

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi dunia semakin lama semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pusat-pusat industri. Menurut data yang berhasil dihimpun (berbagai sumber), dengan jumlah penduduk lebih dari 200 juta jiwa, Indonesia merupakan Negara dengan tingkat kebutuhan energi nomor 5 dunia setelah Amerika, China, dan India. Sebagian besar kebutuhan energi itu dialokasikan pada sektor kebutuhan rumah tangga, transportasi, dan 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* (Energi_Indonesia,atikel).

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. Saat ini, sistem kerja mesin masih berbasis pada teknologi yang pertama dicetuskan oleh *James Watt* yang mengawali revolusi industri di Inggris awal abad ke-19. Penemuan tersebut tentu saja tidak lepas dari peran ilmuwan eksperimentalis terbesar sepanjang masa, *Michael Faraday*, yang telah berhasil meletakkan dasar-dasar teori dan eksperimen bagaimana cara mengubah energi yang tersedia di alam untuk digunakan sebagai pendukung kehidupan sehari-hari. Mekan terciptalah berbagai macam mesin dan alat-alat penunjang kehidupan lainnya yang memanfaatkan, terutama, bahan bakar minyak. 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. *Household appliances* atau peralatan rumah tangga adalah berbagai peralatan yang mempermudah manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari di dalam rumah/tempat tinggalnya. 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.

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. 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.

1.2 Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimanakah komponen-komponen alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier ?

2. Bagaimanakah rancang bangun alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier ?
3. Bagaimanakah menghitung biaya untuk membuat alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah penelitian di atas, maka tujuan penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Tujuan Umum
 - a. Mengetahui komponen-komponen alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier.
 - b. Mengetahui rancang bangun alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier.
 - c. Mengetahui biaya untuk membuat alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier.
2. Tujuan Khusus
 - a. Melengkapi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar sarjana
 - b. Untuk melatih dalam penyusunan laporan secara sistematis

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti dan Universitas Muhammadiyah Pontianak. Manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagi Universitas Muhammadiyah Pontianak

Penelitian ini diharapkan dapat membantu Universitas Muhammadiyah Pontianak dalam menjalankan visinya yaitu tahun 2020 menjadi universitas terkemuka dalam pengembangan iptek, seni dan sumber daya manusia berdasarkan nilai-nilai ke-Islaman untuk kesejahteraan ummat serta dapat memberikan sumbangan ilmu.

2. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam menambah wawasan pengetahuan dalam bidang penelitian dan untuk mengetahui rancang bangun alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier.

1.5 Batasan Masalah

Agar permasalahan di atas tidak terlalu meluas, maka Penulis memberikan batasan terhadap permasalahan sebagai berikut :

1. Komponen-komponen alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier.
2. Rancang bangun alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier.

3. Biaya yang dikeluarkan untuk membuat alat pendingin minuman *portable* menggunakan peltier.

1.6 Metode Penelitian

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

1.6.1 Studi Literatur

Metode ini 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.

1.6.2 Perancangan Dan Pembuatan Alat

Perancangan 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.

1.6.3 Uji Sistem

Uji sistem ini berkaitan dengan pengujian alat serta pengambilan data dari alat yang telah dibuat.

1.6.4 Metode Analisis

Metode ini 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.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sebelum penulis melakukan penelitian, ada beberapa penelitian yang berkaitan dengan penelitian penulis. Penelitian-penelitian yang berhubungan dengan termoelektrik.

Penelitian yang pertama yang berhasil peneliti temukan adalah penelitian yang dilakukan oleh R. Umboh, J.O Wuwung, dkk (2012) yang berjudul “Perancangan Alat Pendinginan *Portable* Menggunakan Elemen Peltier”. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui suhu yang dapat dicapai sistem pendingin pada alat tersebut. Manfaat yang dapat diperoleh yaitu dapat mengetahui seberapa besarnya penurunan suhu oleh alat tersebut dan menambah ilmu dan pengetahuan dibidang teknik pendingin. Penelitian ini dilakukan dengan cara merancang sistem, pengetesan, dan perakitan peltier, *heatsink*, *coldsink*, dan sensor.

Hasil penelitian menunjukan untuk mengetahui catu daya, dilakukan 5 kali pengukuran pada tegangan dan arus keluaran. Untuk pengukuran tegangan dilakukan pengukuran saat tanpa beban dan saat diberikan beban. Tujuan dari pengujian catu daya ini adalah untuk mengetahui efisiensi dari catu daya. Untuk menguji sensor suhu, dilakukan perbandingan antara termometer digital yang telah ditera terhadap IC

sensor suhu LM35. Untuk menguji rangkaian ADC, masukan analog diberikan oleh keluaran IC sensor LM35, oleh karena itu kisaran tegangan analog adalah 298 mV – 398 mV. Pengujian sistem pendingin dilakukan pada saat tidak ada beban pendinginan (*cabinet* kosong), dan pada air dengan tiga massa berbeda, masing-masing 100 gr, 200 gr, dan 500 gr. Dimana pengujian dilakukan selama 60 menit untuk masing-masing sampel. Suhu minimum yang dapat dicapai sistem pendingin bergantung pada beban yang diberikan.

Penelitian yang kedua yang berhasil peneliti temukan adalah penelitian dari Irwin Bizzy dan Rury Apriansyah (2013) yang berjudul “Kaji Eksperimental Kotak Pendingin Minuman Kaleng Dengan Termoelektrik Bersumber Dari Arus DC Kendaraan Dalam Rangkaian Seri Dan Paralel” tujuan penelitian ini adalah merancang peralatan uji berupa sebuah kotak pendingin yang dipasang sistem termoelektrik dalam rangkain seri dan paralel, pengujian dilakukan dengan memanfaatkan arus DC pada kendaraan roda empat.

Hasil penelitian ini menunjukkan temperatur fluida dalam kaleng minuman diturunkan mencapai 6-9 °C dengan memakai efek peltier, tetapi bergantung besaran daya dan arus listrik yang dialirkan, rangkaian (seri atau paralel) serta temperatur sekelilingnya atau ruang kendaraan. Rangkain paralel lebih baik dibandingkan rangkaian seri karena daya dan arus yang masuk ke kotak pendingin 1 dan 2 hampir sama besar, sehingga ΔT pada masing-masing kotak pendingin tersebut hampir sama. Demikian pula untuk nilai COP rangkaian paralel lebih besar dibandingkan rangkain

seri. Upaya mempercepat laju pendinginan fluida minuman kaleng dapat dilakukan dengan cara menambah jumlah elemen peltier yang digunakan. Pengujian ini hanya menghasilkan temperatur fluida yang rendah hanya untuk pendinginan satu minuman kaleng, belum mampu mencapai temperatur dibawah 0 °C atau titik beku fluida.

Penelitian yang ketiga yang berhasil peneliti temukan yaitu penelitian yang dilakukan oleh Azridjal Aziz, Joko Subroto, Villager Silpana (2014) yang berjudul “Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman” tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui temperatur pendingin apabila menggunakan jumlah modul termoelektrik yang berbeda serta penggunaan alat pendukung yang berbeda pula.

Hasil penelitian ini menunjukkan pemakaian modul TEC (efek Peltier) yang masih terbatas penggunaannya dapat diaplikasikan untuk pendingin dengan beban pendingin kecil, sehingga dikembangkan untuk pendingin makanan/minuman/buah dengan ukuran kotak pendingin yang kecil (*mini refrigerator*). Penggunaan modul TEC memberikan hasil yang lebih baik jika diaplikasikan menggunakan 3 peltier dengan blok alumunium, tanpa beban pendingin dengan capaian temperatur terendah 14,3 °C dan temperatur 16,4 °C dengan beban air 1 L pada pendinginan selama 150 menit. Makin banyak modul TEC yang diaplikasikan makin besar beban kalor yang dapat diserap, dan capaian temperatur ruang menjadi lebih rendah.

Beberapa penelitian di atas memiliki persamaan dengan penelitian yang peneliti lakukan yaitu mengenai tema yang diteliti, sama-sama meneliti tentang sistem pendingin menggunakan elemen peltier. Sedangkan perbedaannya yaitu mengenai objek dan sistem pembuatan alat. Penelitian-penelitian di atas meneliti tentang sistem pendingin dengan sumber daya listrik yang tidak *portable*. Maka dari itu penelitian yang akan peneliti lakukan yaitu penelitian sistem pendingin minuman menggunakan sumber daya listrik yang bisa dibawa kemana-mana (*portable*) menggunakan baterai, ekonomis, murah, aman dan mudah cara penggunaannya.

Dengan demikian, meskipun di atas telah disebutkan adanya penelitian dengan tema yang serupa dengan penelitian yang peneliti lakukan, akan tetapi mengingat objek dan sistem pembuatan alat yang berbeda, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Rancang Bangun Alat Pendingin Minuman *Portable* Menggunakan Peltier”.

2.2 Beban Pendingin

Perhitungan beban pendingin pada dasarnya adalah bertujuan untuk menentukan besarnya kapasitas *equipment* yang akan diinstal. Beban pendinginan diukur dalam satuan Btu/hr atau ton *refrigerant*. Ada beberapa istilah dalam perhitungan beban pendingin seperti berikut ini :

2.2.1 Heat Gain (Beban Panas)

Heat gain didefinisikan sebagai banyaknya panas yang masuk atau yang timbul dalam suatu ruangan yang akan dikondisikan. Beban panas ini berasal dari pancaran radiasi sinar matahari, lampu, orang, perpindahan panas transmisi melalui dinding, atap dan ditambah dengan adanya infiltrasi serta peralatan lain yang terdapat pada ruangan yang berfungsi sebagai penyumbang panas.

2.2.2 Cooling Load

Cooling load didefinisikan sebagai banyaknya panas yang harus dikeluarkan dari dalam ruangan untuk mempertahankan kondisi udara dalam ruangan pada harga tertentu. *Cooling load* sesaat tidak sama dengan beban panas, hal ini disebabkan karena panas radiasi yang timbul diserap oleh permukaan material yang melingkupi ruangan (dinding, lantai, langit-langit). Setelah beberapa saat material tersebut akan lebih panas dari udara dalam ruangan sehingga akan terjadi perpindahan panas konveksi dari permukaan material ke udara dalam ruangan, panas inilah yang menjadi *cooling load*.

Dalam perhitungan beban pendingin dapat diklasifikasikan seperti berikut ini :

2.2.2.1 Beban Panas Konduksi

Beban panas konduksi adalah jumlah panas yang merambat akibat adanya perbedaan temperatur ruangan yang didinginkan dengan sekelilingnya, beban panas ini biasanya terjadi melalui dinding permukaan ruang pendingin. Besarnya beban panas konduksi dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_k = U \times A \times A_t \text{ (Btu/hr)(1)}$$

Dimana :

Q_k = Jumlah beban panas konduksi (Btu/hr)

U = Koefisien perpindahan panas (Btu/hr.sq.ft)

A = Luas dinding (sq.ft)

A_t = Perbedaan antara kedua sisi dinding (Btu/hr.sq.ft.°F)

Jumlah beban panas ini sangat tergantung pada konstruksi ruangan pendingin yang direncanakan.

2.2.2.2 Beban Panas Infiltrasi

Beban panas infiltrasi terjadi akibat udara yang menyusup masuk ke dalam ruangan pendinginan melalui pintu dan sejenisnya, beban panas infiltrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_s = 1,08 \times C_{fm} \times (t_o - t_{rm}) \text{ Btu/hr} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

t_o = Temperatur udara luar ruangan °F

t_{rm} = Temperatur udara dalam ruangan °F

$$Q_L = 0,68 \times C_{fm} \times (W_d - W_{rm}) \text{ Btu/hr} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

W_d = Kandungan uap air udara luar °F gram/lb *dry air*

W_{rm} = Kandungan uap air udara dalam ruangan °F gram/lh *dry air*

2.2.2.3 Beban Panas Dari Luar Ruangan

Beban panas yang berasal dari luar ruangan adalah beban panas yang sumber panasnya berasal dari luar ruangan itu sendiri, beban panas ini terdiri dari beberapa komponen antara lain :

1. Beban panas radiasi matahari melalui dinding

Beberapa beban panas karena radiasi dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_w = U \times A \times \Delta_t \text{ (Btu/hr)(4)}$$

Dimana :

Q_w = Beban panas akibat radiasi matahari melalui dinding (Btu/hr)

U = Koefisien perpindahan panas total melalui dinding (Btu/hr.sq.ft)

A = Luas dinding (sq ft)

Δ_t = Equivalen temperatur differen yang mana perbedaan temperatur yang menghasilkan total panas yang menembus dinding luar yang disebabkan oleh banyaknya radiasi sinar matahari dan temperatur luar. Besarnya beban panas untuk atap dan pintu dapat dicari dengan persamaan seperti di atas.

2. Beban panas dari dalam ruangan

Beban panas yang berasal dan dalam ruangan adalah beban panas yang sumber panasnya berasal dari dalam ruangan itu sendiri. Beban panas produk yaitu beban panas yang terjadi akibat proses panas yang berlangsung dalam ruangan panas merupakan beban panas yang secara langsung mempengaruhi temperatur ruangan didinginkan.

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung beban panas ini adalah :

$$Q_p = m \times C \times (t_1 - t_2) \text{ Btu/hr} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

Q_p = Beban panas dari produk (Btu/hr)

m = Berat produk (LB)

C = Panas jenis produk (Btu/Lb °F)

t_1 = Temperatur produk pada saat dimasukan kedalam ruangan pendingin °F

t_2 = Temperatur akhir produk °F

2.3 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.

Proses pembakaran yang berlangsung terus menerus dalam mesin mengakibatkan mesin dalam kondisi temperatur yang sangat tinggi. Temperatur sangat tinggi akan mengakibatkan desain mesin menjadi tidak ekonomis, sebagian besar mesin juga berada di lingkungan yang tidak terlalu jauh dengan manusia sehingga menurunkan faktor keamanan. Temperatur yang sangat rendah juga tidak terlalu menguntungkan dalam proses kerja mesin. Sistem pendinginan digunakan agar temperatur mesin terjaga pada batas temperatur kerja yang ideal.

Prinsip pendinginan adalah melepaskan panas mesin ke udara, tipe langsung dilepaskan ke udara disebut pendingin udara (*air cooling*), tipe menggunakan fluida sebagai perantara disebut pendingin air.

2.3.1 Jenis Pendingin

2.3.1.1 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. Sebagian dilengkapi dengan kipas (kipas listrik atau mekanis) untuk mengalirkan udara melalui sirip pendingin, sebagian yang lain tanpa menggunakan kipas.

Tipe ini memiliki kelebihan :

1. Desain mesin lebih ringkas

2. Berat mesin secara keseluruhan lebih ringan dibandingkan tipe pendingin air
3. Mudah perawatannya

Tipe ini memiliki kekurangan, harus ada penyesuaian untuk digunakan di daerah dingin atau panas terutama mesin berkapasitas besar.

Tipe ini banyak diaplikasikan pada mesin pesawat, sebagian besar sepeda motor, mobil tipe lama dan sebagian kecil mobil tipe terbaru. Hampir semua mesin menggunakan tipe ini, seperti mesin pemotong rumput, mesin genset di bawah 10 Kva, mesin pemotong kayu (*chain saw*) dan sebagainya.

2.3.1.2 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.

2.4 Komponen Utama Mesin Pendingin

2.4.1 Kompresor

Fungsi kompresor pada sistem pendingin uap (*vapor compression system*) ada dua macam, yaitu untuk mengalirkan uap refrigerant yang mengandung sejumlah panas dari evaporator, mengkompers, dan “mendorongnya” ke kondensor serta untuk menaikkan temperatur refrigeran sampai mencapai titik saturasinya (jenuh), titik tersebut lebih tinggi dari pada temperatur medium pendinginnya.

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*. Kompresor ini harus menjaga tekanan evaporator tetap rendah agar refrigeran bisa menguap dan tekanan kondensor tetap. Untuk melakukan tugas ini kepada kompresor kita berikan energi listrik yang akan diubahnya menjadi mekanik untuk melakukan kompresi.



Gambar 2.1 Kompresor

2.4.2 Kondensor

Kondensor adalah komponen penukar panas yang berfungsi untuk mengkondisikan gas refrigeran dari kompresor. Gas refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi dari kompresor dialirkan ke kondensor selanjutnya phasa refrigeran berubah dari gas menjadi cair dengan cara membuang panas yang di bawa oleh refrigeran ke media pendingin kondensor.

2.4.3 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.

Jumlah aliran refrigeran yang melewati *expansion valve* ditentukan oleh gerakan turun naik *valve*. Gerakan *valve* ini diatur oleh perbedaan tekanan antara P_f (tekanan di dalam *sensing tube*) dan jumlah P_s (tekanan *spring*) dan P_e (tekanan di dalam evaporator). Pada beban pendinginan tinggi (suhu ruangan tinggi), tekanan gas keluaran evaporator tinggi, akibatnya suhu dan tekanan pada *sensing tube* juga tinggi. Selanjutnya akan menekan *valve* ke bawah sehingga *valve* terbuka lebar, jumlah aliran refrigeran besar. Sebaliknya saat beban pendingin rendah, *valve* akan membuka sedikit sehingga aliran refrigeran akan kecil.

Pembukaan *valve* sangat bergantung dari besar kecilnya tekanan P_f dari *heat sensitizing tube*. Bila temperatur lubang keluar (*out let*) evaporator

dimana alat ini ditempelkan meningkat, maka tekanan $P_f > P_s + P_e$, maka refrigeran yang disemprotkan akan lebih banyak. Sebaliknya bila temperatur lubang keluar (*out let*) evaporator menurun maka tekanan $P_f < P_s + P_e$, maka refrigeran yang disemprotkan akan lebih sedikit.

Pada kondisi pengaturan yang ideal, sangat dipantangkan jika cairan refrigeran dari evaporator sampai masuk ke kompersor. Hal ini bisa saja terjadi, misalnya, karena beban pendinginan berkurang, refrigeran yang menguap di evaporator akan berkurang. Jika pasokan refrigeran cair dari kondensor tetap mengalir maka hal ini akan memaksa cairan refrigeran masuk ke kompersor. Untuk menghindari hal inilah katup ekspansi difungsikan. Jika beban berkurang, maka pasokan refrigeran akan berkurang, sehingga menjamin hanya uap refrigeran yang masuk ke kompresor.

2.4.4 Evaporator

Evaporator adalah penukar kalor yang di dalamnya mengalir cairan refrigeran yang berfungsi sebagai penyerap panas dari produk yang didinginkan sambil berubah fasa. Setelah refrigeran turun dari kondensor melalui katup ekspansi masuk ke evaporator dan diuapkan, dan dikirim ke kompresor. Pada prinsipnya evaporator hampir sama dengan kondensor, yaitu sama-sama APK yang fungsinya mengubah fasa refrigeran. Bedanya, jika pada kondensor refrigeran berubah dari uap menjadi cair, maka pada evaporator berubah dari cair menjadi uap. Perbedaan berikutnya adalah, sebagai siklus refrigerasi, pada evaporator lah sebenarnya tujuan itu ingin

dicapai. Artinya, jika kondensor fungsinya hanya membuang panas ke lingkungan, maka pada evaporator panas harus diserap untuk menyesuaikan dengan baban pendingin di ruangan. Temperatur refrigeran di dalam evaporator selalu lebih rendah dari pada temperatur sekelilingnya, sehingga dengan demikian panas mengalir ke refrigeran.



Gambar 2.2 Evaporator

2.4.5 Tangki Penampung

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

2.4.6 Saringan

Saringan untuk AC dibuat dari pipa tembaga berguna untuk menyaring kotoran-kotoran di dalam sistem, seperti potongan timah, lumpur, karat dan kotoran lainnya agar tidak masuk ke dalam pipa kapiler atau kran ekspansi. Saringan harus menyaring semua kotoran di dalam sistem, tetapi tidak boleh menyebabkan penurunan tekanan atau membuat sistem menjadi buntu.

2.4.7 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.

2.4.8 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 (mengkembun).

Refrigeran yang baik harus memenuhi syarat sebagai berikut :

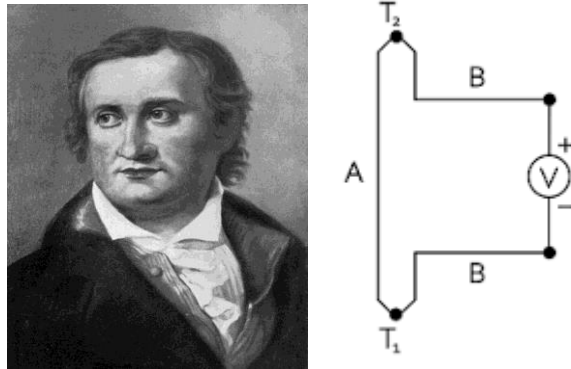
1. Tidak beracun, tidak berwarna, tidak berbau dalam semua keadaan
2. Tidak dapat terbakar atau meledak sendiri, juga bila bercampur dengan udara, minyak pelumas dan sebagainya.
3. Tidak korosif terhadap logam yang banyak dipakai pada sistem refrigerasi dan *air conditioning*.
4. Dapat bercampur dengan minyak pelumas kompresor, tetapi tidak mempengaruhi atau merusak minyak pelumas tersebut.
5. Mempunyai struktur kimia yang stabil, tidak boleh terurai setiap kali di mampatkan, diembunkan dan diuapkan.
6. Mempunyai titik didih yang rendah. Harus lebih rendah daripada suhu evaporator yang direncanakan.

7. Mempunyai tekanan kondensasi yang rendah. Tekanan kondensasi yang tinggi memerlukan kompresor yang besar dan kuat, juga pipanya harus kuat dan kemungkinan bocor besar.
8. Mempunyai tekanan penguapan yang sedikit lebih tinggi dari 1 atmosfer. Apabila terjadi kebocoran, udara luar tidak dapat masuk ke dalam sistem.
9. Mempunyai kalor laten yang besar, agar jumlah panas yang diambil oleh evaporator dari ruangan jadi besar.
10. Apabila terjadi kebocoran mudah diketahui dengan alat-alat yang sederhana.
11. Harganya murah.

2.5 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.



Gambar 2.3 *Thomas Johan Seebeck* dan Eksperimen Rangkaian dari efek Seebeck

Hubungan antara tegangan (V) dan perbedaan temperatur (T_1 dan T_2) antara kedua ujung logam (S_A dan S_B) dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$V_{AB} = \int_{T_1}^{T_2} (S_A(T) - S_B(T)) \dots\dots\dots(6)$$

$$V_{AB} = (S_A - S_B) \cdot (T_2 - T_1) \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

V_{AB} : Tegangan pada logam A dan logam B (Volt)

S_A dan S_B : Koefisien Seebeck dari logam A dan logam B

T_1 dan T_2 : Temperatur 1 (K) dan Temperature 2 (K)

Nilai dari efek seebeck dapat ditentukan bergantung material yang digunakan.

Berikut adalah tabel nilai seebeck untuk beberapa material :

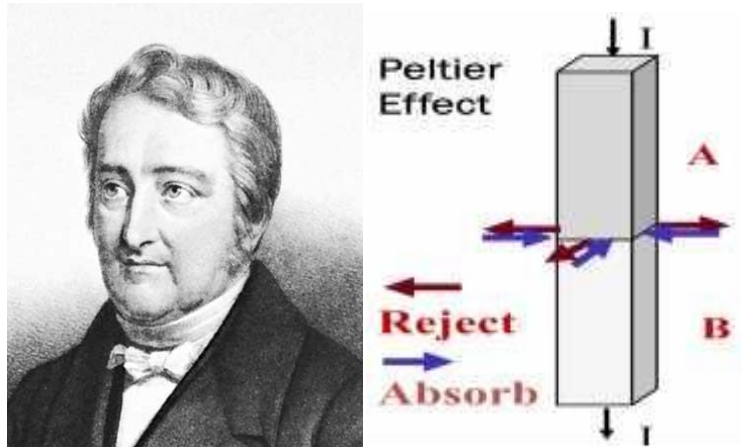
Tabel 2.1 Tabel Koefisien Seebeck

Material	Seebeck Coeff ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	Material	Seebeck Coeff ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	Material	Seebeck Coeff ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)
Aluminium	3.5	Gold	6.5	Rhodium	6
Antimony	47	Iron	19	Selenium	900
Bismuth	-72	Lead	4	Silicon	440
Cadmium	7.5	Mercury	0.6	Silver	6.5
Carbon	3	Nichrome	25	Sodium	-2
Constantan	-35	Nickel	-15	Tantalum	4.5
Copper	6.5	Platinum	0	Tellurium	500
Germanium	300	Potasium	-9	Tungsten	7.5

didapat pada temperatur 0°C (32°F)

2.6 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 rangkaian 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.



Gambar 2.4 Jean C.A Peltier dan Eksperimen rangkaian dari efek peltier

Jumlah kalor yang diserap dan juga yang dilepas dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$Q_C = Q_h = V_{XY} I_{XY} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

V_{XY} = Tegangan (Volt)

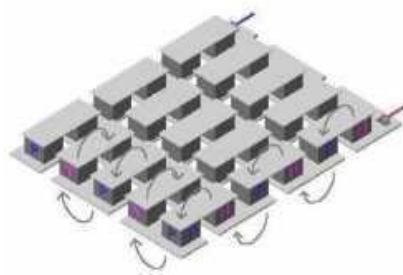
I_{XY} = Arus (Ampere)

$Q_C = Q_h$ = Kalor (Watt)

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*.

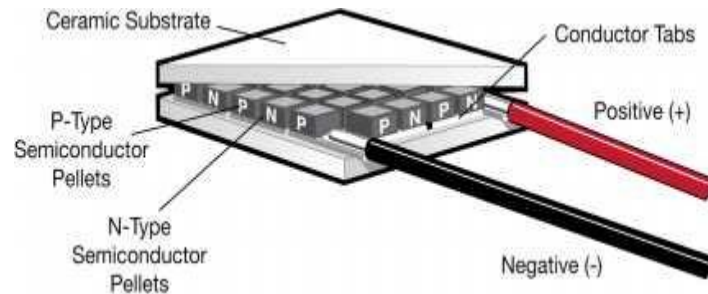
2.7 Sel Peltier

Pada abad ke 19 tahun 1834 *Jeans Charles Athanase Peltier* menemukan efek pendingin. Dimana ketika arus listrik mengalir pada dua bahan konduktor yang berbeda yang menyebabkan adanya penyerapan dan pelepasan panas. Namun *Peltier* gagal karena penjelasan fenomena fisika lemah hal ini tidak mematuhi hukum *Ohm*. Tahun 1909 dan 1911 ilmuwan lainnya yaitu *Altenkirch* menunjukkan bahwa bahan termoelektrik pendingin membutuhkan koefisien Seebeck yang tinggi.



Gambar 2.5 Skematik 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.



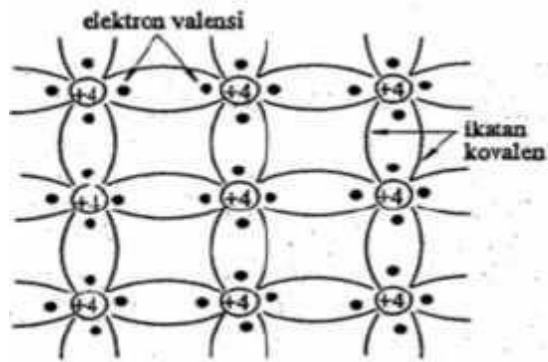
Gambar 2.6 Sel peltier

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.

Tabel 2.2 Tabel Periodik Untuk Elemen Semikonduktor

KOLOM III			KOLOM IV			KOLOM V		
5	BORON 10,82	B	6	CARBON 12,01	C	7	NITROGEN 14,008	N
13	ALUMINUM 26,97	AL	14	SILICON 28,09	Si	15	PHOSPHORUS 31,02	P
31	GALLIUM 69,72	Ga	32	GERMANIUM 72,60	Ge	33	ARSENIC 74,91	As
49	INDIUM 112,8	In	5	TIN 118,7	Sn	5	ANTIMONY 121,8	Sb

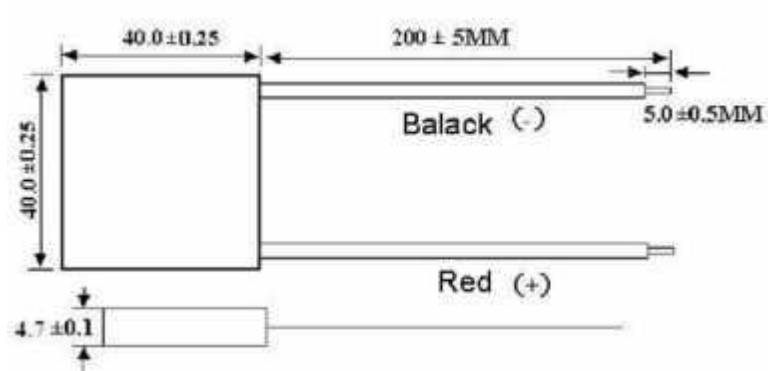
Semikonduktor terbagi menjadi dua yaitu semikonduktor Intrinsik (murni) dan semikonduktor Ekstrinsik (tidak murni). Semikonduktor intrinsik merupakan jenis semikonduktor yang murni dengan elektron valensi empat, misalnya silikon dan germanium, keduanya terletak pada kolom empat dan tabel periodik. Silikon dan germanium dibentuk oleh tetrahedral dimana setiap atom akan menggunakan bersama atom elektron valensi dengan atom-atom tetangganya. Gambar dibawah ini menunjukkan adanya ikatan valensi dan elektron valensi.



Gambar 2.7 Ikatan kovalen

Semikonduktor ekstrinsik merupakan semikonduktor tidak murni dimana terjadi penambahan elektron. Proses penambahan disebut doping untuk mendapatkan elektron valensi bebas dalam jumlah lebih banyak dan permanen, yang diharapkan agar dapat menghantarkan listrik. Doping dibagi menjadi dua tipe yaitu tipe-N dan tipe-P, dimana semikonduktor tipe-N yang menghasilkan muatan negatif dan merupakan donor untuk melepaskan elektron sedangkan semikonduktor tipe-P menghasilkan muatan positif.

Dalam penjelasan semikonduktor maka dapat disimpulkan bahwa didalam sel peltier (*Thermoelectric cooler peltier*) terdapat bahan semikonduktor dengan tipe-N dan tipe-P yang apabila kedua tipe tersebut diberi arus listrik akan menimbulkan beda potensial. Dibawah ini adalah gambar sel peltier yang digunakan dalam pembuatan sistem ini yaitu sel peltier yang mampu 12 V dan 14,5 W.

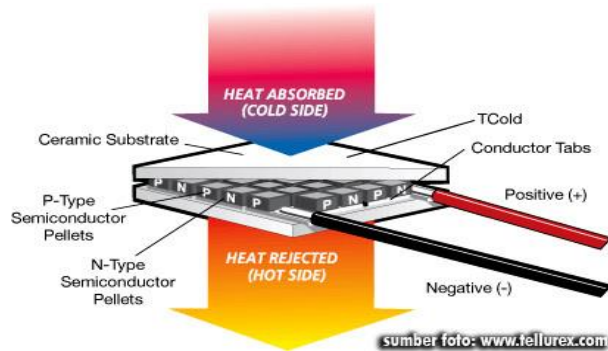


Gambar 2.8 Ukuran sel peltier

Agar bisa mengetahui karakteristik dari sel Peltier maka tabel dibawah ini menjelaskan panas maksimum dan suhu maksimum. Kemudian input dari tegangan maksimum dan arus maksimum serta resistansi dari elemen atau sel *Peltier* tersebut.

2.8 Cara Kerja Elemen Peltier

Suatu elemen Peltier memiliki dua sisi dimana satu sisi bertindak sebagai bagian panas dan sisi lainnya bertindak sebagai bagian dingin. Cara kerja elemen peltier ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.9 Cara kerja elemen peltier

Elektron dari material yang kekurangan elektron (P-tipe material) bergerak ke material yang kelebihan elektron (N-tipe material). Dalam keadaan ini maka konektor akan menyerap energi sehingga sisi ini akan menjadi sisi dingin dari peltier. Dilain pihak, ketika elektron bergerak dari N-tipe menuju P-tipe, maka pada konektor akan melepas energi sehingga sisi ini akan menjadi sisi panas dari peltier.

2.8.1 Faktor-faktor Dalam Elemen Peltier

Elemen Peltier dapat digunakan untuk elemen pemanas dan elemen pendingin. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menentukan polaritas arus yang dipakai.

2.8.1.1 Faktor Termal

Ada tiga faktor termal yang mempengaruhi penggunaan elemen peltier untuk aplikasi, yaitu :

a) Temperatur permukaan sisi panas (T_h)

Pada penggunaan elemen peltier, salah satu sisinya akan menjadi sisi panas. Dimana temperatur sisi panas (*hot side*) elemen peltier dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$T_h = T_{\infty} + (\Theta)(Q_h) \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

T_h = Temperatur sisi panas (°C)

T_{∞} = Temperatur Ambient (°C)

Θ = Tahanan termal dari elemen peltier (°C / watt)

$$Q_h = Q_c + P_{in} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

Q_h = Kalor yang dilepaskan pada bagian sisi panas elemen peltier
(Watt)

Q_c = Kalor yang diserap pada bagian *cold side* elemen Peltier
(Watt)

P_{in} = Daya input (Watt)

Persamaan tersebut dapat digunakan ketika menggunakan pendinginan menggunakan udara secara natural maupun konveksi paksa (*forced convection*) misalnya dengan penambahan *fan*.

b) Temperatur permukaan sisi dingin (T_c)

Pada penggunaan elemen peltier, salah satu sisinya akan menjadi sisi dingin. Sisi dingin ini harus ditemukan agar suhunya lebih dingin dari temperatur yang diinginkan pada bagian yang didinginkan. Sisi dingin ini harus ditentukan agar tercapai suhu dingin yang kita inginkan.

Perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin disebut delta temperatur (ΔT) yang ditentukan dengan persamaan :

$$\Delta T = T_h - T_c \dots\dots\dots(11)$$

Pada elemen peltier konvensional, delta temperatur (ΔT) yang dapat dihasilkan berkisar antara 30 °C – 40 °C tergantung dari jenis dan kualitas elemen peltier yang digunakan.

c) *Heat load* yang dapat dialirkan dari obyek yang didinginkan (Q_c)

Faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan elemen peltier untuk aplikasi umum ialah material alat yang digunakan dan pertimbangan terhadap lingkungan sekitar. *Heatsink* dan *coldsink* harus dibuat dari material yang memiliki nilai konduktivitas termal yang tinggi untuk memudahkan proses perpindahan kalor.

Faktor dari lingkungan seperti kelembaban (*humidity*) dan kondensasi dari sisi dingin (*cold side*) yang harus diminimalisir dengan metode *sealing* yang tepat. *Sealing* berfungsi untuk melindungi elemen peltier dari kontak dengan air, gas, mengurangi kemungkinan korosi, korsleting atau termal yang dapat merusak elemen peltier.

2.9 *Heatsink*

Heatsink adalah material yang dapat menyerap dan mendisipasi panas dari suatu tempat yang bersentuhan dengan sumber panas dan membuangnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. *Heatsink* digunakan pada beberapa teknologi pendingin seperti refrigerasi, *air conditioning*, dan radiator pada mobil.



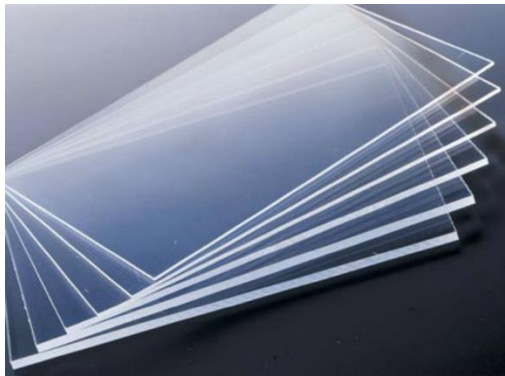
Gambar 2.10 *Heatsink*

Sebuah *heatsink* dirancang untuk meningkatkan luas kontak permukaan dengan fluida disekitarnya, seperti udara. Kecepatan udara pada lingkungan sekitar, pemilihan material, desain sirip (atau bentuk lainnya) dan *surface treatment* adalah

beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan termal dari *heatsink*. *Thermal adhesive* (juga dikenal dengan *thermal grease*) ditambahkan pada dasar permukaan *heatsink* agar tidak ada udara yang terjebak di antara *heatsink* dengan bagian yang akan diserap panasnya.

2.10 Plastik Akrilik

Akrilik (*Acrylic*) merupakan plastik yang menyerupai kaca, namun memiliki sifat-sifat yang membuatnya lebih unggul dari pada kaca dalam banyak cara salah satunya dari perbedaan sifatnya yaitu dari kelenturan dari akrilik itu sendiri. Namun dahulu merek kelas tinggi akrilik dinamakan *Polycast*, *Lucite*, dan *Plexiglas*.



Gambar 2.11 Plastik Akrilik

Akrilik (*Acrylic*) tidak mudah pecah, bahan ringan dan juga mudah untuk dipotong, dikikir, dibor, dihaluskan, dikilapkan dan dicat. Sebagaimana yang biasa dijadikan/digunakan dalam berbagai hal misalnya dijadikan bingkai foto, perabotan, patung, produk *display*, hiasan dan lain sebagainya.

Di butuhkan suhu dari 250°F hingga 300°F (dari 121°C sampai 149°C) adalah semua yang diperlukan untuk membengkokkan dan membentuk plastik akrilik.

Adapun beberapa jenis dari akrilik yaitu :

1. Akrilik bening
2. Akrilik susu
3. Akrilik warna
4. Akrilik riben

Ukuran akrilik yang terdapat dari jenis akrilik yaitu :

1. Akrilik bening lembaran 92 cm x 138 cm
2. Akrilik bening lembaran 100 cm x 200 cm
3. Akrilik bening lembaran 122 cm x 183 cm
4. Akrilik bening lembaran 122 cm x 244 cm
5. Akrilik bening lembaran 138 cm x 183 cm
6. Akrilik bening lembaran 203 cm x 305 cm

2.11 Termometer Digital

Termometer digital merupakan sebuah alat ukur suhu yang dirancang khusus dalam bentuk digital dimana ia mampu memberikan tingkat akurasi yang tinggi dalam menyatakan besaran suhu pada suatu benda, ruang, maupun zat. Pada umumnya, jenis pengukur suhu yang satu ini bekerja dengan mengandalkan termokopel sebagai sensornya.



Gambar 2.12 Termometer digital

Gambar 2.12 menunjukkan sensor digital tersebut memungkinkan ia mampu membaca perubahan nilai tahanan dengan sangat baik. Sementara, termokopel yang biasa digunakan tidak lain berupa 2 buah kabel dari jenis logam berbeda. Secara garis besarnya, alat pengukur suhu digital memiliki prinsip kerja yang sederhana, yakni memanfaatkan bentuk karakteristik antara temperatur dengan *voltase* (tegangan). Termometer digital yang banyak tersebar dipasaran, biasanya mengusung beberapa

komponen utama, diantaranya adalah alat sensor berupa termokopel, kemudian komparator, analog, *display*, dan *decoder display*.

2.12 Baterai

Baterai dapat diartikan sebagai sebuah alat yang mampu merubah energi kimia menjadi energi listrik melalui proses kimia untuk dapat digunakan pada peralatan elektronik. Alat elektronik yang bersifat *portable* umumnya banyak menggunakan baterai sebagai sumber energinya. Peralatan elektronik seperti *Handphone*, *Jam*, *Laptop*, *Diskman*, *Senter*, *Remote TV*, *UPS*, bahkan mobil memerlukan baterai sebagai sumber energi dan penggerakannya. Penggunaan baterai pada peralatan *portable* membuat peralatan tersebut mudah untuk dibawa-bawa kemana saja. Tidak diperlukan sumber listrik AC untuk dapat menggunakan peralatan tersebut. Ditemukannya baterai telah membuat kemajuan pada kualitas kehidupan masyarakat, terutama masyarakat pedalaman dan pedesaan.



Gambar 2.13 Baterai sekunder (*Rechargeable*)

Secara garis besarnya, baterai dapat dibagi atas dua jenis, yaitu :

1. Baterai sekali pakai atau baterai primer
2. Baterai isi ulang atau baterai sekunder (*Rechargeable*)

Baterai primer merupakan baterai yang paling banyak dipergunakan di pasaran. Jenis baterai ini tidak bisa diisi ulang untuk dapat dipergunakan kembali. Jika baterai tersebut telah kehabisan daya, maka baterai tersebut akan dibuang. Baterai jenis sekali pakai umumnya sangat murah. Biasanya baterai jenis ini mampu memberikan tegangan 1,5 volt. Namun, terdapat juga jenis lain yang mampu menghasilkan 6 volt atau 9 volt.

Macam-macam baterai sekali pakai :

1. Baterai Alkaline
2. Baterai Zinc-Carbon
3. Baterai Lithium
4. Baterai Silver Oxide

Macam-macam baterai sekunder atau isi ulang :

1. Baterai Ni-Cd atau Ni Cad
2. Baterai Ni-MH
3. Baterai Li-Ion

Pengertian jenis baterai primer dan sekunder lebih didasarkan bisa tidaknya baterai tersebut dipergunakan berulang kali. Pada beberapa jenis baterai sekali pakai memiliki kandungan yang berbahaya terhadap resiko ledakan jika dilakukan pengisian ulang, sehingga harus sangat diperhatikan jenis baterai tersebut agar tidak salah mengisi ulang baterai sekali pakai.

2.13 Perpindahan Panas

Perpindahan kalor merupakan ilmu yang meramalkan perpindahan energi karena perbedaan suhu diantara benda atau material. Ilmu perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi kalor itu berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi juga meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Ilmu perpindahan kalor melengkapai hukum pertama dan hukum kedua termodinamika. Perkembangan ilmu fisika dari imuan *Count Rumford* (1753-1814), *Massa Chusetts*, dan *Sir James Prescott Joule* (1818-1819) melakukan percobaan bahwa aliran panas merupakan perpindahan energi dari sistem dan lingkungan. Apabila perpindahan energi terjadi pada perbedaan suhu maka hal ini disebut pengaliran panas. Perpindahan kalor terjadi pada 3 proses yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.13.1 Konduksi

Konduksi (hantaran) merupakan perpindahan panas pada benda padat yang terjadi apabila benda tersebut berada pada suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah. Suhu tinggi akan melepaskan kalor sehingga suhu rendah akan menerima kalor dan terjadi kesetimbangan termal. Perpindahan panas yang diusulkan oleh ilmuwan Perancis *J.B.J.Fourier*, tahun 1882 yaitu laju aliran panas dengan cara konduksi dalam suatu bahan sama dengan hasil kali dari tiga buah besaran berikut.

- k , konduksi termal
- A , luas penampang melalui panas yang mengalir dengan cara konduksi, yang harus diukur tegak
- dT/dx , *gradient* suhu pada penampang yaitu perubahan suhu T terhadap jarak dalam arah aliran panas x

Untuk menuliskan persamaan matematika maka harus melihat tanda (positif dan negatif). Arah x ditetapkan merupakan arah aliran positif. Menurut hukum termodinamika panas akan mengalir secara otomatis dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah, maka aliran panas akan menjadi positif bila *gradiennya* negatif. Maka dari persamaan diatas maka hubungan konduktivitas dapat ditulis sebagai berikut.

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

Q = laju perpindahan kalor (J atau J/detik)

K = konduktivitas atau kehantaran termal (watt/meter)

A = luas penampang (m²)

$\frac{dT}{dx}$ = perubahan suhu terhadap perubahan posisi (°C/m atau K/m)

2.13.2 Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal (daya hantar panas) terjadi pada fungsi suhu, dan akan bertambah sedikit saat suhu naik namun variasi kenaikan kecil dan sering diabaikan. Konduktivitas termal didefinisikan sebagai arus (negatif) per satuan luas yang tegak lurus pada aliran dan per satuan *gradient* suhu. Dapat ditulis dengan persamaan matematika sebagai berikut.

$$k = - \frac{H}{A \left(\frac{dT}{dx}\right)} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

K = konduktivitas termal (watt/meter)

A = luas penampang (m²)

H = panas yang mengalir dari kiri ke kanan

$\frac{dT}{dx}$ = perubahan suhu terhadap perubahan posisi (°C/m atau K/m)

Dari persamaan (13) makin besar konduktivitas termal k , makin besar pula arus panas namun faktor-faktor lain tetap sama. Oleh karena itu bahan yang nilai k -nya besar adalah penghantar panas yang baik sedangkan bila k -nya kecil bukan penghantar panas yang baik.

2.13.2.1 Konveksi

Istilah konveksi merupakan perpindahan panas dari satu tempat ketempat lain akibat perpindahan bahannya sendiri. Proses konveksi adalah ketika bahan yang dipanaskan mengalir akibat perbedaan rapat massa. Konveksi yang dipaksa ketika bahan yang dipanaskan dipaksa bergerak dengan menggunakan alat peniup atau pompa. Konveksi juga dinyatakan laju perpindahan panas antara suatu permukaan dan suatu fluida sehingga menurut ilmuan Inggris, *Isaac Newton* pada tahun 1701 perpindahan panas secara konveksi dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$Q_c = h_c A \Delta T = h_c A (T_s - T_{\square}) \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

q_c = Luas perubahan panas dengan cara konveksi (J/s)

A = Luas perpindahan panas (m^2)

ΔT = Beda antara suhu permukaan T_s dan suhu fluida (K)

h_c = Permukaan perpindahan panas atau koefisien perpindahan panas ($watt/m^2$)

Dari persamaan 14 koefisien konveksi (h_c) bergantung pada viskositas fluida, kecepatan, kapasitas kalor, *gradient* suhu, rapat massa fluida, bentuk permukaan.

2.13.2.2 Radiasi

Pancaran (emisi) energi terus-menerus dari permukaan semua benda. Energi ini dinamakan energi *radian* dan dalam bentuk gelombang elektromagnet. Gelombang ini bergerak secepat cahaya dan dapat melewati ruang hampa serta melalui udara. Energi *radian* yang dipancarkan oleh suatu permukaan, per satuan waktu dan persatuan luas, bergantung pada sifat permukaan serta suhu. Pada suhu rendah banyaknya radiasi kecil dan panjang gelombangnya relatif panjang, sedangkan jika suhu naik banyaknya radiasi akan meningkat dengan cepat dan sebanding dengan suhu multak pangkat empat.

Fisikawan yang berasal dari Austria pada tahun 1884, *J Stefan* dan *L. Boltzman* menyatakan bahwa suatu benda hitam mana pun di atas suhu nol multak meradiasikan energi dengan laju yang sebanding dengan suhu multak pangkat empat. Walaupun laju pancaran (*rate of emission*) tidak tergantung pada kondisi sekitar, perpindahan bersih (*netto*) panas radiasi memerlukan adanya perbedaan suhu permukaan antara dua benda diantara pertukaran panas berlangsung. Untuk persamaan matematika dapat dilihat berikut ini.

$$q_r = \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots(15)$$

dimana :

q_r = Laju perpindahan panas secara radiasi
(Joule/sekon)

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$) w/m² K⁴

A = Luas Permukaan (m²)

T1 dan T2 = Perubahan suhu dari suhu 1 dan suhu 2 (K)

Dari persamaan 10 disebut hukum *Stefen-Boltzman* tentang radiasi termal, dan berlaku hanya untuk benda hitam. Untuk radiasi elektromagnetik persamaannya tidak sesederhana ini. Fenomena aliran radiasi disebut dengan fenomena yang rumit hal ini dikarenakan perhitungannya jangan menggunakan persamaan yang sederhana. Namun untuk sementara ini bahwa dalam teori ini hanya menekankan adanya perbedaan mekanisme fisik antara perpindahan kalor radiasi dengan sistem perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi.

2.14 Daya Listrik

Energi listrik merupakan bentuk energi yang dihasilkan dari adanya beda potensial antara dua titik, sehingga membentuk sebuah arus listrik dan mendapatkan kerja listrik. Energi listrik dinyatakan sebagai arus listrik yang bermuatan listrik negatif atau elektron karena adanya perbedaan beda potensial. Pada tahun (1787-

1854) *Georg Simon Ohm* menentukan dan melakukan eksperimen bahwa arus I pada logam sebanding dengan beda potensial V . kemudian jika pada logam atau kawat diberikan hambatan R terhadap arus maka elektron-elektron diperlambat karena adanya interaksi dengan atom-atom. Sehingga makin tinggi hambatan, makin kecil arus I pada suatu tegangan V . Hal ini dikenal dengan hukum *Ohm*, akan tetapi banyak fisikawan menyatakan ini bukan merupakan hukum melainkan definisi hambatan. Pernyataan hukum *Ohm* apabila arus yang melalui konduktor logam sebanding dengan tegangan, akan tetapi R konstan. Hubungan antara arus, tegangan dan hambatan dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots(16)$$

Dimana :

R = Hamabatan (Ω)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (A)

Energi listrik yang diubah menjadi energi panas atau cahaya akan terjadi banyak tumbukan elektron yang bergerak dan atom pada kawat sehingga menyebabkan arus menjadi besar. Pada kawat setiap tumbukan, sebagian energi elektron ditransfer ke atom yang ditumbuknya akibatnya energi kinetik atom bertambah dengan demikian temperatur elemen kawat bertambah. Energi panas

yang bertambah dapat ditransfer sebagai kalor dengan perpindahan panas secara konduksi dan konveksi.

Daya merupakan suatu besaran yang penting dalam rangkaian listrik. Daya merupakan kecepatan perubahan energi. Untuk mencari daya yang diubah ke listrik maka energi yang diubah merupakan muatan Q yang bergerak melintasi beda potensial sebesar V sehingga perubahan tersebut ditulis Q . jadi persamaan matematika dalam menghitung daya (P).

$$P = \frac{QV}{t} \dots\dots\dots(17)$$

Muatan yang mengalir per detik $\frac{Q}{t}$ yang merupakan I . Jika suatu tegangan V dikenakan ada unsur dimana di dalamnya mengalir arus (A), sehingga daya (P) dapat ditulis dengan persamaan berikut.

$$P = IV \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt atau J/det)

I = Arus Listrik (A)

V = Beda Potensial (Volt)

Untuk menghitung daya pada hambatan (R) dapat ditulis dengan hukum ohm pada persamaan 16, sehingga daya listrik juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$P = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(19)$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt atau J/det)

I = Arus Listrik (A)

R = Hambatan (Ω)

2.15 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.

$$\eta = \frac{W}{Q_{input}} \times 100 \% \dots\dots\dots(20)$$

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.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini penulis laksanakan di PLN Area Ketapang

3.2 Alat Dan Bahan

Alat pendingin minuman berinsulasi dimaksudkan sebagai wadah minuman segar yang didinginkan agar suhunya tetap rendah sehingga mutunya dapat dipertahankan sebaik mungkin. Untuk merancang alat pendingin minuman maka dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Alat Dan Bahan

ALAT-ALAT	BAHAN
1. Bor	1. Lempengan alumunium
2. Tang lancip	2. <i>Heatsink</i>
3. Tang potong	3. Peltier
4. Gergaji besi	4. <i>Styrofoam</i>
5. Solatip	5. Baut dan Mur
6. Gunting	6. Termometer digital
	7. Kabel
	8. Plastik akrilik

3.3 Spesifikasi Peltier

Spesifikasi menjadi batasan dan acuan dalam perancangan mini refrigerator adalah sebagai berikut :

1. Pendingin menggunakan Peltier 12 Vdc 6 Ampere
2. Penggunaan Termometer digital untuk mengetahui suhu minuman
3. Rangka alat pendingin minuman terbuat dari *plastic acrylic*
4. Tegangan sumber sebesar 12 Volt 9800 mAh

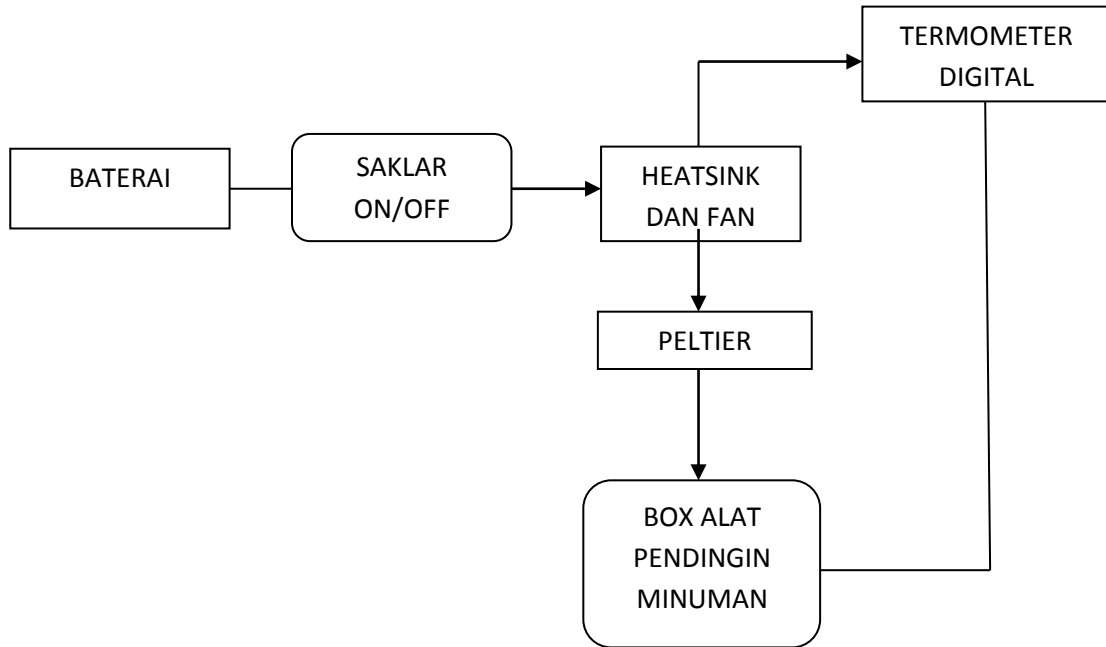
3.4 Karakteristik Peltier

Peltier adalah suatu alat pendingin, ketika arus listrik dialirkan terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Peltier bersumber 12 Vdc 6 ampere.

3.5 Sistem Kerja Rangkaian Alat Pendingin Minuman

Untuk dapat merealisasikan sistem tersebut dibutuhkan Peltier, ketika di beri sumber dari baterai di sambungkan ke saklar *on/off* maka semua alat akan berfungsi untuk mendinginkan minuman. Peltier ditempatkan di bawah alat pendingin minuman bersama *fan* berfungsi untuk membuang panas dari bawah peltier.

Termometer *digital* berfungsi sebagai alat untuk mengetahui suhu minuman. Secara keseluruhan realisasi sistem ini ditunjukkan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 3.1 Diagram blok sistem kerja alat pendingin

3.6 Tujuan Perancangan

Pada perancangan ini akan di buatkan alat pendingin minuman bersumber dari baterai untuk mempermudah pengoperasian, listrik yang dihasilkan digunakan untuk memberikan daya terhadap rangkaian. Baterai ini lah yang akan berhubungan langsung dengan alat pendingin minuman.

Alat pendingin minuman *portable* yang akan dibuat ini terdiri dari peltier, *heatsink*, baterai, dan plastik akrilik.

3.7 Perancangan Alat Pendingin Minuman

Kemampuan minuman untuk di pertahankan agar suhunya tetap rendah tergantung konstruksi wadah yang digunakannya. Wadah tanpa penahan (*insulator*), menyebabkan panas dari luar merembet dengan cepat berakibat suhu naik, dan alat pendingin minuman yang ada tersebut kurang mendapatkan dingin yang diharapkan.

3.8 Langkah-langkah Pembuatan Alat

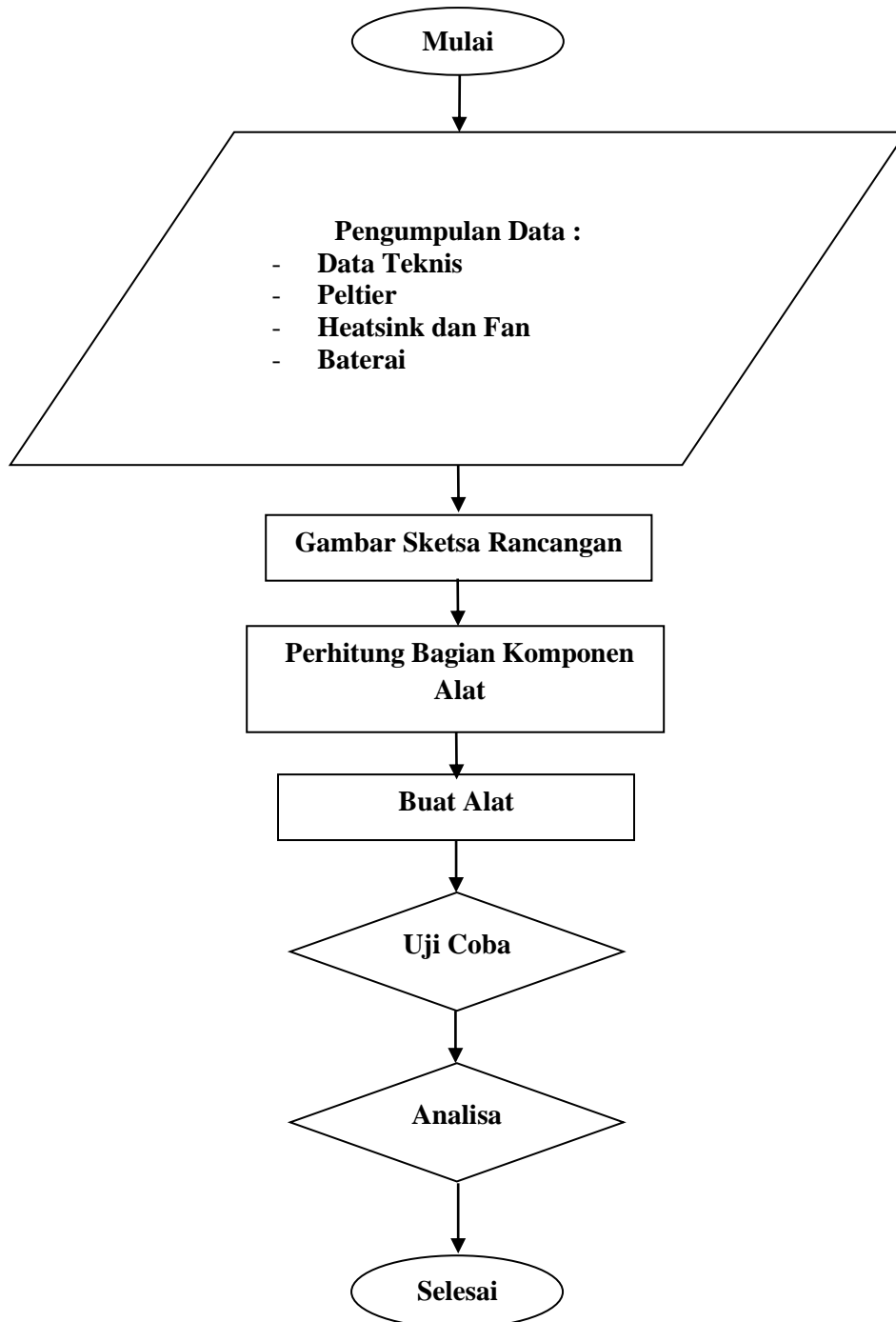
3.8.1 Langkah Pembuatan Box

1. Buat rangka box yang terbuat dari plat alumunium dengan ukuran serta jenis yang telah diperhitungkan. Rangkaian in berfungsi sebagai dinding bagian dalam.
2. Pasangkan *styrofoam* sebagai insulator menggunakan solatip. Pemasangannya dengan memperhitungkan ketebalan *styrofoam* sebagai insulator.
3. Bagian luar dinding alat pendingin minuman dilapisi dengan plastik akrilik
4. Penutup box menggunakan akrilik dan dipasangkan karet.

3.8.2 Instalasi Peltier Pada Box

1. Untuk pemasangan peltier, maka batang alumunium harus dibor dengan ukuran lubang kipas lalu tempelkan *heatsink* dengan peltier dan pastikan *heatsink* menempel secara sempurna.
2. Cek kembali dan pastikan Peltier sudah terinstalasi dengan benar.
3. Pasangkan peltier pada baterai.

3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa

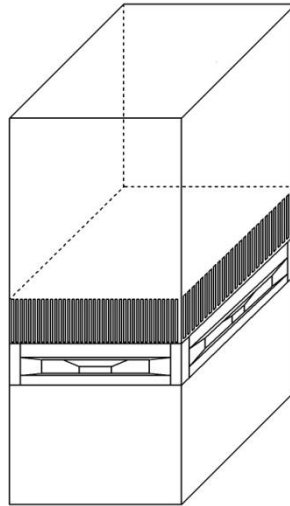
Analisa kinerja dari alat pendingin minuman yang dirancang akan dilakukan setelah diperoleh hasil pengujian. Analisa yang dilakukan meliputi analisa performa dari alat pendingin minuman tersebut.

4.2 Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini meliputi perancangan *plant* model sebagai wadah air, sistem pendingin air, dan sistem elektrikal.

4.2.1 Perancangan *Plant* Model

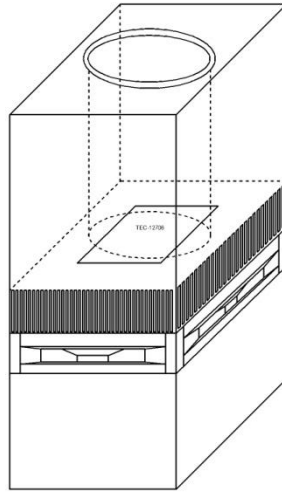
Plant model ini menggunakan plastik akrilik sebagai wadah untuk menyimpan minum, agar suhu di dalam wadah ini sesuai seperti apa yang diinginkan, maka wadah ini harus dilapisi dengan *Styrofoam* dan *aluminium case*. Perancangan *plant* model dapat dilihat dari Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skema Rancang Bangun *Plant Model*

4.2.2 Perancangan Sistem Pendingin Air

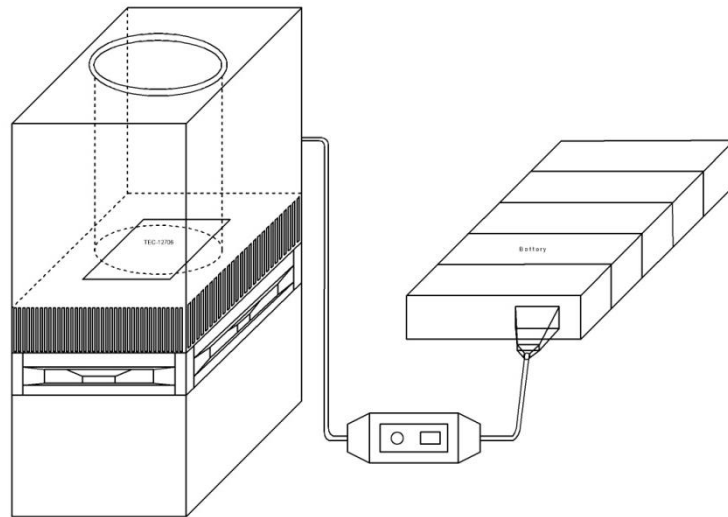
Untuk mengendalikan suhu air di dalam *plant model* dilakukan proses pendinginan dengan cara memasang peltier, *heatsink*, dan kipas (*fan*) di bawah *aluminium case*. Skema sistem pendingin suhu diperlihatkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skema Sistem Pendingin Air

4.2.3 Perancangan Sistem elektrik

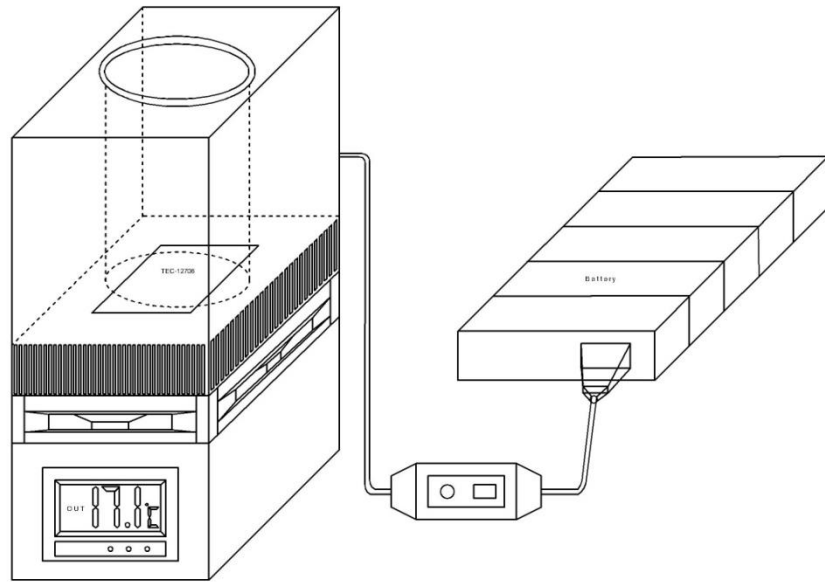
Agar alat ini dapat bekerja diperlukan baterai untuk memberikan tenaga (*power*) pada peltier dan *fan* sehingga alat ini dapat berfungsi. Kemudian dipasang saklar *on/off* untuk menghemat baterai. Untuk mengetahui suhu pada minuman tersebut digunakan termometer digital. Skema rancang model tersebut diperlihatkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Skema Sistem Elektrikal

4.2.4 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 4.4.



Gambar 4.4 Pendingin Minuman Skema Rancang Bangun Alat

4.3 Hasil Dan Analisa Pengujian

Berikut adalah data dan analisa hasil pengujian alat pendingin minuman.

Penyajian data yang diperoleh dibuat dalam format tabel.

Tabel 4.1 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.

4.4 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

Tabel 4.2 Konduktivitas termal, luas total dan jarak termal material isolasi

Material	K (W/mk)	A (m ²)	ΔX (m)
Isolasi <i>styrofoam</i>	0,033	0,0063	0,015
Isolasi plastik akrilik	0,15	0,0135	0,003

4.4.1 Perhitungan *Coefficient Of Performance* (COP)

Nilai COP dari masing-masing teknik pendingin dapat diketahui dari data pengujian alat pendingin minuman yang telah dilakukan selama 60 menit dengan beban 100 ml. dan perhitungan COP dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

Q_c = Beban kalor yang dipindahkan (Watt)

P_{in} = Daya input elemen peltier (Watt)

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 m²

$A_{ruangan}$ = 0,0051 m²

h_o = 25 W/m².K

$$h_i = 25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

Tabel 4.3 Massa dan kalor spesifik beban yang didinginkan

Beban	Massa (kg)	Cp ^x (J/kg.K)
Air	0,1	4186
Alumunium case	0,350	900

4.4.2 Perhitungan Beban Transmisi (q_{trans})

Beban transmisi terjadi karena adanya perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi melalui bagian dinding ruangan dan tutup. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Dengan :

q = Beban kalor konduksi dari dinding (Watt)

U = Koefisien perpindahan kalor keseluruhan ($\text{W/m}^2\text{K}$)

A = Luas penampang perpindahan kalor (m^2)

ΔT = Perbedaan temperatur udara luar dengan temperatur dalam ($^{\circ}\text{C}$)

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

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

Dengan

U = Koefisien perpindahan kalor keseluruhan ($\text{W/m}^2\text{K}$)

x = Tebal dinding (m)

k = Konduktivitas termal material (W/mK)

h_1 = Koefisien perpindahan kalor konveksi pada bagian dalam (W/m²K)

h_0 = Koefisien perpindahan kalor konveksi pada bagian luar (W/m²K)

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 :

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

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

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

4.4.3 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 :

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Kalor Yang Dibutuhkan Untuk

Mendinginkan Beban

Air	5,81
Aluminium case	0,66

Durasi pengujian adalah 3600 detik

4.4.3.1 Air

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

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

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

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

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

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

4.4.3.2 Aluminium Case

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4.3.3 Perhitungan Beban Keseluruhan (q_c)

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

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

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

4.4.3.4 Nilai COP

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

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

$$= 0,075$$

4.4.4 Analisa beban pendingin pada 240 ml

Jika beban yang diinginkan 240 ml dan suhu yang ingin dicapai 14°C maka parameter nilai yang harus dimiliki adalah :

$$\text{Daya Input peltier} = 188 \text{ Watt}$$

$$\text{Waktu} = 90 \text{ Menit}$$

$$T_{\text{lingkungan}} = 24\text{-}30^\circ\text{C}$$

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

$$\text{Baterai} = 50800 \text{ mAh}$$

Berdasarkan perhitungan parameter nilai di atas maka pemikiran-pemikiran umum yang mendasari perancangan alat ini, diantaranya :

1. Menggunakan 2 buah elemen peltier.
2. Rangkaian listrik disusun secara paralel.
3. Karena prinsip kerja peltier menggunakan ΔT , yaitu temperatur dingin maksimal = temperatur panas maksimal - ΔT . untuk dapat mencapai temperatur sisi dingin yang optimal, maka temperatur pada sisi panasnya harus diturunkan serendah-rendahnya.
4. Untuk mengoptimalkan proses pelepasan panas maka digunakan metode konveksi paksa yaitu dengan menggunakan 2 buah *fan* pada masing-masing *heatsink*
5. Perluasan dimensi *heatsink* agar panasnya tersebar sehingga bagian panas peltier semakin dingin.
6. Menggunakan plat konduktor alumunium sebagai ruang kabinnya. Ha ini bertujuan untuk mempercepat penyerapan kalornya.
7. Untuk mengoptimalkan proses pendingin dan diperlukan suatu sistem isolasi. Isolasi diletakkan pada sisi luar kabin alumunium dan sisi dari tutup *box* tersebut.
8. Menggunakan baterai yang lebih tahan lama.
9. Sistem kelistrikan harus menggunakan saklar otomatis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

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

5.2 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 :

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