan energi tersebut. Di samping relatif lebih ramah lingkungan, teknologi ini sangat efisien, tahan lama, dan juga mampu menghasilkan energi dalam skala besar maupun kecil. Efek termoelektrik ini kini dikembangkan dalam suatu alat yang disebut elemen Peltier. Dengan kelebihan maupun kekurangannya, elemen ini dapat direkayasa dalam merancang suatu sistem pendingin yang nantinya dapat menggantikan sistem yang konvensional. Kemampuan pendingin dari sistem pendingin ini tergantung dari objek atau beban pendingin yang kita berikan. Rata-rata suhu minimum yang dicapai adalah 23°C selama satu jam dengan beban 100 ml.

Kata kunci : Energi, Sistem Pendingin, Suhu, Termoelektrik, Peltier

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia semakin lama semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pusat-pusat industri. Cadangan energi Indonesia diperkirakan akan mampu mencukupi kebutuhan energi dalam negeri selama kurun waktu lebih dari 100 tahun mendatang. Namun demikian, bukan berarti para pengguna sumber energi tersebut bisa semena-mena sehingga tidak memikirkan generasi mendatang. Berbagai upaya telah ditempuh sebagai antisipasi penyediaan sumber energi alternatif. Indonesia adalah salah satu Negara yang memiliki sumber energi alamiah yang sangat besar. Mulai dari minyak bumi, batu bara, gas alam, dan lain sebagainya. Letak geografis Indonesia juga cukup menguntungkan karena memperoleh paparan cahaya matahari sepanjang tahun. Oleh karena itu, selain memanfaatkan bahan bakar fosil para ilmuwan Indonesia juga berusaha memanfaatkan energi surya dengan membuat sel surya atau sel *photovoltaic*.

Pada tahun 2020 mendatang diperkirakan kebutuhan energi akan bertambah sekitar 40 persen dari kebutuhan saat ini. Tersedianya sumber energi belum menjamin bahwa energi tersebut dapat digunakan secara efisien dan efektif. Hal ini sangat bergantung pada alat yang digunakan. Seiring dengan perkembangan teknologi, alat-alat tersebut semakin lama semakin berkembang. Tidak hanya terbatas pada fungsi namun juga portabilitas dan kemudahan manusia dalam mengoperasikannya.

Pemanfaatan teknologi telah merambah dalam semua aspek kehidupan manusia, salah satunya teknologi *household appliances* yang sudah tidak terlepas dari keseharian kegiatan manusia saat ini. Peralatan rumah tangga adalah salah satu contoh teknologi yang terus berkembang mengikuti kebutuhan manusia akan berbagai faktor, misalnya, kemudahan, keandalan, kenyamanan, ekonomis, dan sebagainya.

Seiring perkembangan teknologi dalam bidang teknik pendingin membuat manusia berfikir bagaimana cara membuat suatu alat yang bisa memberikan kemudahan, keandalan, nyaman, ekonomis, ramah lingkungan dan sebagainya. Namun di dalam pembuatan teknologi pendingin manusia menyadari terdapat hal yang merugikan, salah satunya adalah penggunaan bahan kimia yang disebut refrigerant. Refrigerant adalah bahan kimia yang digunakan dalam siklus kerja mesin pendingin yang dapat merusak lapisan ozon jika terurai di udara. Hal ini sangat memprihatinkan karena penyebab utama dalam pemanasan global. Oleh karena itu penulis berfikir bagaimana cara membuat pendingin minuman *portable* yang bisa dibawa keman-mana, praktis, *simple*, dan yang pastinya ramah lingkungan.

Upaya yang digunakan untuk mengurangi penggunaan refrigerant pada mesin pendingin adalah dengan menggunakan bahan kimia lain yang tidak merugikan atau membuat cara lain untuk teknik pendingin minuman yang ramah lingkungan dan sama sekali tidak menggunakan bahan kimia. Teknologi termoelektrik merupakan sumber alternatif utama dalam menjawab kebutuhan energi tersebut. Di samping relatif lebih ramah lingkungan, teknologi ini sangat efisien, tahan lama, dan juga mampu menghasilkan energi dalam skala besar maupun kecil.

Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional. Efek termoelektrik adalah hubungan antara energi panas dan energi listrik yang terjadi pada titik temu antara dua jenis logam yang berbeda. Efek termoelektrik ini kini dikembangkan dalam suatu alat yang disebut elemen Peltier. Dengan kelebihan maupun kekurangannya, elemen ini dapat direkayasa dalam merancang suatu sistem pendingin yang nantinya dapat menggantikan sistem yang konvensional.

KAJIAN TEORI

Jenis Dan Komponen Utama Mesin Pendingin

Sistem pendingin adalah suatu sistem yang berfungsi menjaga supaya temperatur mesin pendingin dalam kondisi yang ideal. Mesin bukan instrument dengan efisiensi sempurna, mesin dengan efisiensi tinggi memiliki kemampuan untuk konversi panas hasil pembakaran menjadi energi yang diubah menjadi gerakan mekanis, dengan hanya sebagian kecil panas yang terbuang. Mesin selalu dikembangkan untuk mencapai efisiensi tertinggi, tetapi juga mempertimbangkan faktor ekonomis, daya tahan, keselamatan serta ramah lingkungan.

Berikut ini merupakan jenis pendingin, yaitu :

Pendingin Udara

Dalam sistem ini, panas mesin langsung dilepaskan ke udara. Mesin dengan sistem pendingin udara mempunyai desain pada silinder mesin terdapat sirip pendingin. Sirip pendingin ini untuk memperluas bidang singgung antara mesin dengan udara sehingga pelepasan panas bisa berlangsung lebih cepat.

Pendingin Air

Sistem ini menggunakan media air sebagai perantara untuk melepaskan panas ke udara. Sistem ini sangat umum dipakai pada mobil, sedangkan sepeda motor jarang menggunakan tipe ini. Sistem pendingin pada sepeda motor secara umum menggunakan sirip-sirip udara sebagai pendingin pada mesin, meskipun pada sepeda motor jenis baru atau kendaraan besar sudah menggunakan sistem pendingin menggunakan fluida, berbeda dengan sistem pendingin pada mobil yang menggunakan air.

Komponen Utama Mesin Pendingin

a. Kompresor

Kompresor mengambil uap panas pada temperatur rendah di dalam evaporator dan memompakannya ke tingkat temperatur yang lebih tinggi di dalam kondensor, oleh karena itu biasa juga kompresor itu disebut *heat pump*.

b. Kondensor

Kondensor adalah komponen penukar panas yang berfungsi untuk mengkondisikan gas refrigeran dari kompresor.

c. Katup Expansi

Fungsi dari katup ekspansi ada dua, yaitu (1) menurunkan refrigeran dari tekanan kondensor sampai tekanan evaporator dan (2) mengatur jumlah aliran refrigeran yang mengalir masuk ke evaporator.

d. Evaporator

Evaporator adalah penukar kalor yang di dalamnya mengalir cairan refrigeran yang berfungsi sebagai penyerap panas dari produk yang didinginkan sambil berubah fasa.

e. Tangki Penampung

Tangki penampung fungsinya untuk menampung cairan bahan pendingin bertekanan tinggi dari kondensor.

f. Saringan

Saringan harus menyaring semua kotoran di dalam sistem, tetapi tidak boleh menyebabkan penurunan tekanan atau membuat sistem menjadi buntu.

g. Pipa Kapiler

Pipa kapiler berguna untuk (1) menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir di dalam pipa tersebut, dan (2) mengontrol atau mengatur jumlah bahan pendingin cair yang mengalir dari sisi tekanan tinggi ke sisi tekanan rendah.

h. Refrigeran

Refrigeran adalah bahan pendingin berupa fluida yang digunakan untuk menyerap panas melalui perubahan fasa cair ke gas (menguap) dan membuang panas melalui perubahan fasa gas ke cair (membangun).

Efek Seebeck

Penemuan pertama kali terkait dengan termoelektrik terjadi pada tahun 1821, seorang fisikawan Jerman yang bernama *Thomas Johan Seebeck* melakukan eksperimen dengan menggunakan dua material logam yang berbeda yaitu tembaga dan besi. Kedua logam itu dirangkai menjadi sebuah sambungan dimana salah satu sisi logam dipanaskan dan sedangkan satu sisi logam yang lainnya tetap dijaga pada suhu konstan sehingga arus akan mengalir pada rangkaian tersebut. Arus listrik yang mengalir akan mengindikasikan adanya beda potensial antara ujung-ujung kedua sambungan. Jarum kompas yang sebelumnya telah diletakkan diantara dua plat tersebut ternyata mengalami penyimpangan atau bergerak hal ini disebabkan adanya medan magnet yang dihasilkan dari proses induksi elektromagnetik yaitu medan magnet yang timbul karena adanya arus listrik pada logam. Dibawah ini adalah simulasi dari rangkain kedua logam A dan logam B.

Efek Peltier

Pada tahun 1834 seorang fisikawan bernama *Jean Charle Athanase Peltier*, menyelidiki kembali eksperimen dari efek *Seebeck*. *Peltier* menemukan kebalikan dari fenomena *Seebeck* yaitu ketika arus listrik mengalir pada suatu rangkain dari material logam yang berbeda terjadi penyerapan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas bersesuaian dengan arah arus listrik pada logam. Hal ini dikenal dengan efek Peltier.

Suhu di sisi panas dan sisi dingin dapat diubah-ubah tergantung arus polaritas yang diberikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses terjadinya efek peltier bersifat *reversible*.

Sel Peltier

Konsep dari sel peltier yaitu efek Seebeck dan efek Peltier, dimana sel Peltier ini merupakan bahan semikonduktor yang bertipe-p dan tipe-n. Semikonduktor merupakan bahan setengah penghantar listrik yang disebabkan perbedaan gaya ikat diantara atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul.

Semua ikatan zat padat atau bahan padat yang lainnya disebabkan adanya gaya listrik dan tergantung pada jumlah elektron terluar pada struktur atom. Bahan padat yang dimaksud adalah bahan padat seperti konduktor, isolator, semikonduktor, ataupun superkonduktor. Untuk penyusun dari bahan padat terbagi menjadi dua bagian yaitu bahan padat kristal dan bahan padat amorf. Bahan pada kristal merupakan suatu bahan padat dengan struktur partikelnya disusun secara keteraturan yang panjang dan berulang secara periodik, contohnya Silicon, Germanium, Gallium, Arsenid, dsb. Sedangkan bahan padat amorf struktur partikelnya disusun dengan keteraturan yang pendek dan tidak berulang secara periodik, contohnya Amorphous Silicon.

Perpindahan Panas

Apabila perpindahan energi terjadi pada perbedaan suhu maka hal ini disebut pengaliran panas. Perpindahan kalor terjadi pada 3 proses yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Efisiensi

Pada mesin diperlukan beberapa perhitungan efisiensi yang berguna untuk mengetahui seberapa besar efisiensi dari mesin yang mengeluarkan panas dan kerja dari mesin itu sendiri. Efisiensi didefinisikan sebagai fraksi antara kerja yang dihasilkan dengan energi panas yang masuk ke mesin.

$$\eta = \frac{W}{Q_{input}} \times 100 \%$$

Dimana :

η = Efisiensi

W = Kerja (J)

Q_{input} = Energi Panas (J)

Jika diinterpretasikan sebagai $\eta = 100 \%$ artinya seluruh energi panas Q_{input} seluruhnya diubah menjadi W . nilai η adalah antara 0 sampai 1. Semakin besar η maka semakin bagus mesin tersebut akan tetapi pada kenyataannya tidak ada mesin yang mengubah panas menjadi kerja seluruhnya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Studi Literatur yaitu Metode yang digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan kerja mahasiswa, informasi dari internet, data *sheet*, dan buku-buku yang berhubungan dengan skripsi penulis.
- b. Perancangan Dan Pembuatan Alat merupakan awal penulis untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari untuk melengkapi sistem serupa yang pernah dikembangkan, dan selanjutnya penulis dapat merealisasikan sistem sesuai dengan tujuan.
- c. Uji Sistem ini berkaitan dengan pengujian alat serta pengambilan data dari alat yang telah dibuat.
- d. Metode Analisis merupakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari pengujian alat serta pengambilan data. Pengambilan data meliputi kecepatan memberikan perintah sampai tanggapan sistem berupa ketepatan pengeksekusian perintah. Setelah ini dilakukan penganalisan sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

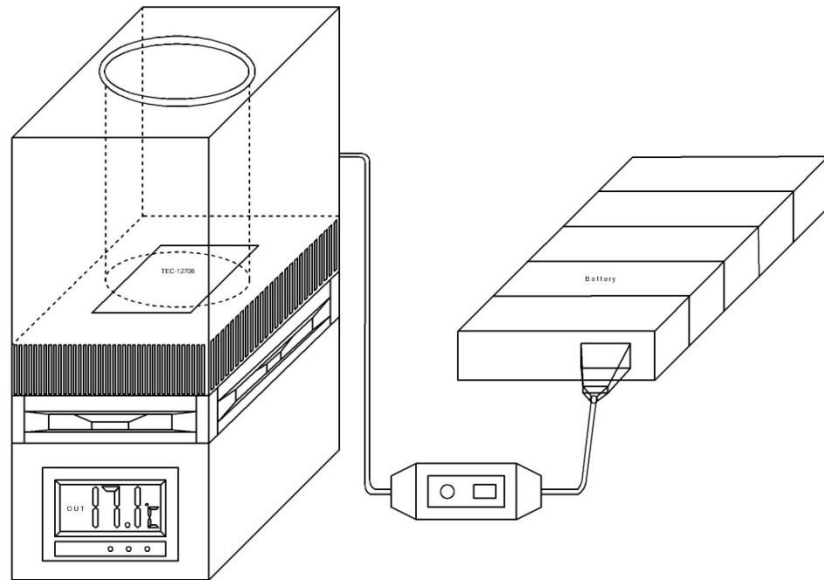
HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisa

Analisa kinerja dari alat pendingin minuman yang dirancang akan dilakukan setelah diperoleh hasil pengujian. Analisa yang dilakukan meliputi analisa performa dari alat pendingin minuman tersebut.

Perancangan Alat keseluruhan

Pada perancangan sistem/model alat pendingin minuman ini menggunakan peltier sebagai alat pendinginnya. Skema rancang bangun model alat pendingin minuman diperlihatkan pada gambar.



Hasil Dan Analisa Pengujian

Berikut adalah data dan analisa hasil pengujian alat pendingin minuman. Penyajian data yang diperoleh dibuat dalam format tabel.

Data Temperatur Pengujian

Waktu (menit)	Beban (100 ml) °C
60	23,0

Teknik pendingin yang menggunakan *heatsink* yang di konveksi menggunakan kipas mampu menekan temperatur sisi panas peltier. Dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa pembebanan sangat berpengaruh terhadap kerja pendingin yang dilakukan peltier. Penambahan pembebanan berarti penambahan jumlah kalor yang harus diserap oleh sisi dingin peltier. Karena peltier bekerja dengan prinsip ΔT , maka agar penurunan temperatur dapat dipercepat lagi, perlu dilakukan upaya peningkatan kinerja peltier dengan cara menurunkan serendah-rendahnya temperatur pada sisi panasnya.

Analisa Kalor Yang Hilang Dan Perhitungan

Perhitungan nilai kalor konduksi pada sistem isolasi alat pendingin minuman dilakukan dengan asumsi sebagai berikut :

1. Kondisi tunak (*steady state*)
2. Kontak hambatan antara dinding diabaikan

3. Permukaan dalam dianggap adiabatik
4. Konduktivitas termal material tidak berubah menurut waktu pendinginan
5. Suhu lingkungan diambil nilai rata-rata 30°C
6. Beban *fan* 4 cm 12 v diabaikan

Langkah perhitungan COP untuk sistem pendingin alat pendingin minuman adalah sebagai berikut :

Daya input peltier	= 94 Watt
Beban	= 100 ml
Waktu	= 60 menit (3600 detik)
T _{akhir}	= 23,0 °C = 296,0 K
T _{awal}	= 28 °C = 301 K
T _{lingkungan}	= 30 °C = 303 K
A _{tutup}	= 0,06 m ²
A _{ruangan}	= 0,0051 m ²
h _o	= 25 W/m ² .K
h _i	= 25 W/m ² .K

Perhitungan Beban Transmisi (q_{trans})

Koefisien perpindahan kalor keseluruhan U dari dinding ruangan dan tutup dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{h_0}}$$

Perhitungan beban transmisi terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

Tutup

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{h_0}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,015}{0,033} + \frac{0,003}{0,15} + \frac{1}{25}}$$

$$= 1,803 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_{\text{tutup}} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$= (1,803) \cdot (0,06) \cdot (28-23,0)$$

$$= 0,5409 \text{ Watt}$$

Ruangan

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{h_0}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,015}{0,033} + \frac{0,003}{0,15} + \frac{1}{25}}$$

$$= 1,803 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_{\text{ruangan}} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$= (1,803) \cdot (0,0051) \cdot (28-23,0)$$

$$= 0,046 \text{ Watt}$$

Maka total beban kalor transmisi adalah :

$$Q_{\text{transmisi}} = Q_{\text{tutup}} + Q_{\text{ruangan}}$$

$$= 0,5409 + 0,046$$

$$= 0,5869 \text{ Watt}$$

Perhitungan Beban Pendingin (q_{cooling})

Beban pendinginan dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_{\text{beban yang didinginkan}} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Hasil perhitungan q berdasarkan data perhitungan, dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Hasil Perhitungan Kalor Yang Dibutuhkan Untuk Mendinginkan Beban

Air	5,81
Aluminium case	0,66

Durasi pengujian adalah 3600 detik

Air

$$\text{Beban} = 1,0 \text{ kg}$$

$$T_{\text{akhir}} = 23,0 \text{ }^\circ\text{C} = 296,0 \text{ K}$$

$$T_{\text{awal}} = 28 \text{ }^\circ\text{C} = 301 \text{ K}$$

$$m \cdot C_p \cdot \Delta T = (1,0) \cdot (4186) \cdot (301-296,0) = 20930 \text{ Joule}$$

$$q_{\text{air}} = 20930 \text{ J} / 3600 \text{ s}$$

$$= 5,81 \text{ Watt}$$

Aluminium Case

$$\text{Beban} = 0,35 \text{ kg}$$

$$T_{\text{akhir}} = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

$$T_{\text{awal}} = 27,5 \text{ }^\circ\text{C} = 300,5 \text{ K}$$

$$m \cdot C_p \cdot \Delta T = (0,35) \cdot (900) \cdot (300,5-293) = 2362,5 \text{ Joule}$$

$$q_{\text{aluminium case}} = 2362,5 \text{ J} / 3600 \text{ s}$$

$$= 0,66 \text{ Watt}$$

$$q_{\text{cooling}} = (q_{\text{air}} + q_{\text{aluminium case}})$$

$$= 5,81 + 0,66$$

$$= 6,47 \text{ Watt}$$

Perhitungan Beban Keseluruhan (q_c)

$$Q_c = q_{\text{transmisi}} + q_{\text{cooling}}$$

$$= 0,5869 + 6,47$$

$$= 7,0569 \text{ Watt}$$

Nilai COP

$$COP = \frac{q_c}{p_{in}}$$

$$COP = \frac{7,0569}{94}$$

$$= 0,075$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

- Suhu minimum yang dapat dicapai sistem pendingin bergantung pada beban yang diberikan.
- Upaya mempercepat laju pendingin air minuman dapat dilakukan dengan cara menambah jumlah peltier dan memperluas dimensi *heatsink*
- Volume cairan yang digunakan adalah 100 ml dan waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan minuman adalah 60 menit

Saran

Dalam perancangan mekanik dan pengujian sistem, masih ada kekurangan yang perlu diperhatikan agar nantinya perancangan ini menjadi lebih baik maka terdapat beberapa saran sebagai berikut :

- Agar ditambah sistem kendali otomatis apabila suhu yang diinginkan sudah tercapai maka saklar akan bekerja untuk menonaktifkan sistem elektrikal
- Menggunakan baterai yang lebih tahan lama supaya tidak sering dicas

DAFTAR PUSTAKA

- Azridjal Aziz, Joko Subroto, Villager Silpana. 2014. *Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik sebagai Media Pendingin Kotak Minuman*. e-Journal Teknik Mesin.
- B.R. John. 1992. *Keterampilan Teknik Listrik Praktis*. Bandung: Yrama Widya.
- Daryanto. 2016. *Teknik Pendingin AC, Freezer, Kulkas*. Bandung: Yrama Widya.

- D.H. Septa. 2012. *Rancang Bangun Sistem Pengukur Efisiensi Sel Peltier Berbasis Mikrokontroler.pdf*. Depok:Universitas Indonesia.
- Irwin Bizzy dan Rury Apriansyah. 2013. *Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Minuman Kaleng dengan Termoelektrik Bersumber dari Arus DC Kendaraan dalam Rangkaian Seri dan Paralel*. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII), Bandar Lampung, 23-24 Oktober.
- P. Astu dan N.Djati. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
- P.Sandya. 2012. *Pendingin Kabin Mobil Berbasis Termoelektrik.pdf*. Depok : Universitas Indonesia.
- R.Umboh, J.O. Wuwung, E. Kendek Allo, B .S. Narasiang. 2012. *Perancangan Alat Pendingin Portable Menggunakan Elemen Peltier*. Vol. 1 no. 3, e-Journal Teknik Elektro dan Komputer, pp 1-6.