

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Dasar Penelitian (*State of the Art*)**

Dasar penelitian ini didasari oleh dua penelitian sebelumnya, dimana pada penelitian sebelumnya peneliti telah membuat suatu alat rancang bangun yang berguna untuk menurunkan suhu tubuh berbasis sistem refrigasi kompresi uap (*vapour compression cycle*) (Sugara, 2017). Adapun kompres yang digunakan pada penelitian ini berbahan gelatin (*jelly*) yang dikemas dengan plastik, dimana dalam kompres tersebut dipasang selang yang terdapat aliran air berasal dari kabin evaporator dan kondensor yang mengakibatkan kompres tersebut dapat menghantarkan suhu yang dingin dan juga panas. Sistem siklus kompresi uap (*vapour compression cycle*) dengan kabin transparan berinsulasi digunakan sebagai model pendinginan pada penelitian ini. Diperoleh hasil penelitian berupa suhu kompres panas yaitu 43°C dan kompres dingin yaitu 18°C dengan total beban pendinginan dari rancangan ini sebesar 125,86 Watt. Diperoleh nilai *Coefficient Of Performance (COP) carnot* dan aktual dengan nilai masing-masing secara berurutan yaitu 6,2 dan 4,7 serta efisiensi 76%. Terdapat pula hasil kapasitas pendinginan alat ini sebesar 844 *watt* dengan daya yang diperlukan 144 *watt* (Sugara, 2017).

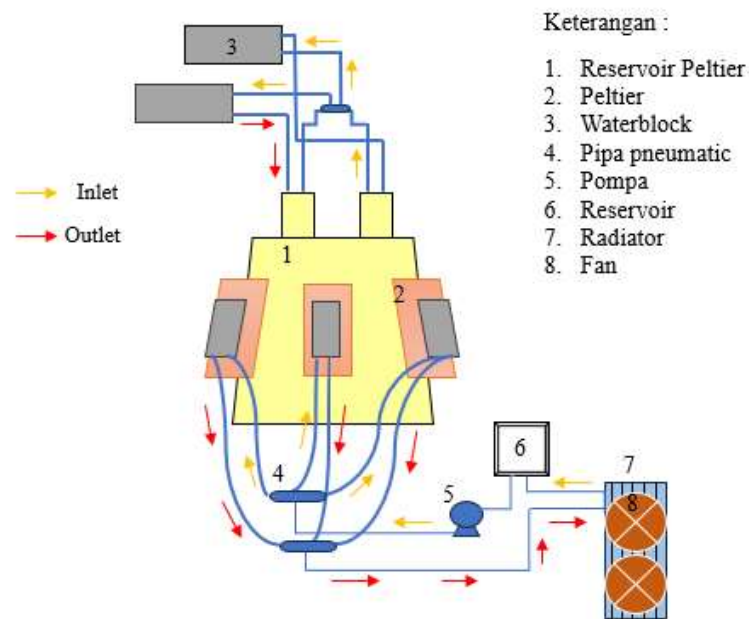
Kemudian pada penelitian selanjutnya melakukan penelitian mengenai performa *liquid* pendingin pada temperatur rendah untuk sistem kompres aktif. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan hasil dari kemampuan suatu benda untuk menyerap kalor. Dimana kalor jenis berbanding lurus dengan kemampuan menyerap kalor sehingga semakin besar kalor jenis suatu benda, maka semakin besar pula kemampuan benda tersebut untuk menyerap kalor didalam sistem (Huri, D 2023). Didapatkan juga hasil perbandingan pada fluida dengan sistem daya pada air (24.8 *watt*), (2.50 A), (10.01 V) pada air garam (24.9 *watt*), (2.48 A), (10.01 V) pada alkohol (24.8 *watt*), (2.49 A), (10.01 V) pada PC coolant (24.9 *watt*), (2.497 A), (10.01 V) secara COP *coefisien of performance* dan tingkat efisiensi fluida yang ideal ialah di mana COP air

(0.20), PC coolant (0.24), air garam 50 gram (0.32), alkohol (0.18) maka performa efisiensi yang ideal ialah air garam 50 gram 32% dan PC coolant 24,8% (Huri. D, 2023).

Penelitian yang akan dilakukan ini bertujuan untuk menguji performa dari tiga metode pendinginan yaitu metode *natural cooling*, metode *radiator double fan* dan *radiator single fan*. Sistem kompres aktif ini bertujuan untuk menghasilkan suhu dingin yang memanfaatkan efek termoelektrik pada elemen peltier. Penelitian ini akan mencakup desain dan konstruksi kompres, serta pengujian kinerja dalam hal kecepatan perubahan suhu dan durasi efek dingin. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi medis, khususnya dalam bidang terapi penurunan suhu pada demam.

## **2.2 Mesin Kompres aktif**

Kompres dibedakan menjadi dua yaitu kompres hangat dan dingin. Kompres hangat dapat diterapkan pada bagian pembuluh darah yang lebih besar. Tujuannya adalah untuk mendorong hipotalamus untuk menurunkan suhu tubuh. Hipotalamus akan merangsang area preoptik melalui sinyal hangat yang dikirim oleh hipotalamus. Ini akan memungkinkan sistem efektor dikeluarkan. Pembuluh darah perifer dilatasi oleh panas tubuh yang dilepaskan oleh sistem efektor setelah sinyal diberikan. Akibatnya, seseorang mengeluarkan keringat (Rahmawati & Purwanto, 2020). Menurut kamus Kedokteran Dorland (2006), kompres berasal dari bahasa *compressus* yang berarti bantalan yang bertujuan untuk pemeliharaan suhu tubuh.



**Gambar 2.1** Skema Mesin Kompres Aktif

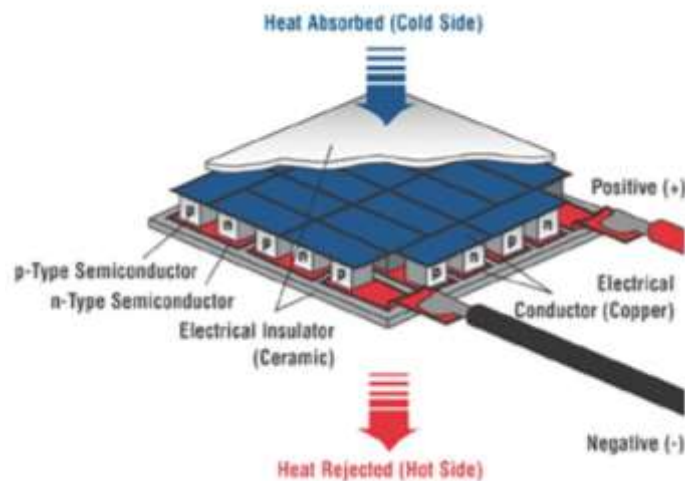
Dapat dilihat pada gambar diatas merupakan skema dari alat kompres aktif dimana pada skema tersebut mempunyai sistem aliran fluida yang bolak-balik. Untuk prinsip kerja dari alat kompres aktif ini yaitu fluida air dari reservoir radiator dihisap menggunakan pompa melalui selang silicon menuju *waterblock* yang ditempel pada peltier, dimana sisi bagian peltier yang mengenai *waterblock* merupakan bagian yang menghasilkan panas, setelah itu fluida air dipompa melalui sisi lubang lainnya dan mengalir pada reservoir radiator.

Mesin pendingin termoelektrik, juga dikenal sebagai mesin pendingin termoelektrik (TEC), mempunyai prinsip kerja dimana arus listrik DC mengalir ke beberapa pasang sel semikonduktor tipe-p (energi rendah) dan tipe-n (energi tinggi), yang menyerap dan membuang panas dari kotak pendingin melalui terminal dingin dan elemen termoelektrik (Kennedy et al., 2017).

### 2.3 Elemen Peltier

Elemen Peltier atau pendingin termoelektrik merupakan alat yang dapat menghasilkan suhu yang berberda antara kedua sisinya jika dialiri dengan arus yang searah pada kedua kutub materialnya dalam hal ini yaitu semikonduktor. Saat terdapat arus listrik, peltier akan memindahkan panas dari satu sisi kesisi

lainnya. Sistem pendingin dengan efek peltier merupakan peralatan pendingin yang bekerja berdasarkan Efek Peltier. Adapun efek peltier dapat merubah energi listrik menjadi energi kalor secara langsung dengan menggunakan suatu rangkaian tertutup yang terdiri dua buah semikonduktor (*thermoelectric modul*) berbeda jenis, yaitu semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n (Nino et al., 2014). Penyerapan kalor terjadi pada salah satu sambungan (*cold junction*) terjadi akibat adanya aliran listrik pada rangkaian tertutup. Aliran listrik searah terjadi bila rangkaian tertutup dihubungkan pada sumber arus searah (DC), dimana arus positif untuk semikonduktor tipe-n sedangkan arus negatif untuk semikonduktor tipe-p (Nino et al., 2014).



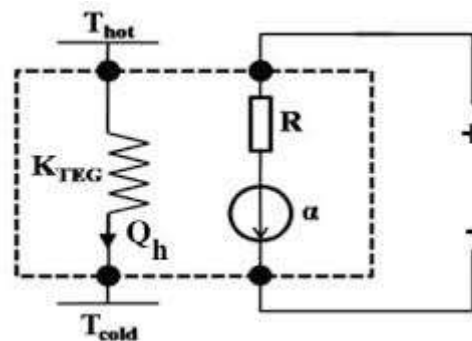
**Gambar 2.2** Peltier (termoelektrik)

(Sumber: Rizaldi & Edahwati, 2022)

Sisi peltier akan menjadi dingin akibat adanya aliran elektron dari semikonduktor tipe-p yang memiliki energi rendah menuju semikonduktor tipe-n dengan tingkat energi yang lebih tinggi. Adapun jenis efek termoelektrik pada pendingin termoelektrik yaitu efek Peltier. Komponen pendingin termoelektrik terdiri dari penyerap panas sebagai pendingin dan pembuang panas sebagai pompa kalor. Pada pendingin termoelektrik tidak memiliki kompresor kompresor, kondensator, katup ekspansi, dan evaporator. (Suryadi & Firmansyah, 2020).

Termoelektrik merupakan salah satu teknologi yang mengubah secara langsung energi panas menjadi energi listrik. Perangkat termoelektrik dapat mengubah perbedaan temperatur menjadi tegangan listrik ataupun sebaliknya. Jika terdapat perbedaan suhu di setiap sisi maka akan terjadi tegangan listrik dan sebaliknya jika terdapat tegangan listrik pada elemen termoelektrik maka akan terjadi perbedaan temperatur. Bahan semikonduktor atau *solid state technology* biasa digunakan sebagai elemen termoelektrik.

Panas akan masuk pada salah satu sisi dan keluar dari sisi lainnya sehingga terjadi tegangan yang besarnya sebanding dengan temperatur. Terjadi perpindahan dari sisi panas menuju sisi dingin yang akan menciptakan medan listrik sehingga terjadi perpindahan elektron dari rapat muatan tinggi menuju rapat muatan rendah (Rizaldi & Edahwati, 2022). Perubahan medan listrik akibat dari perubahan temperatur merupakan efek *Seebeck*. Sedangkan efek peltier merupakan kebalikannya, yaitu terjadi perbedaan temperatur akibat adanya perubahan medan listrik.



**Gambar 2.3** Rangkaian Ekuivalen Peltier

(Sumber: Rizaldi & Edahwati, 2022)

Elemen termoelektrik terdiri dari semikonduktor tipe-N dan tipe-P yang dihubungkan dengan konduktor tembaga pada bagian atas dan bagian bawah. Fungsi dari konduktor tembaga yaitu membantu perpindahan elektron agar dapat bergerak dengan bebas. Apabila dua kutub batang logam dipanaskan dan didinginkan, elektron pada kutub logam yang dipanaskan akan bergerak serta mempunyai kecepatan aliran lebih tinggi dibanding dengan kutub logam yang didinginkan. Pada rangkaian termolistrik terdapat generator (TEG), dimana TEG dikarakteristikan dengan adanya hambatan listrik isothermal  $I$ , konduksi

termal (K) serta koefisien *Seebeck* (S). TEG terletak diantara 2 reservoir temperatur yaitu sisi panas (TH) dan sisi dingin (TC). Kedua temperatur tersebut mempengaruhi energi panas yang diserap dan juga besar tegangan serta arus yang dihasilkan oleh termoelektrik.

## 2.4 Pompa

Pompa merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mengalirkan cairan dari suatu tempat ke tempat lain. Pompa bekerja dengan cara menaikkan tekanan cairan, sehingga tidak terjadi hambatan yang mengganggu pengaliran cairan, seperti perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian, ataupun hambatan gesek. Pada pompa, energi mekanik diubah menjadi energi kinetik agar terjadi perpindahan cairan dengan adanya gaya tekan pada cairan (Mustain, 2020) Terdapat beberapa jenis pompa, salah satunya adalah pompa *submersible*.



**Gambar 2.4** Pompa *Submersible*

Pompa *submersible* merupakan sebuah rangkaian pompa sentrifugal yang disusun bertingkat (Khikmatulloh et al., 2023). Pompa *submersible* bekerja dengan mengubah energi kinetik menjadi energi potensial. Energi kinetik yang dimaksud adalah kecepatan putaran *impeller* yang berada pada rumah pompa, sedangkan energi potensial akan digunakan untuk mengalirkan cairan dari sumber air menuju permukaan. Beberapa aplikasi pompa *submersible* dapat digunakan sebagai drainase, sanitasi, dan juga pompa limbah serta lumpur, karena pompa *submersible* dapat bekerja pada cairan kental.

Pada pompa *submersible*, terdapat dua jenis komponen berdasarkan peletakannya, yaitu komponen diatas dan komponen dibawah permukaan. Komponen diatas permukaan terdiri dari *well head*, *junction box*, *switchboard*,

serta *transformator*. Sedangkan untuk komponen dibawah permukaan terdiri dari *electric cable*, *breeder valve*, *check valve*, dan juga *pump*. Terdapat beberapa kelebihan dari pompa *submersible*, yaitu:

1. Suara yang dihasilkan tidak berisik karena pemasangan yang terendam.
2. Proses pemasangan tidak memakan tempat sehingga mudah digunakan.
3. Tidak rentan kavitasi karna pemasangannya terendam dalam air.
4. Dapat menghasilkan debit aliran yang cukup besar.
5. Tidak perlu pengeluaran udara dari sistem atau bersifat *self priming*.
6. Mempunyai daya listrik yang rendah sehingga ramah lingkungan dan menghemat biaya.
7. Dapat digunakan pada titik yang lebih dalam.
8. Tidak dapat menghasilkan listrik yang terpapar dan lebih aman dari kebocoran karena aliran tidak akan mengalir keluar.
9. Memiliki ketahanan yang baik karena tidak terkena paparan sinar matahari, oksigen, dan kotoran.

## 2.5 Radiator

Radiator merupakan salah satu jenis *heat exchanger*. Panas dari *coolant* yang mengalir akan diserap dan kipas akan mengarahkan panas yang terkumpul ke udara. Radiator terdiri dari tiga bagian yaitu *inlet tank*, inti, *outlet tank*. Tabung-tabung tersebut dipasang secara paralel dan *coolant* akan mengalir dari *inlet* (saluran masuk) menuju *outlet* (saluran keluar). Sirip yang terdapat pada tabung permukaan radiator mengambil panas kemudian memindahkan ke udara yang mengalir melalui radiator. Sirip mengalirkan panas dari tabung menuju ke udara yang mengalir melalui radiator (Ibrahim et al., 2019)



**Gambar 2.5** Radiator

Pada radiator terkadang terdapat sejenis sirip yang dimasukkan kedalam tabung dengan tujuan untuk meningkatkan turbulensi fluida yang mengalir melalui tabung. Jika fluida dalam tabung mengalir dengan lancar, hanya fluida yang menyentuh tabung secara langsung yang akan langsung didinginkan. Perbedaan suhu antara tabung dan fluida akan mempengaruhi jumlah panas yang dipindahkan dari fluida yang mengalir ke tabung. Sehingga dapat dikatakan jika cairan yang bersentuhan tabung mendingin dengan cepat, panas yang berpindah akan lebih sedikit. Adanya turbulensi dalam tabung, semua cairan bercampur dan menjaga suhu cairan yang menyentuh tabung tetap tinggi sehingga lebih banyak panas yang diserap serta cairan yang terdapat pada tabung dapat digunakan dengan efektif.

Fluida dialirkan dari pompa menuju dalam *engine blok* yang kemudian fluida mengalir melalui saluran-saluran dalam mesin sekitar silinder dan akan kembali melalui kepala silinder mesin. Terdapat *thermostat* yang diletakkan di tempat cairan keluar dari mesin. Terdapat pula pipa di sekitar *thermostat* yang mengirimkan cairan kembali ke pompa secara langsung jika *thermostat* ditutup. Jika *thermostat* dibuka, fluida akan melewati radiator kemudian kembali ke pipa. Terdapat pula sirkuit terpisah untuk sistem pemanas. Sirkuit ini mengambil cairan dari kepala silinder dan mengalirkannya melalui pemanas inti kemudian kembali menuju pompa.



## 2.6 Thermostat

*Thermostat* adalah komponen yang memiliki kemampuan untuk mengukur suhu sistem dan menjaganya tetap di titik yang diinginkan. *Thermostat* pertama kali dibuat untuk memungkinkan simulasi komputer nonekuilibrium pada titik keadaan tetap. Barulah diketahui bahwa alat ini mungkin memainkan peran penting dalam mekanika statistik (Moriss & Dettmann, 1998).

*Thermostat* bekerja dengan cara mendinginkan atau memanaskan suatu sistem dengan tujuan untuk mempertahankan suhu mendekati *setpoint*. Hal ini dapat dilakukan dengan menghidupkan dan mematikan elemen pada sistem sehingga dapat mencapai suhu *setpoint* yang telah ditentukan. Pada *thermostat* juga terdapat komponen sensor sebagai pengukur suhu sehingga dapat mengendalikan atau mengontrol pemanas atau pendingin suatu sistem, dan juga program jadwal kemunduran statis yang digunakan oleh *thermostat* (Simamora & Siringo- ringo, 2023).



**Gambar 2.6** *Thermostat* STC 100

Adapun fungsi *thermostat* pada pemanas air adalah sebagai pengatur suhu air pada pemanas air tersebut. Pengendali suhu tinggi sangat berperan jika tekanan air tidak dapat dicapai atau tekanan air terlalu tinggi (Simamora & Siringo- ringo, 2023). *Thermostat* pada pemanas air elektrik berfungsi sebagai pengatur suhu. Adapun bagian dari *thermostat* terdiri dari pengaman, perlindungan kebocoran, pengaman suhu, penunjuk panas air dan pencegah kebakaran untuk membentuk pengontrol temperatur yang lengkap. Banyak peralatan rumah tangga yang menggunakan *thermostat* seperti kulkas, dispenser air, pemanas air, pembuat kopi, dan lain-lain. Kualitas *thermostat*

yang digunakan secara langsung mempengaruhi keselamatan penggunaan sehingga *thermostat* merupakan komponen yang sangat penting.

## 2.7 Fluida

Fluida merupakan suatu zat yang dapat mengalir. Fluida dapat berupa zat cair seperti air dan juga gas seperti udara dapat mengalir. Zat padat yang tidak dapat mengalir seperti batu dan besi tidak termasuk dalam fluida (Kurniati Abidin & Wagiani, 2013). Zat cair dapat dikatakan sebagai fluida karena sifatnya yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat lainnya. Selain fluida cair, gas juga termasuk fluida karena dapat mengalir dari satu satu tempat ke tempat lain. Contoh fluida gas yaitu angin yang berhembus dari satu tempat ke tempat lain (Kurniati Abidin & Wagiani, 2013). Terdapat dua jenis fluida, yaitu fluida statis (fluida diam) dan fluida dinamis (fluida bergerak). Fluida statis dapat dilihat dalam keadaan diam ataupun keadaan setimbang, sedangkan fluida dinamis dapat dilihat dalam keadaan bergerak.

### 2.7.1 Sifat-Sifat Fluida:

- a) Massa Jenis (*Density*): Massa jenis adalah ukuran seberapa padat sebuah fluida yang dihitung dengan membagi massa fluida dengan volume yang diisinya. Satuannya adalah kilogram per meter kubik.
- b) Viskositas: Viskositas mengukur seberapa mudah atau sulit fluida mengalir. Fluida dengan viskositas rendah cenderung mengalir dengan cepat, sedangkan fluida dengan viskositas tinggi cenderung mengalir dengan lambat. Contoh viskositas rendah adalah air, sedangkan madu memiliki viskositas yang tinggi.
- c) Tekanan: Tekanan merupakan gaya per satuan luas yang diberikan oleh fluida pada suatu permukaan. Tekanan dalam fluida tergantung pada kedalaman dan densitas fluida. Tekanan dalam fluida bergerak ke segala arah, dikenal sebagai tekanan hidrostatis.
- d) *Archimedes' Principle* (Prinsip Archimedes): Prinsip ini menyatakan bahwa sebuah objek yang tenggelam atau mengapung dalam fluida akan mengalami gaya apung (*upthrust*) yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh objek tersebut.