

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Penelitian (*State of the Art*)

Dasar penelitian ini didasari oleh dua penelitian sebelumnya, dimana pada penelitian pertama peneliti membuat suatu alat pendingin minuman portable dengan menggunakan dua buah peltier berbasis *raspberry Pi* dan menggunakan control suhu (Triyono, et al., 2024). Pada penelitian ini didapati hasil bahwa penggunaan dua buah peltier dapat mendinginkan lebih cepat dan dapat mendinginkan hingga suhu 18°C dalam waktu 5 menit. Kemudian pada penelitian yang kedua, peneliti merancang bangun sebuah alat kompres demam digital suhu (Bachri, et al., 2024). Pada penelitian ini merancang sebuah alat kompres otomatis yang dapat menanaskan dengan sistem on/off ketika suhu sudah mencapai set point. Dari kedua penelitian sebelumnya ini, menginspirasi peneliti untuk merancang sebuah alat kompres demam berbasis peltier dengan sistem *on/off* menggunakan thermostat.

Lalu berdasarkan hasil pada penelitian sebelumnya, telah melakukan pengujian performa terhadap jenis liquid yang digunakan pada temperatur rendah untuk sistem kompres aktif dan didapatkan hasil bahwa air garam memiliki kemampuan paling efektif dalam menurunkan suhu. (Huri, 2023). Lalu pada penelitian lain, pada pengujian jenis performa pendinginan pada sistem kompres aktif didapatkan bahwa jenis pendinginan yang paling efektif adalah metode radiator double (Dharmawan, 2024). Namun, kedua penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu kompleksitas rangkaian alat yang mengakibatkan perangkat tersebut sulit dipindahkan dan kurang portabel. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan solusi berdasarkan hasil studi sebelumnya dengan merancang alat kompres demam berbasis peltier yang *compact* dan *portable*.

2.2 Demam

Demam adalah suatu kondisi ketika suhu tubuh seseorang meningkat di atas suhu normal sebagai respons terhadap infeksi atau peradangan dalam tubuh. Sistem kekebalan tubuh memproduksi zat pirogenik yang memicu hipotalamus untuk menaikkan suhu tubuh guna membantu melawan patogen yang menginfeksi tubuh. Fenomena ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi bakteri dan virus yang sensitif terhadap suhu tinggi (Marleni, et al., 2022). Gejala demam dapat dipastikan melalui pemeriksaan suhu tubuh yang melebihi rentang normal. Seseorang dikatakan demam jika pengukuran suhu rektal menunjukkan lebih dari 38°C, suhu oral lebih dari 37,8°C, atau suhu aksila lebih dari 37,2°C. Pada bayi di bawah usia 3 bulan, demam diindikasikan jika suhu rektal lebih dari 38°C, sedangkan pada bayi di atas 3 bulan, demam ditandai dengan suhu aksila dan oral yang melebihi 38,3°C (Susanti, 2012). Selain peningkatan suhu tersebut, gejala demam juga meliputi sakit kepala, berkeringat berlebihan, menggigil, kelelahan, nyeri otot, dan penurunan nafsu makan (Al-Qudsy, et al., 2022).

Hipotalamus, yang dalam bahasa Yunani disebut "*Hypothalamus*" adalah bagian otak yang berperan penting dalam mengatur fungsi dasar organ dan sel tubuh. Fungsi utama hipotalamus adalah mempertahankan sistem kekebalan tubuh. (Denis & Peleg-Raibstein, 2020). Hipotalamus juga berperan dalam menjaga suhu tubuh pada tingkat normal, mengendalikan proses demam saat terjadi infeksi. Perubahan pengaturan suhu yang dilakukan hipotalamus dipengaruhi oleh molekul kecil dalam darah yang disebut pirogen. Pirogen merupakan toksin yang dihasilkan oleh virus, bakteri, atau parasit. (Bachri, Kevin, & Sereati, 2024).

2.3 Kompres Demam

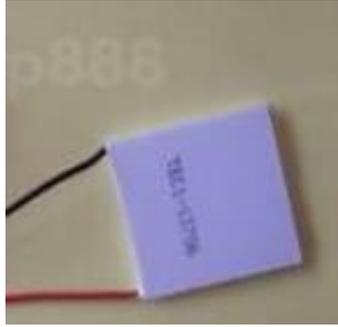
Demam adalah kondisi di mana suhu tubuh meningkat melampaui batas normal. Penyebab demam dapat bervariasi, termasuk adanya gangguan pada otak atau paparan toksin yang mempengaruhi pusat pengaturan suhu tubuh. Demam tinggi dapat menimbulkan risiko kesehatan, karena suhu tubuh optimal sangat penting agar sel-sel tubuh dapat berfungsi secara efektif. Perubahan

suhu tubuh yang ekstrem dapat mengancam kesehatan, sehingga perawat perlu menjaga agar suhu tubuh pasien tetap dalam rentang normal. (Haroen, 2008)

Kompres dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kompres hangat dan kompres dingin. Penerapan kompres hangat dapat dilakukan pada area dengan pembuluh darah besar, dengan tujuan untuk memberikan rangsangan kepada hipotalamus guna menurunkan suhu tubuh. Hipotalamus akan mengirimkan sinyal panas yang kemudian diteruskan ke area preoptik, sehingga sistem efektor dapat diaktifkan. Setelah sinyal dikeluarkan oleh sistem efektor, tubuh akan merespons dengan melebarkan pembuluh darah perifer dan meningkatkan produksi keringat, yang membantu otak dalam mengatur agar suhu tubuh tetap stabil tanpa meningkat lebih lanjut (Rahmawati & Purwanto, 2020). Di sisi lain, kompres dingin berfungsi merangsang vasokonstriksi dan shivering, yang akan menyebabkan pembuluh darah menyempit dan suhu tubuh kembali ke tingkat normal. Proses normalisasi suhu tubuh akibat penggunaan kompres dingin terjadi melalui penangkapan sinyal oleh hipotalamus yang terhubung dengan sumsum tulang, sehingga tubuh dapat mencapai kondisi suhu yang seimbang (Susanti, 2012).

2.4 Elemen Peltier (Thermoelectric)

Elemen peltier atau pendingin termoelektrik adalah perangkat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kalor yang bekerja berdasarkan efek peltier. Efek Peltier ditemukan pada tahun 1834 oleh fisikawan Prancis Jean Charles Athanase Peltier yang menyelidiki kembali efek seebeck. Jadi, efek peltier terjadi ketika arus listrik dialirkan melalui sambungan dua bahan semikonduktor yang berbeda, panas akan diserap di satu sisi sambungan dan dilepaskan di sisi lain, menghasilkan perbedaan suhu. Dalam hal refrigerasi, keuntungan utama dari elemen peltier adalah ringkas, tidak ada bagian yang bergerak, tidak berisik, tidak menggunakan freon sebagai refrigerant, tidak ada vibrasi, umur panjang, mudah dalam kontrol temperatur, dan ukurannya yang kecil (Triyono, et al., 2024).



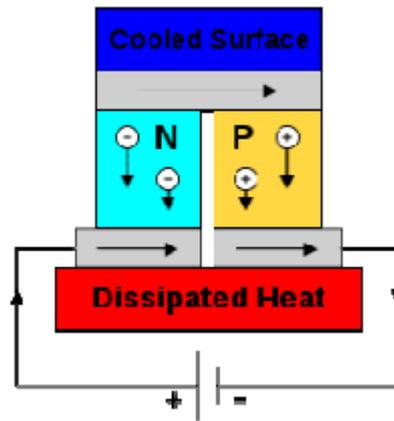
Gambar 2.1 Modul Peltier

(Sumber: Triyono, et al., 2024)

Struktur elemen Peltier terdiri dari beberapa lapisan dan komponen penting yang bekerja sama untuk menghasilkan efek termoelektrik. Modul Peltier umumnya tersusun dari beberapa pasangan bahan semikonduktor tipe n dan tipe p yang dihubungkan secara elektrik dalam seri dan termal dalam paralel, sehingga menghasilkan perpindahan panas ketika arus listrik dialirkan. Kemudian terdapat Lapisan keramik yang digunakan di bagian atas dan bawah modul peltier sebagai substrat untuk menghubungkan semua pasangan semikonduktor. Bahan keramik yang digunakan, seperti aluminium oksida (Al_2O_3), berfungsi sebagai isolator listrik sekaligus konduktor termal yang baik. Substrat ini juga berfungsi untuk menstabilkan dan melindungi struktur fisik elemen semikonduktor.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, jadi prinsip kerja elemen peltier didasarkan pada Efek Peltier, di mana arus listrik yang mengalir melalui dua bahan semikonduktor berbeda, yakni tipe n (elektron sebagai pembawa muatan utama) dan tipe p (lubang sebagai pembawa muatan utama) menyebabkan transfer panas. Pada gambar 2.2, ditunjukkan bahwa ketika elemen Peltier dialiri arus listrik, hal ini menyebabkan perbedaan suhu pada kedua sisi interkoneksi. Sisi interkoneksi yang dialiri arus dari semikonduktor tipe- n ke tipe- p akan menyerap kalor, sehingga mengalami pendinginan. Sebaliknya, sisi interkoneksi yang dialiri arus dari semikonduktor tipe- p ke tipe- n akan melepaskan atau mendisipasi kalor, sehingga mengalami pemanasan. Interkoneksi antara semikonduktor dalam elemen Peltier terbuat dari material konduktor, memungkinkan arus mengalir di kedua arah, berbeda

dengan dioda yang hanya memungkinkan arus mengalir dalam satu arah akibat adanya lapisan deplesi. (Umboh, 2012)



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Peltier

(Sumber: Umboh, 2012)

2.5 Radiator dan Kipas Elektrik

Untuk menjaga kinerja peltier tetap optimal, panas yang dihasilkan pada sisi panas harus dibuang secara efisien. Jika panas tidak dibuang, suhu pada sisi panas akan meningkat dan mengurangi kemampuan modul untuk mendinginkan sisi dingin. Maka dari itu pada penelitian ini kami menggunakan dan memadukan antara radiator dan kipas elektrik. Radiator merupakan komponen penting dalam sistem pendinginan mesin, yang berfungsi mentransfer panas dari cairan pendingin melalui proses perpindahan panas. Cairan yang telah mencapai suhu tinggi dialirkan ke dalam radiator, di mana panas tersebut disebarkan melalui sirip-sirip logam yang sudah dirancang untuk memperluas area permukaan, sehingga panas dapat berpindah dengan lebih efisien ke udara di sekitarnya (Ariyanto, et al., 2019).

Kemudian terdapat kipas elektrik yang digunakan untuk meningkatkan perpindahan panas dengan mempercepat sirkulasi udara di sekitar radiator. Tanpa kipas, proses perpindahan bisa lebih lambat dan kurang efisien, terutama dalam sistem pendinginan peltier ini di mana banyak panas harus dibuang dengan cepat. Kipas mengalirkan udara dingin di atas permukaan radiator

untuk menyerap lebih banyak panas dan mendorong udara panas menjauh dari sistem. Dengan demikian, kipas elektrik membantu menjaga radiator tetap dingin dan memastikan sisi panas dari modul peltier tetap pada suhu yang dapat dikelola.

2.6 Pompa

Pompa merupakan salah satu jenis mesin aliran fluida hidrolis yang berfungsi terutama untuk memindahkan fluida inkompresibel dari satu lokasi ke lokasi lainnya melalui jaringan perpipaan. Perpindahan aliran fluida terjadi akibat adanya perbedaan tekanan antara area masuk (suction) dan area keluar (discharge). Tenaga yang dihasilkan ini berguna untuk mengalirkan fluida sekaligus mengatasi hambatan yang muncul sepanjang proses pengaliran (Mustain, et al., 2020).

Jenis pompa yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa submersible. Pompa submersible merupakan jenis pompa sentrifugal bertingkat yang digerakkan oleh tenaga listrik pada permukaan. Prinsip operasionalnya adalah mengonversi energi kinetik, yang dihasilkan dari putaran, menjadi energi potensial. Energi potensial inilah yang kemudian digunakan untuk mendorong cairan dari sumber ke permukaan. Komponen impeller yang berputar dalam casing atau rumah pompa berperan penting dalam menghasilkan energi ini. Mekanisme kerja pompa submersible berbeda dari pompa jet, di mana pompa jet bekerja dengan menyedot dan kemudian mendorong air. Sebaliknya, pompa submersible langsung mendorong air ke atas (Khikmatulloh, et al., 2023).

Aplikasi pompa submersible sangat luas, mulai dari drainase, sistem sanitasi, pemompaan limbah, hingga pemindahan lumpur. Selain itu, pompa ini ideal untuk fluida dengan kekentalan tinggi, seperti minyak bumi dan lumpur, serta berbagai jenis cairan kental lainnya. Pompa submersible memiliki sejumlah keunggulan teknis yang menjadikannya pilihan unggul dalam sistem pemompaan fluida. Pertama, tingkat kebisingan yang dihasilkan sangat rendah karena unit pompa berada sepenuhnya terendam dalam media cair, sehingga suara teredam secara alami oleh lingkungan sekitarnya. Kedua, kebutuhan

perawatan pada pompa jenis ini relatif minimal, yang secara langsung menurunkan biaya operasional. Ketiga, keberadaannya di dalam cairan memberikan efek pendinginan alami pada motor, yang membantu mempertahankan performa optimal dan mencegah overheating. Keempat, desain konstruktif pompa ini tidak memerlukan penggunaan poros penggerak atau bantalan () yang panjang, sehingga mengeliminasi potensi keausan yang kerap menjadi masalah pada jenis jet pump konvensional (Khikmatulloh, et al., 2023).

2.7 Thermostat

Thermostat adalah perangkat yang mampu mendeteksi suhu suatu sistem, memungkinkan suhu tersebut dipertahankan mendekati titik setpoint yang diinginkan. Mekanisme ini bekerja dengan menyalakan atau mematikan elemen pemanas atau pendingin dalam sistem untuk mencapai suhu yang telah ditetapkan. Thermostat dapat mengontrol perangkat pemanas atau pendingin menggunakan komponen sensor yang berfungsi mengukur suhu. Hasil pengukuran ini digunakan untuk mengatur proses pemanasan atau pendinginan dalam sistem, serta mendukung penjadwalan suhu yang dapat diatur oleh thermostat yang dapat diprogram. Pada penelitian ini, modul STC-1000 digunakan sebagai thermostat, di mana modul ini memanfaatkan sensor suhu NTC untuk mendeteksi suhu pada sistem tersebut (Simamora & Siringo-ringo, 2023)



Gambar 2.3 Thermostat STC-1000

(Sumber: Simamora & Siringo-ringo, 2023)

Thermostat yang digunakan saat ini umumnya terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu Thermostat Mekanis dan Thermostat Elektronik. Thermostat Mekanis adalah sensor suhu kontak yang bekerja berdasarkan prinsip elektro-

mekanik, sementara Thermostat Elektronik menggunakan komponen elektronik untuk mendeteksi perubahan suhu. Dalam penelitian ini, jenis thermostat yang digunakan adalah thermostat elektronik digital, yaitu modul STC-1000. Thermostat digital ini dapat mendeteksi suhu sistem agar tetap mendekati suhu *set point* yang telah ditetapkan. Modul ini beroperasi secara digital dengan menggunakan *relay* sebagai komponen pengendali utama. Thermostat digital juga dilengkapi dengan *probe* sebagai sensor suhu, yang berfungsi untuk mengukur dan menstabilkan suhu. Jika suhu mencapai titik set yang telah diatur, *relay* akan aktif atau nonaktif sesuai mode operasi yang dipilih. (sebagai *heating* atau *cooling mode*). (Simamora & Siringo-ringo, 2023)

2.8 Perpindahan Kalor

Kalor merupakan salah satu bentuk energi yang dapat berpindah dari benda bersuhu lebih tinggi ke benda bersuhu lebih rendah ketika keduanya bersentuhan atau berada dalam jarak dekat. Ketika dua benda dengan perbedaan suhu bersinggungan, terjadi aliran kalor dari benda panas ke benda dingin (Haryono & Ekawati, 2002). Dalam sistem satuan internasional, kalor diukur dalam satuan *joule* (J). Kalor juga dikenal sebagai energi panas yang dimiliki oleh suatu zat, dan untuk mengukur kalor tersebut kita menggunakan termometer. Secara alami, energi panas atau kalor mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah karena benda bersuhu tinggi biasanya memiliki kandungan kalor yang lebih besar. Sebaliknya, benda bersuhu rendah mengandung lebih sedikit kalor. Besar atau kecilnya kalor pada suatu zat dipengaruhi oleh tiga faktor: massa zat, jenis zat (kalor jenis), dan perubahan suhu. Selain itu, kalor dapat memengaruhi kenaikan atau penurunan suhu suatu benda. Semakin tinggi kenaikan suhu, semakin banyak kalor yang diserap. Sebaliknya, jika kenaikan suhu kecil, kalor yang diterima juga akan sedikit (Salor, et al., 2023).

Ilmu perpindahan panas merupakan cabang kajian yang fokus pada analisis mendalam mengenai cara energi termal berpindah antar sistem atau material. Fenomena ini muncul sebagai akibat dari perbedaan temperatur

antara dua atau lebih titik atau objek, di mana energi panas secara alami mengalir dari wilayah bertemperatur lebih tinggi menuju wilayah dengan temperatur yang lebih rendah hingga tercapai kesetimbangan termal. (Utami & Azhar, 2017). Perpindahan kalor dapat berlangsung dengan 3 (tiga) cara, yaitu:

1. Perpindahan kalor konduksi

Perpindahan panas secara konduksi merupakan mekanisme transfer energi panas dari suatu wilayah bersuhu lebih tinggi menuju wilayah bersuhu lebih rendah melalui medium yang tidak mengalami perpindahan massa. Efisiensi perpindahan ini dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti luas area kontak antara dua permukaan, perbedaan temperatur awal di antara keduanya, serta nilai konduktivitas termal dari masing-masing material. Konduktivitas termal sendiri merepresentasikan sejauh mana suatu material mampu menghantarkan panas secara efisien. (Luqman, 2011)

2. Perpindahan kalor konveksi (Alami dan Paksa)

Konveksi merupakan mekanisme perpindahan energi panas yang terjadi akibat pergerakan fluida yang mengalami pemanasan. Fenomena ini bersifat sebagai proses perpindahan kalor yang dominan pada permukaan suatu material, sehingga karakteristik internal bahan tidak berpengaruh secara signifikan. Faktor yang paling menentukan dalam konveksi adalah kondisi permukaan material, lingkungan sekitarnya, serta orientasi permukaan tersebut. Umumnya, akibat adanya perpindahan panas melalui konduksi terlebih dahulu di dalam material, akan terjadi perbedaan suhu antara permukaan bahan dengan suhu media di sekelilingnya. (Luqman, 2011).

Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui 2 cara yaitu:

- a. Konveksi bebas/ konveksi alamiah, merupakan perpindahan kalor yang terjadi karena adanya perbedaan suhu dan densitas dalam fluida, tanpa bantuan tenaga eksternal. Misalnya, permukaan logam panas yang dibiarkan terbuka di udara, akan mentransfer panas ke udara di sekitarnya akibat perbedaan rapat massa dan suhu.
- b. Konveksi paksaan, Terjadi ketika perpindahan kalor dipengaruhi oleh adanya gaya luar, seperti kipas atau pompa, yang menggerakkan

fluida secara paksa. Contohnya adalah ketika permukaan logam panas didinginkan dengan hembusan udara dari kipas

3. Perpindahan kalor radiasi

Perpindahan panas radiasi merupakan mekanisme perpindahan energi panas yang terjadi melalui emisi gelombang elektromagnetik oleh suatu permukaan benda akibat temperatur yang dimilikinya. Proses ini tidak memerlukan medium perantara, sehingga energi panas dapat ditransmisikan bahkan dalam kondisi ruang hampa. Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan terjadi dalam rentang panjang gelombang tertentu, umumnya dalam spektrum inframerah, dan intensitasnya sangat bergantung pada suhu serta karakteristik permukaan benda tersebut. (Luqman, 2011). Contohnya ialah panas matahari yang sampai ke bumi.