

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Refrigerasi

Refrigerasi adalah proses pengambilan kalor atau panas dari suatu benda atau ruang untuk menurunkan suhunya. Sistem refrigerasi yang umum dan mudah dijumpai adalah sistem refrigerasi kompresi uap dan pada sistem ini terdapat refrigeran yakni suatu senyawa yang dapat berubah fase secara cepat dari uap ke cair dan sebaliknya. Pada saat terjadi perubahan fase dari cair ke uap, refrigeran akan mengambil kalor (panas) dari lingkungan. Sebaliknya, saat berubah fase dari uap ke cair, refrigeran akan membuang kalor (panas) ke lingkungan sekelilingnya. Pada sistem refrigerasi kompresi uap terdapat beberapa komponen utama yaitu kompresor, kondensor, evaporator, katup ekspansi dan refrigeran sedangkan pada sistem refrigerasi termoelektrik tidak menggunakan komponen-komponen tersebut, untuk itu dalam sistem refrigerasi menggunakan termoelektrik tidak ada bagian-bagian yang bergerak sehingga tidak ada getaran dan lebih ramah lingkungan karena tidak membutuhkan refrigeran. Namun, sistem refrigerasi termoelektrik memiliki kekurangan jika dibandingkan dengan sistem refrigerasi kompresi uap yaitu koefisien kinerjanya relatif sangat rendah sehingga hanya efektif jika diaplikasikan pada objek pendingin yang kecil serta daya yang kecil.

2.2 Termoelektrik

Termoelektrik merupakan teknologi yang bekerja dengan mengkonversikan energi kalor (perbedaan suhu) menjadi listrik secara langsung atau sebaliknya mengkonversikan energi listrik menjadi proses pompa kalor. Termoelektrik dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu efek seebeck, efek peltier dan efek thompson.

Modul termoelektrik adalah sirkuit terintegrasi dalam bentuk solid yang menggunakan tiga prinsip termodinamika yang dikenal sebagai efek Seebeck, Peltier dan Thompson. Konstruksinya terdiri dari pasangan material semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang membentuk termokopel yang memiliki bentuk seperti *sandwich* antar dua wafer keramik tipis. Modul ini dapat digunakan untuk menghasilkan panas dan dingin di masing-masing sisinya jika arus listrik digunakan

biasanya diaplikasikan sebagai sistem pendingin, misalnya kotak pendingin vaksin, atau untuk menghasilkan listrik ketika panas dan dingin digunakan sebagai perbedaan temperaturnya.

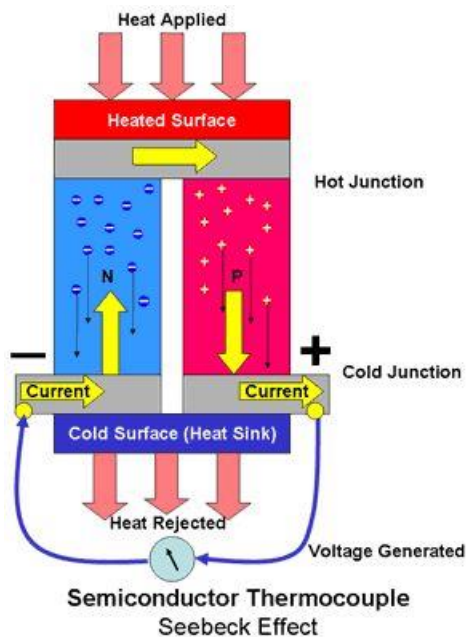
2.2.1 Sejarah Perkembangan Termoelektrik (TEC)

Fenomena termoelektrik pertama kali ditemukan oleh Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821 seorang ilmuwan yang berkebangsaan Jerman. Ia menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian, dimana logam tersebut dipanaskan dan sisi logam yang lainnya didinginkan. Ternyata perbedaan temperatur yang terjadi menyebabkan adanya aliran listrik. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek Seebeck, yang kemudian digunakan sebagai prinsip pengukuran temperatur dengan termokopel. Kemudian pada tahun 1834, seorang pembuat jam dan fisikawan paruh waktu bernama Jean Charles Athanase Peltier, ketika meneliti efek Seebeck menemukan bahwa ada fenomena kebalikan. Jika arus listrik searah dialirkan pada suatu rangkaian tertutup yang terdiri dari sambungan dua material logam yang berbeda, maka terjadi penyerapan panas pada sambungan logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Ini kemudian dikenal dengan efek Peltier. Pada tahun 1854, William Thomson atau lebih dikenal Lord Kelvin, memberikan penjelasan yang lebih lengkap dari Efek Seebeck dan Efek Peltier, serta menggambarkan hubungan timbal balik keduanya. Berikut penjelasannya:

2.2.1.1 Fenomena Termoelektrik

a. Efek Seebeck

Efek seebeck merupakan fenomena yang mengubah perbedaan suhu menjadi energi listrik. Ketika terdapat dua bahan yang berbeda dihubungkan dalam suatu rangkaian tertutup dan kedua ujungnya disambungkan serta dibuat dengan suhu yang berbeda, maka arus listrik akan mengalir dalam rangkaian tersebut. Jika terdapat arus listrik dalam suatu rangkaian maka terdapat tegangan pula pada rangkaian tersebut, sehingga dapat dikatakan bahwa perbedaan suhu dapat mengakibatkan perbedaan tegangan, seperti yang terlihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Sumber: google.com

Gambar 2. 1 Efek Seebeck

Sedangkan koefisien seebeck dinyatakan sebagai perubahan tegangan pada setiap unit perbedaan suhu pada kedua ujung logam seperti pada persamaan dibawah ini. Koefisien seebeck ini bisa bertanda positif dan negatif bergantung arah aliran elektron.

$$S = \frac{dV}{dT}$$

Keterangan:

S = Koefisien Seebeck

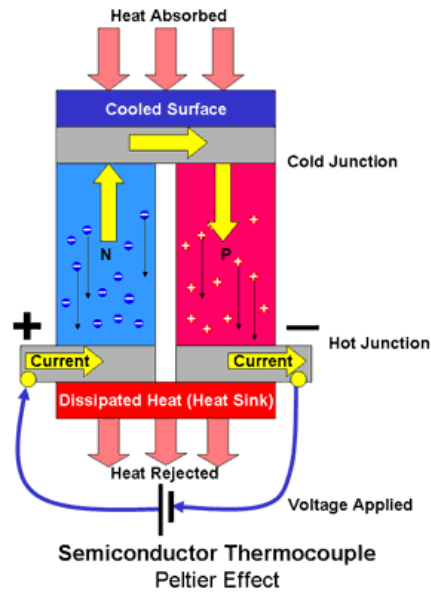
dV = Kenaikan perbedaan tegangan

dT = Kenaikan perbedaan suhu

b. Efek Peltier

Efek peltier merupakan kebalikan dari efek seebeck, yaitu ketika dua buah bahan yang berbeda disambungkan dan diberi arus listrik searah maka akan terjadi fenomena pompa kalor. Pada satu sisi akan bersuhu rendah atau dingin karena adanya penyerapan kalor dan sisi yang lainnya akan bersuhu tinggi atau

panas karena adanya pelepasan kalor, seperti yang terlihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Sumber: google.com

Gambar 2. 2 Efek Peltier

Efek seebeck dan efek peltier bersifat reversible artinya jika pemberi arus terbalik positif dan negatifnya maka sisi yang panas dan dingin akan bertukar.

c. Efek Thompson

Efek Thompson menjelaskan bahwa jika suatu arus listrik dilewatkan melalui suatu konduktor yang memiliki gradient temperature melebihi panjangnya, kalor hanya akan diserap oleh konduktor atau dilepaskan dari konduktor.

2.2.2 Pendingin Termoelektrik (TEC)

Pendingin termoelektrik atau Thermo Electric Cooler (TEC) merupakan sebuah semikonduktor yang dapat memindahkan kalor dari sisi satu ke sisi lainnya dengan memanfaatkan efek peltier, TEC juga sering disebut dengan pendingin Peltier.



Sumber: google.com

Gambar 2. 3 Perangkat Termoelektrik

Adapun tulisan yang terdapat pada sisi badan TEC mengandung kode-kode yang bermakna demikian:

Dua huruf pertama, yaitu TE, maksudnya adalah “Thermo-Electric”

Huruf ketiga menerangkan ukuran TEC. C = standar, S = small/kecil.

Angka setelah huruf C merupakan faktor “stage”. Tipikalnya angka ini adalah 1. Tiga angka selanjutnya adalah angka jumlah thermocouple susunan semikonduktor tipe N dan P dalam rangkaian seri yang terdapat di dalam TEC. Dua angka terakhir mengindikasikan bilangan arus maksimal yang dikonsumsi TEC, dalam Ampere. Pada rancang bangun ini penulis menggunakan peltier tipe TEC-12706. Maka, TEC-12706 adalah TEC ukuran standar, 127 thermocouple, dengan arus maksimal 6A.

Adakalanya setelah sederetan huruf dan angka-angka itu masih ada tambahannya lagi, yaitu huruf T dan beberapa angka yang mengikutinya. Itu menunjukkan suhu pengoperasian maksimal bagi TEC (dalam Celcius).

Contoh: T125. Berarti suhu pengoperasian maksimalnya adalah 125°C.

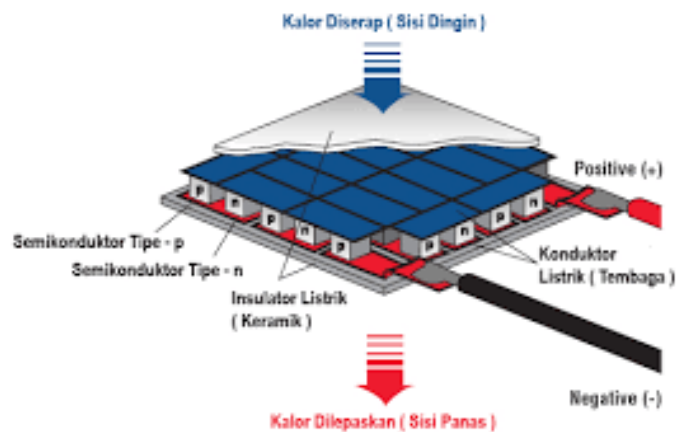
Pada TEC ukuran standar, jumlah thermocouple, konsumsi arus, dan suhu maksimal bisa saja berbeda-beda. Tapi pemberian tegangan suplainya distandarkan pada 12V DC. Berikut tabel spesifikasi Peltier TEC – 12706.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Peltier TEC – 12706

No	Keterangan	Min	Max	Parameter
1	Suhu Sisi Panas (°C)	25 °C	50 °C	-
2	Qmax (Watt)	50 Watt	63 Watt	-
3	Delta Tmax (°C)	66 °C	75 °C	-
4	I _{max} (Amps)	6 A	6.4 A	-
5	V _{max} (Volts)	12 V	16.4 V	-
6	Resistansi Modul (Ohm)	1.98 Ω	2.30 Ω	-
7	Ukuran	-	-	40 x 40 x 4 mm

TEC ini terbentuk dari semikonduktor tipe N serta semikonduktor tipe P, yang disusun dalam plat tembaga. Plat tembaga tersebut menghubungkan semikonduktor P dengan semikonduktor N, kemudian pada tiap plat tembaga akan dilapisi dengan isolator. Saat TEC / Peltier dilewati arus maka alat ini akan memindahkan panas dari satu sisi ke sisi lain, biasanya menghasilkan perbedaan panas sekitar 40°C - 70°C antara sisi satu dengan sisi yang lainnya. Apabila salah satu sisi termoelektrik semakin panas maka akan semakin kurang efisiensinya. Karena termoelektrik perlu untuk mengurangi atau menghilangkan panas yang ditimbulkan dari proses pendinginan maupun dari panas yang dihasilkan oleh daya listrik yang diumpankan. Jumlah panas yang ditimbulkan sebanding dengan arus yang diberikan kepada modul serta berapa lama waktu modul tersebut digunakan. Pembuangan panas pada satu sisi termoelektrik dapat menggunakan sirip alumunium yang langsung dilekatkan pada sisi panas peltier dan dapat ditambahkan kipas pada sirip alumunium sebagai upaya untuk mempercepat membuang panas pada sirip alumunium (Naufal, 2019). Berikut tabel spesifikasi Peltier TEC – 12706:

Adapun peltier disusun oleh beberapa elemen, yaitu dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut ini.



Sumber: google.com

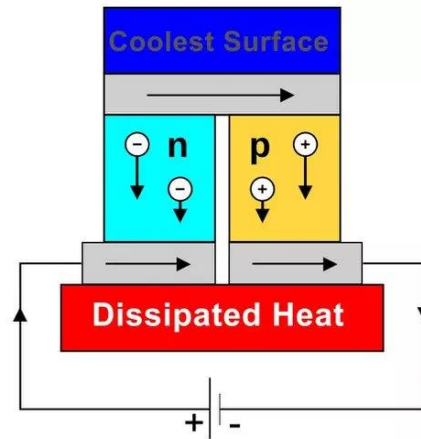
Gambar 2. 4 Susunan Elemen Peltier

2.2.3 Prinsip Kerja Termoelektrik (TEC)

Sebuah modul termoelektrik tersusun dari pasangan - pasangan balok semikonduktor (*thermocouple*) berbahan Bismuth Telluride yang telah diberi impurities (doped). Semikonduktor Tipe-N telah diberi impurities oleh bahan-bahan yang memberikan elektron tambahan, sehingga jumlah elektronnya menjadi berlebih. Sebaliknya pada semikonduktor Tipe-P yang telah diberi impurities bahan-bahan yang mengurangi jumlah elektron, sehingga terdapat lubang-lubang (holes) yang nantinya akan menerima elektron dari Tipe-N. Ketika terjadi beda potensial, elektron-elektron yang mengalir dari semikonduktor tipe-P ke tipe-N akan menyerap energi kalen dari sisi dingin. Ketika elektron-elektron mengalir dari semikonduktor tipe-N ke tipe-P akan dilepaskan energi kalen ke sisi panas. Sehingga daerah di sekitar sambungan dingin akan menjadi dingin dan daerah di sekitar sambungan panas harus diberikan alat penukar kalen agar modul tidak rusak akibat overheating. Prinsip kerja pendingin termoelektrik berdasarkan efek Peltier, yaitu ketika arus DC dialirkan ke elemen Peltier, maka salah satu sisi elemen Peltier menjadi dingin (panas diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (panas dilepaskan) yang disajikan pada Gambar 2.5.

Hal yang menyebabkan sisi dingin elemen Peltier menjadi dingin adalah adanya aliran elektron dari tingkat energi yang lebih rendah pada semikonduktor tipe-P, ke tingkat energi yang lebih tinggi yaitu semikonduktor tipe-N. Supaya

elektron tipe P yang mempunyai tingkat energi yang lebih rendah dapat mengalir maka elektron menyerap energi yang mengakibatkan sisi tersebut menjadi dingin.

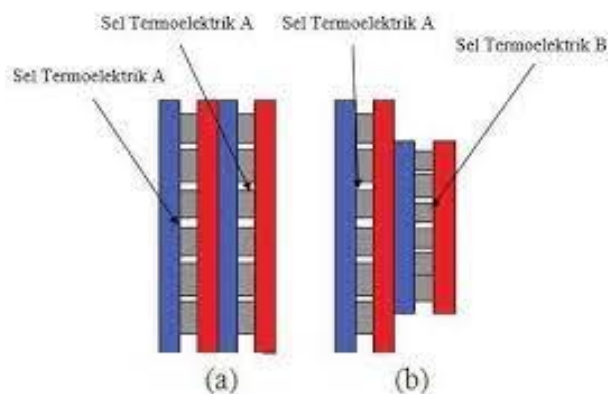


Sumber: google.com

Gambar 2. 5 Termoelektrik Sisi Dingin

2.2.4 Termoelektrik Bertingkat

Sistem bertingkat pada modul termoelektrik digunakan jika modul tunggal tidak bisa mencapai perbedaan temperatur yang diinginkan. Penambahan modul akan mengakibatkan daya yang dibutuhkan semakin besar. Kemampuan memompa panas dari beban pada sistem bertingkat dapat ditingkatkan tergantung pada jumlah tingkat modul. Semakin banyak tingkat, maka semakin besar selisih antara T_h dengan T_c atau ΔT . Karena ΔT yang semakin besar, maka panas yang dapat dipindahkan dari beban juga semakin besar.



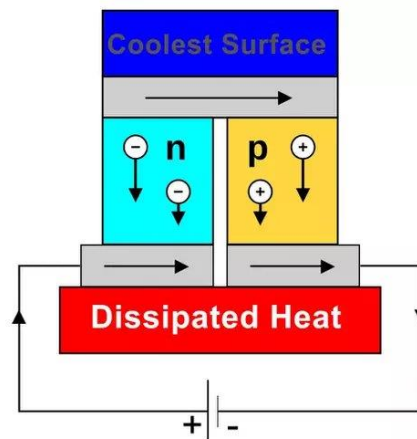
Sumber: google.com

Gambar 2. 6 Termoelektrik Bertingkat

(a) Peltier Paralel (b) Peltier Cascade

2.2.5 Komponen Dasar Sistem Pendingin Termoelektrik

Bagian penting dari sebuah sistem pendingin termoelektrik adalah alat penukar panas (*heat exchanger*), seperti *heatsink*, *heatpipe*, dan sebagainya. Bagian ini mutlak diperlukan, sebab jika sisi panas peltier dapat dipertahankan konstan, maka sisi dingin dari elemen peltier akan mampu menyerap panas secara konstan pula. Sistem pendingin termoelektrik memerlukan *heatsink* yang berfungsi untuk menyerap panas pada sisi dingin elemen peltier dan membuang panas pada sisi panas peltier. Susunan dasar sistem pendingin termoelektrik setidaknya terdiri dari elemen peltier dan *heatsink* baik pada sisi dingin elemen peltier maupun pada sisi panas peltier, seperti pada Gambar 2.7.



Sumber: google.com

Gambar 2. 7 Susunan Dasar Sistem Termoelektrik (*Heatsink Guide*)

Bagian yang akan didinginkan dapat langsung dihubungkan dengan sisi dingin elemen peltier. Dapat juga dihubungkan terlebih dahulu dengan alat penukar panas sebelum dihubungkan dengan sisi dingin elemen peltier. Alat penukar panas tersebut dapat berupa fluida atau dengan konveksi udara. Sedangkan panas yang dihasilkan pada sisi panas elemen peltier juga dapat disalurkan ke lingkungan melalui udara baik secara alami maupun konveksi paksa atau dengan media pendingin air maupun fluida lainnya. Alat penukar panas ini dapat divariasikan penggunaannya seperti yang terlihat pada Gambar 2.7. Penyusunan sistem pendingin termoelektrik ini bergantung pada media penukar panas yang digunakan. Media penukar panas dapat berupa zat gas/udara, cair, dan padat.

Jenis susunan sistem pendingin termoelektrik yang penulis gunakan pada aplikasi lemari pendingin ini yaitu aplikasi untuk media zat gas/udara, sehingga di kedua sisi termoelektrik yaitu untuk sisi dingin dan sisi panas menggunakan *heatsink* untuk transfer kalor yang dilakukan oleh termoelektrik dengan bantuan oleh *fan*.

2.3 *Heatsink* Plat

Heatsink adalah material yang dapat menyerap dan mendisipasi panas dari suatu tempat yang bersentuhan dengan sumber panas dan membuangnya, dengan mentransfer panas yang dihasilkan oleh peralatan elektronik atau peralatan mekanikal ke pada pendingin yang ada disekitar, dan sering kali pendingin ini adalah udara bebas. Setelah panas ditransfer ke pendingin meninggalkan alat, hal ini memungkinkan temperatur pada alat kembali kepada suhu standar. Pada komputer *heatsink* digunakan untuk mendinginkan CPU/Central Processing Unit) atau Graphic Processor. Pada komponen elektronik *heatsink* digunakan oleh semikonduktor daya tinggi seperti transistor daya dan optoelektronik seperti laser, dimana ketika kemampuan menyerap panas oleh peralatan tersebut tidak lagi mampu menahan panas yang dihasilkan oleh alat selama alat bekerja. Teknologi pendingin ini ditemukan oleh Daniel L Thomas pada tahun 1982.

Heatsink didesain untuk memaksimalkan area permukaan yang mengenai medium pendingin disekitar *heatsink*, seperti halnya udara. Kecepatan udara, pemilihan material, model permukaan yang menonjol dan bentuk permukaan adalah faktor utama yang mempengaruhi kinerja *heatsink*. Metode penambahan *heatsink* dan panas dari material penghubung juga mempengaruhi temperatur operasi maksimum IC / Integrated Circuit. *Heatsink* mentransfer energi panas dari alat yang bernenergi panas tinggi ke medium gas atau cairan dengan panas yang lebih rendah. Medium yang sering digunakan adalah udara bebas, terkadang air, atau refrigerant.



Sumber: google.com

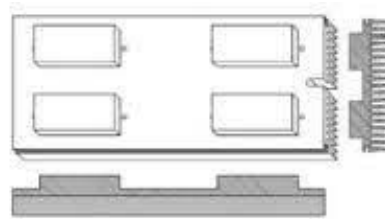
Gambar 2. 8 *Heatsink*

Heatsink digunakan untuk membantu meningkatkan pelepasan kalor pada sisi dingin sehingga meningkatkan efisiensi dari modul tersebut [Putra,dkk,2009]. *Heatsink* dapat diaplikasikan pada beberapa jenis pendingin, sehingga performa dari *heatsink* sendiri berbeda tergantung pada tambahan pendingin yang menyertainya, jika medium pendingin berupa air maka *heatsink* sering disebut dengan plat pendingin. Dalam termodinamika *heatsink* adalah sebuah penyimpan panas yang dapat menyerap panas tanpa mengubah suhu. Dalam penggunaannya *heatsink* alat elektronik memiliki panas yang lebih tinggi dari pada sekitar untuk mentransfer panas secara konveksi, radiasi dan konduksi. *Power supply* pada peralatan elektronik tidak 100% efisien menghasilkan energi, jadi akan timbul panas yang akan mengganggu kinerja dari pada alat. *Heatsink* kadang dimasukkan dalam sebuah rangkaian untuk mengurangi panas agar meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

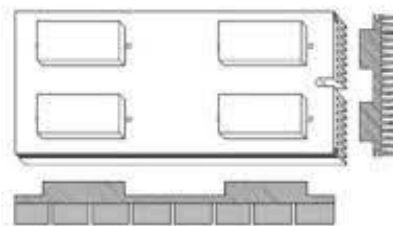
Untuk mengetahui cara kerja *heatsink*, kita harus tahu bahwa energi panas adalah sebuah respon dari sebuah proses sebuah arus listrik melewati suatu benda atau hambatan panas akan dihasilkan, nilai panas tersebut setara dengan nilai tegangan jatuh. Dan kita harus mengetahui jenis bahan yang digunakan dan juga hambatan termal. Sifat dari hambatan termal sama seperti hambatan listrik, semakin tinggi nilai panas makan semakin tinggi pula nilai hambatan termal pada benda atau hambatan tersebut.

2.3.1 Heatsink Plat Bersirip Jenis Extrude

Heatsink plat bersirip, banyak digunakan untuk meningkatkan pelepasan panas pada komponen mikroelektronik dan komponen elektronik penghasil panas lainnya. Penggunaan *heatsink* plat bersirip adalah untuk menurunkan tahanan termal dan temperatur operasi komponen. Hal ini dapat diwujudkan karena adanya penambahan luas permukaan pendingin dari sirip plat, juga dengan didaptkannya peningkatan koefisien perpindahan panas konveksi.



Gambar 6 Heatsink Extrude



Gambar 7 Heatsink Slot

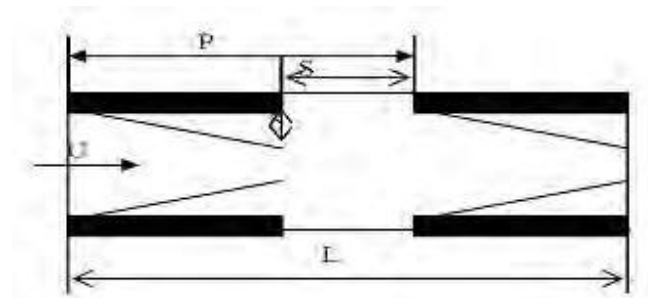
Sumber: google.com

Gambar 2. 9 Heatsink Plat Bersirip (*Heatsink Guide*)

(a) Jenis Extrude (b) Jenis Slot

Heatsink plat bersirip yang banyak dipakai sekarang ini adalah jenis extrude seperti gambar 2.10.a. *Heatsink* ini terdiri dari susunan sirip-sirip plat tipis berjejer yang dipasang pada plat dasar yang sama.

2.3.2 *Heatsink* Plat Bersirip Jenis Slot



Sumber: google.com

Gambar 2. 10 Tebal Lapis Batas Pada *Heatsink* Dengan Slot

Pengembangan dan peningkatan unjuk kerja termal jenis *heatsink* ini adalah dengan dibentuknya slot-slot pada sirip-sirip plat seperti Gambar 2.6.b). Ukuran dan jarak antar sirip serta panjang dan jarak antar slot mempunyai pengaruh penting terhadap unjuk kerja *heatsink*. Pada jenis slot, pola aliran fluida dalam saluran yang dibentuk oleh dua sirip yang berjejer, akan berubah. Perubahan pola aliran, adalah terjadinya lapis batas aliran yang berlangsung hanya sepanjang slot, kemudian dimulai lagi pembentukan lapis batas pada slot berikutnya. Hal ini akan memperpendek terbentuknya lapisan batas sehingga sepanjang *heatsink* tebal lapis batas yang terbentuk lebih kecil. Sementara itu, pada *heatsink* tanpa slot, maka lapis batas akan tumbuh dari ujung plat hingga ujung yang terakhir, sehingga tebal lapis batas secara keseluruhan menjadi lebih tebal, dan akibatnya tahanan termalnya menjadi besar. Sebaliknya dengan kecilnya tebal lapis batas pada permukaan sirip (*heatsink* dengan slot), mengakibatkan turunnya tahanan termal konveksi, atau meningkatnya koefisien konveksinya. Dengan meningkatnya koefisien konveksi, maka pada gilirannya akan menurunkan suhu permukaan *heatsink*. Sementara tinggi sirip dapat memperluas permukaan sirip, sehingga menambah laju perpindahan panas, namun sebaliknya makin tinggi sirip justru akan menurunkan efisiensi sirip. Ukuran panjang dan tinggi sirip juga jarak antar sirip memerlukan analisis yang lebih dalam untuk mendapatkan nilai optimumnya. Laju perubahan temperatur base (permukaan *heatsink*) dipengaruhi oleh kecepatan aliran udaranya. Makin tinggi kecepatan udara laju penurunan temperatur *heatsink* makin tinggi,

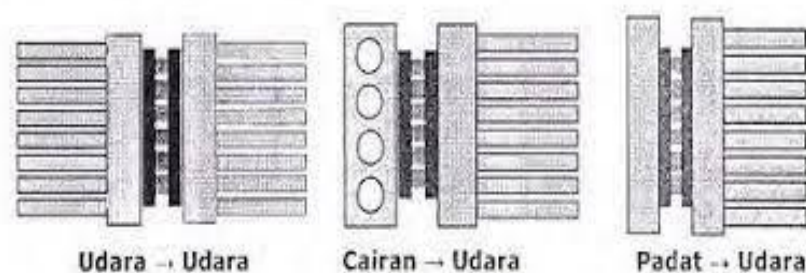
sehingga temperatur permukaan menjadi lebih rendah. Perbedaan temperatur akhir antara masing-masing jenis *heatsink* pada kecepatan yang sama kurang lebih 1 °C.

2.3.3 Panas

Panas merupakan suatu bentuk energi. Panas memiliki kaitan erat dengan getaran atau gerakan molekul. Molekul adalah bagian atau partikel dari suatu benda. Apabila benda dipanaskan molekul akan bergerak cepat sedangkan apabila didinginkan molekul akan bergerak lemah. Jika panas diambil dari suatu benda maka temperatur benda itu akan turun. Makin banyak panas yang diambil temperatur benda menjadi makin rendah, tetapi setelah mencapai -273 °C. maka panas itu tidak dapat lagi dikeluarkan dengan perkataan lain temperatur tersebut adalah yang terendah yang tidak dapat dicapai dengan cara apapun. Karena itu maka temperatur -273 °C. dikatakan sebagai nol absolute dan didalam dunia ilmu dikenal sebagai 0 °C.

2.3.3.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas yang terjadi pada sistem pendingin termoelektrik adalah dengan cara konduksi dan konveksi. Konduksi terjadi mulai dari *heatsink* sisi dingin peltier, *bracket/coldsink*, dan *heatsink* pada sisi panas peltier. Sedangkan konveksi terjadi pada udara dalam ruangan, lingkungan sekitar alat uji, dan udara disekitar sirip-sirip *heatsink*.



Sumber: google.com

Gambar 2. 11 Jenis Susunan Sistem Termoelektrik (*Heatsink Guide*)

2.3.3.2 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas yang terjadi secara konduksi berarti perpindahan panas tanpa diikuti oleh perpindahan molekul benda tersebut. Konduksi juga dapat

dikatakan sebagai transfer energi dari sebuah benda yang memiliki energi yang cukup besar menuju ke benda yang memiliki energi yang rendah. Persamaan yang digunakan untuk perpindahan panas konduksi dikenal dengan Hukum Fourier:

$$q = -k \cdot A \frac{T_1 - T_2}{dx}$$

Nilai minus (-) dalam persamaan diatas menunjukkan bahwa panas selalu berpindah ke arah temperatur yang lebih rendah. Jika suatu benda padat disusun berlapis dari material yang berbeda, maka untuk mengetahui nilai perpindahan panas yang terjadi dapat digunakan pendekatan sistem resistansi listrik. Besarnya tahanan termal yang terjadi adalah perbandingan selisih suhu diantara kedua permukaan ($\Delta t = T_1 - T_2$) dengan laju aliran panas q (J/s). Untuk mencari nilai tahanan termal dari suatu material padatan digunakan persamaan:

$$R_T = \frac{T_1 - T_2}{q} = \frac{\Delta x}{k \cdot A} = \frac{1}{k \cdot A}$$

Keterangan:

q = Energi panas (W)

k = Konduktivitas termal (W/m.C)

A = Luas permukaan (m²)

Δx = Tebal penampang permukaan (m)

T_1 = Temperatur yang lebih tinggi (C)

T_2 = Temperatur yang lebih rendah (C)

2.3.3.3 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas yang terjadi secara konveksi adalah perpindahan panas yang disertai gerakan molekul benda tersebut. Gerakan inilah yang menyebabkan adanya transfer panas. Misalkan pada pemanasan air, terlihat bahwa molekul air yang panas akan bergerak naik ke atas, sedangkan molekul air yang lebih dingin akan turun ke bawah, karena berat jenisnya lebih besar.

Konveksi sendiri dapat dibagi menjadi dua, yaitu konveksi bebas (alami) dan konveksi paksa. Konveksi alami terjadi apabila pergerakan fluida dikarenakan gaya apung akibat perbedaan densitas/kerapatan fluida tersebut. Perbedaan kerapatan itu sendiri bisa terjadi karena adanya perbedaan temperatur akibat proses pemanasan. Sedangkan pada konveksi paksa pergerakan fluida terjadi akibat gaya luar seperti kipas (*fan*) atau pompa. Pada perpindahan panas konveksi berlaku hukum pendinginan Newton, yaitu:

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_s - T_f)$$

Keterangan:

Q_{conv} = Energi panas konveksi (W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².°C)

A = Luas area permukaan (m²)

T_s = Temperatur permukaan (°C)

T_f = Temperatur Fluida (°C)

2.4 Kipas DC

Kipas dipergunakan untuk menghasilkan angin. Fungsi yang umum adalah untuk pendingin udara, penyegar udara, ventilasi (*exhaust fan*), pengering (umumnya memakai komponen penghasil panas). Kipas angin juga ditemukan di mesin penyedot debu dan berbagai ornamen untuk dekorasi ruangan. Kipas angin secara umum dibedakan atas kipas angin tradisional antara lain kipas angin tangan dan kipas angin listrik yang digerakkan menggunakan tenaga listrik. Perkembangan kipas angin semakin bervariasi baik dari segi ukuran, penempatan posisi, serta fungsi. Ukuran kipas angin mulai kipas angin mini (Kipas angin listrik yang dipegang tangan menggunakan energi baterai), kipas angin digunakan juga di dalam Unit CPU komputer seperti kipas angin untuk mendinginkan processor, kartu grafis, *power supply* dan *cassing*. Kipas angin tersebut berfungsi untuk menjaga suhu udara agar tidak melewati batas suhu yang ditetapkan. Perputaran baling-baling kipas angin dibagi dua yaitu centrifugal (angin mengalir searah dengan poros kipas) dan Axial (Angin mengalir secara paralel dengan poros kipas).

Dalam rancangan alat ini nantinya akan ada 6 buah kipas, yang merupakan komponen untuk mengatur suhu agar sesuai dengan yang diinginkan. 3 buah kipas dipasang diluar *box* untuk membuang panas dari sisi panas peltier. Sedangkan 3 buah kipas lagi dipasang didalam *box* untuk membantu penyebaran udara dingin yang dihasilkan peltier. Kipas yang akan digunakan adalah sebuah kipas DC 12 volt dengan arus masing-masing 0.17A dan 0.09A.



Sumber: google.com

Gambar 2. 12 Kipas DC

2.5 Thermal Pasta

Thermal Pasta adalah pasta yang digunakan untuk mengurangi hambatan panas pada interface antara *Heatsink* dan Peltier. Walaupun secara fisik permukaan *Heatsink* dan Peltier terlihat rata dan halus, namun yang kontak langsung pada saat Peltier diletakkan di *Heatsink* hanya sebagian. Jadi fungsi Thermal Pasta sesungguhnya adalah untuk memperbesar area kontak ini.



Sumber: katatatas.com

Gambar 2. 13 Thermal Pasta

Panduan cara mengoleskan *thermal paste* dengan benar:

1. Oleskan pasta ke dasar pendingin.

Mengoleskan pasta pada pendingin yang permukaannya persegi sedikit lebih sulit daripada permukaan yang bulat, karena mengoleskan dengan setitik kecil lalu memberikan tekanan tidak bisa mencakup seluruh dasar *heatsink*. Ada beberapa trik yang bisa digunakan dalam hal ini, namun kita akan membahas beberapa trik yang lebih populer:

- Cara garis - Tempatkan dua garis senyawa termal tipis di dasar pendingin. kedua garis harus sejajar dan berjarak sehingga masing-masing garis berada di sepertiga lebar prosesor. Panjang garis harus sekitar sepertiga dari lebar prosesor.
- Cara silang - cara ini sangat mirip seperti cara sebelumnya, namun garis disilangkan dengan pola "X" dan bukan sejajar. Panjang dan ketebalan garis harus sama seperti cara sebelumnya.
- Cara sebar - Cara ini adalah salah satu yang paling populer dan efektif, tetapi membutuhkan lebih banyak usaha. Tempatkan sedikit pasta termal ke dasar pendingin. Lindungi jari dengan sarung tangan plastik atau kantong plastik. Gunakan jari untuk menyebarkan pasta secara merata di seluruh permukaan. Pastikan untuk menutupi seluruh permukaan yang akan bersentuhan dengan

prosesor, dan pastikan bahwa Anda tidak menggunakan pasta yang terlalu tipis. Pasta harus nyaris menyembunyikan logam di bawahnya.

2. Tempelkan *heatsink*.

Jika menggunakan salah satu cara garis di atas, berikan tekanan rata pada *heatsink* yang dipasang untuk memastikan bahwa pasta menyebar di seluruh permukaan. Jika menggunakan cara sebar, maka harus menempelkan *heatsink* sedikit miring untuk mencegah pembentukan gelembung. Pasta yang disebar terlalu tipis akan menghasilkan gelembung setelah diberikan tekanan.

2.6 *Power supply* (**Catu Daya**)

Catu daya adalah sebuah piranti elektronika yang berguna sebagai sumber daya supaya piranti lain dapat bekerja. Catu daya memiliki rangkaian yang mengubah arus listrik AC menjadi DC. *DC power supply* atau Catu Daya ini juga sering dikenal dengan nama “Adaptor”. Pada alat ini penulis menggunakan catu daya dengan tegangan 12V dan arus 20A untuk menunjang kerja 3 peltier.

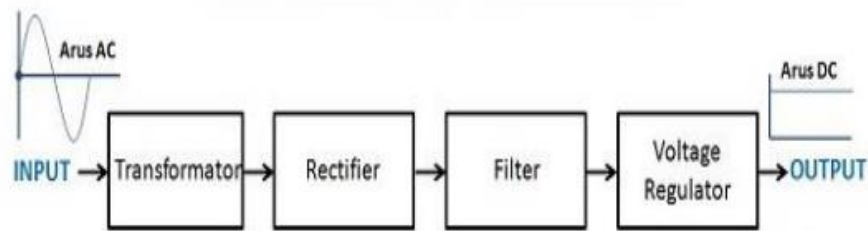


Sumber: google.com

Gambar 2. 14 Catu daya

Catu daya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian tersebut di antaranya:

- a. Transformator
- b. Penyearah (*Rectifier*)
- c. Penyaring (Filter)
- d. Regulator yang berfungsi sebagai penstabil tegangan.

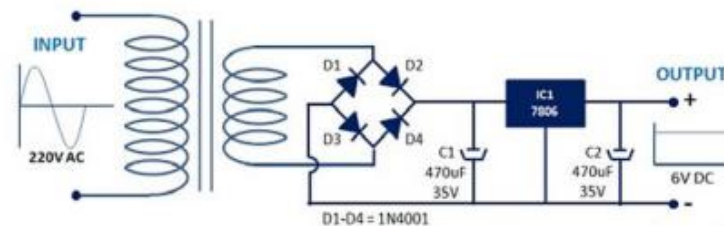


Sumber: google

Gambar 2. 15 Diagram Blok *Power supply*

2.6.1 Prinsip Kerja Catu Daya

Prinsip kerja catu daya (*power supply*) dapat dipelajari sesuai bagian-bagiannya masing-masing seperti skema rangkaian sederhana berikut ini:



Sumber: google

Gambar 2. 16 Skema Rangkaian *Power Supply* Sederhana

2.7 Waterblock

Waterblock terbuat dari aluminium yang memiliki ukuran 40 x 40 mm. *Waterblock* memiliki fungsi setara dengan *heatsink*, dipasangkan dengan peltier untuk mendinginkan air yang mengalir di dalamnya. Berguna sebagai pendingin CPU, dispenser, dan lain-lain. Fungsinya untuk sirkulasi air yang akan memindahkan suhu panas atau dingin dari peltier sehingga bisa menetralkan suhu pada sisi peltier.



Sumber: Tokopedia.com

Gambar 2. 17 Water Block 40 x 40 mm

2.8 Pompa Air 12V DC

Pompa Air 12 volt DC adalah sebuah alat yang menggunakan motor DC untuk memompa air. Pompa air ini berfungsi untuk mendinginkan peltier pada sisi panas. Pada gambar 2.17 dan tabel 2.2 adalah gambar pompa dan spesifikasi pompa yang digunakan.



Sumber: digiwarestore.com

Gambar 2. 18 Pompa Air 12V DC

Tabel 2. 2 Spesifikasi Pompa Air

No	Item	Parameter
1	Tegangan	12 V
2	Arus	375 mA / 0,375 A
3	Daya	3,6 Watt – 4,2 Watt
4	Laju Aliran Air	240 L / H
5	Bahan	Plastik
6	Diameter Saluran Masuk dan Keluar Air	8 mm
7	Kebisingan	40 db
8	Ukuran	54 x 37 x 42 mm

2.9 Tabung Air

Tabung air ini digunakan untuk menampung air yang disirkulasikan ke *waterblock* melalui pompa air mini. Tabung air ini terbuat dari plastik yang dilapisi dengan *styrofoam box* kecil yang menyesuaikan ukuran tabung itu sendiri.



Sumber:google.com

Gambar 2. 19 Tabung Air

2.10 Termometer Digital

Termometer digital mini digunakan untuk mengukur suhu / temperatur dalam Celcius. Dilengkapi dengan probe / sensor sepanjang 1 meter yang dapat digunakan untuk mengukur suhu dan ditampilkan pada layar lcd termometer digital. Tingkat akurasi termometer ini lebih $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Sumber: bukalapak.com

Gambar 2. 20 Thermometer Digital

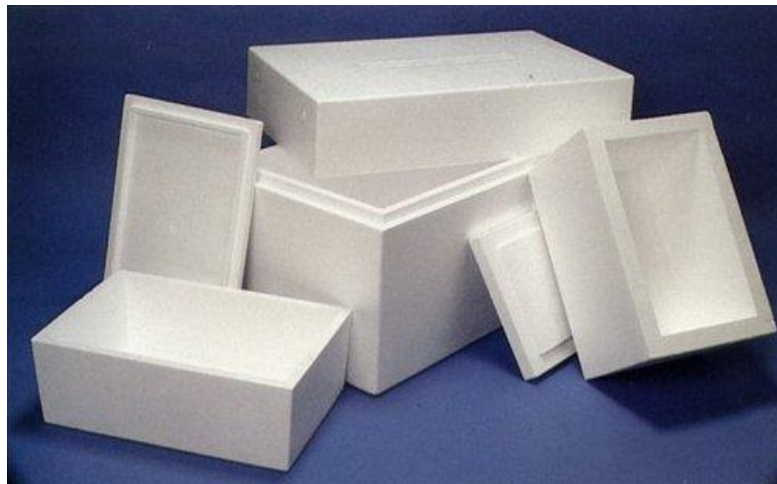
Berikut ini tabel spesifikasi termometer digital:

Tabel 2. 3 Spesifikasi Termometer Digital

No	Item	Parameter
1	Tegangan Operasi	1.5 V
2	Resolusi	0.1 $^{\circ}\text{C}$
3	Ukuran Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	-50 $^{\circ}\text{C}$ - 70 $^{\circ}\text{C}$
4	Dimensi	48mm x 28.6 mm x 15.2 mm
5	Dimensi Layar (LCD)	46 mm x 27 mm

2.11 Styrofoam

Styrofoam atau yang dikenal dengan *Expandable Polystyrene* (EPS) adalah suatu material yang terbuat ekspansi *polystyrene beads* (butir polistiren) yang dibuat dengan cara dicetak (*moulding*). *Styrofoam* dikenal juga dengan istilah styropor. Istilah *expandable polystyrene* sering kali disamakan dengan *extruded polystyrene*. Kedua material ini sebenarnya berbeda, *expandable polystyrene* terbuat dari *polystyrene beads* (butir) sedangkan *extruded polystyrene* terbuat dari *polystyrene foam* (busa). Dari pembuatannya juga berbeda, *expandable polystyrene* dibuat dengan proses molding, sedangkan *extruded polystyrene* dibuat dengan proses ekstrusi. *Expandable polystyrene* diciptakan oleh BASF (sebuah pabrik kimia) pada tahun 1951 dan sekarang EPS diproduksi dari bahan mentah dengan biaya se-efektif mungkin sebagai produk pembungkus (*packaging*) yang efisien.



Sumber: news.indotrading.com

Gambar 2. 21 Styrofoam Box

Karakteristik styrofoam antara lain:

- Tahan benturan
- Menginsulasi panas
- Ringan
- Tahan air
- Kedap suara
- Sulit terurai

- Mudah dipotong
- Ekonomis
- Berwarna putih pada umumnya
- Larut dalam cairan kimia tertentu

Pada umumnya *styrofoam* (EPS) digunakan sebagai bahan kerajinan tangan, pelapis kemasan barang elektronik, bantalan helm, kemasan makan dan minuman (peralatan makan), kemasan (*box*) penyimpanan ikan, buah, dan sayuran. Setelah digunakan untuk keperluan tersebut biasa styrofoam dibuang begitu saja, padahal masih bisa digunakan dan styrofoam membutuhkan waktu lebih dari 1 juta tahun supaya bisa terurai sempurna. Untuk itu perlu sebuah solusi supaya sampah styrofoam tersebut tidak menumpuk dan lama kelamaan menimbulkan masalah tersendiri. Salah satu solusinya yaitu dengan digunakan kembali. Kemampuan styrofoam dalam menginsulasi panas dapat diuji coba dengan cara menyinari styrofoam berukuran 30x30 cm dengan lampu sorot atau menghadapkannya pada sumber panas sebagai pengganti panas matahari dengan jarak tertentu. Dan sisi yang berlawanan diukur suhunya. Suhu ini dibandingkan dengan mengukur suhu udara dekat sumber panas dengan jarak yang sama tanpa styrofoam. Dengan begitu akan didapatkan seberapa efektif styrofoam menghambat laju panas. Percobaan ini dilakukan beberapa kali dengan menggunakan styrofoam yang tebalnya berbeda-beda.