

Adimada

turnitin_1.docx

-  No Repository 36
-  Business/Economics
-  Rct.tech1222

Document Details

Submission ID**trn:oid:::1:3279245762****Submission Date****Jun 18, 2025, 5:29 AM GMT+4:30****Download Date****Jun 18, 2025, 5:31 AM GMT+4:30****File Name****turnitin_1.docx****File Size****412.8 KB****46 Pages****7,704 Words****46,412 Characters**

19% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography

Top Sources

- 16%  Internet sources
- 4%  Publications
- 9%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 16% Internet sources
- 4% Publications
- 9% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	docplayer.info	1%
2	Internet	eprints.undip.ac.id	1%
3	Internet	repository.um-surabaya.ac.id	1%
4	Student papers	Universitas Andalas	1%
5	Student papers	Badan PPSPM Kesehatan Kementerian Kesehatan	<1%
6	Internet	www.coursehero.com	<1%
7	Internet	text-id.123dok.com	<1%
8	Student papers	Universitas Islam Indonesia	<1%
9	Student papers	Universitas Sebelas Maret	<1%
10	Student papers	Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Tengah	<1%
11	Internet	repository.upi.edu	<1%

12	Internet	repository.its.ac.id	<1%
13	Internet	repository.uph.edu	<1%
14	Internet	roboguru.ruangguru.com	<1%
15	Internet	eprints.umm.ac.id	<1%
16	Student papers	Sriwijaya University	<1%
17	Student papers	Universitas Pendidikan Ganesha	<1%
18	Internet	www.materipramuka.id	<1%
19	Student papers	St. Ursula Academy High School	<1%
20	Student papers	Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya	<1%
21	Internet	id.123dok.com	<1%
22	Internet	jurnal.unmuhjember.ac.id	<1%
23	Internet	jurnal.umj.ac.id	<1%
24	Internet	repository.ump.ac.id	<1%
25	Internet	es.scribd.com	<1%

26	Internet	lib.unnes.ac.id	<1%
27	Internet	pdfcoffee.com	<1%
28	Student papers	Syiah Kuala University	<1%
29	Internet	apa-itu.net	<1%
30	Internet	repository.polman-babel.ac.id	<1%
31	Internet	repository.um-palembang.ac.id	<1%
32	Internet	aatunhalu.wordpress.com	<1%
33	Internet	repository.itsk-soepraoen.ac.id	<1%
34	Internet	www.mastah.org	<1%
35	Internet	www.scilit.net	<1%
36	Internet	rekakecik02.blogspot.com	<1%
37	Internet	www.slideshare.net	<1%

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Demam adalah kondisi di mana suhu tubuh meningkat akibat infeksi atau peradangan, sebagai respons tubuh terhadap invasi mikroorganisme. Dalam proses ini, beberapa sel darah putih mengeluarkan senyawa kimia yang disebut pirogen endogen, yang berperan penting dalam melawan infeksi (Ayu, Irwanti, & Mulyanti, 2015). Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menyatakan bahwa jumlah kasus demam secara global berkisar antara 16 hingga 33 juta. Anak-anak adalah kelompok yang paling rentan mengalami demam, terutama di wilayah endemik, dengan insiden tinggi pada anak usia 5 hingga 19 tahun. Data Profil Kesehatan Indonesia tahun 2018 mencatat bahwa terdapat 109.021 kasus demam akibat infeksi, dengan angka kematian mencapai 871 jiwa. (Marlina, Immawati, & Nurhayati, 2023)

Pada kasus demam tinggi, penurunan suhu tubuh menjadi langkah penting untuk mencegah komplikasi lebih lanjut seperti dehidrasi dan lemas berlebihan hingga pingsan. Salah satu metode yang digunakan untuk menurunkan suhu saat demam adalah dengan kompres dingin. Meskipun metode tersebut efektif, penggunaannya terkadang tidak efisien karena efek dingin kompres tidak dapat diatur dengan presisi dan durasinya terbatas.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi termal berbasis Peltier telah menjadi salah satu inovasi yang dapat dimanfaatkan dalam kontrol suhu secara presisi. Efek Peltier bekerja berdasarkan prinsip termodinamika, di mana arus listrik yang melewati dua jenis material yang berbeda mampu menciptakan perbedaan suhu di kedua sisi perangkat. Sisi satu menghasilkan panas, sementara sisi lainnya menjadi dingin. Teknologi ini telah banyak diterapkan pada alat pendingin elektronik, namun potensinya untuk aplikasi medis, seperti alat kompres demam, masih belum banyak dikembangkan.

Penggunaan kompres berbasis Peltier menawarkan berbagai keunggulan dibandingkan metode konvensional. Pertama, suhu alat dapat diatur dan

dipertahankan pada tingkat tertentu, sehingga memberikan efek pendinginan yang stabil dan berkelanjutan pada pasien. Kedua, perangkat ini dapat disesuaikan untuk memberikan pendinginan lokal pada area tubuh tertentu, seperti dahi atau ketiak, yang merupakan titik utama untuk mengukur dan mengendalikan suhu tubuh. Dengan demikian, teknologi ini mampu mengoptimalkan perawatan pasien demam secara lebih efisien dan efektif.

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). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji performa alat kompres demam berbasis Peltier, khususnya dalam hal daya serap kalor serta stabilitas suhu yang dihasilkan. Uji coba alat ini dilakukan dengan pengaturan suhu yang berbeda-beda untuk melihat efektivitas penurunan suhu tubuh manusia dalam kurun waktu tertentu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performa alat kompres berbasis Peltier pada pengaturan suhu tertentu saat diuji tanpa manusia dibandingkan dengan saat digunakan pada manusia?
2. Seberapa besar perbedaan perubahan suhu yang terjadi pada alat kompres antara kondisi tanpa manusia dan dengan manusia pada rentang suhu 25°C hingga 21°C?
3. Berapa besar daya serap kalor alat kompres berbasis Peltier saat digunakan pada kondisi manusia dan tanpa manusia?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mengukur dan membandingkan performa alat kompres berbasis Peltier pada dua metode, yaitu tanpa manusia dan dengan manusia, berdasarkan perubahan suhu pada rentang 25°C hingga 21°C.
2. Menganalisis perbedaan grafik perubahan suhu yang dihasilkan oleh alat kompres dalam kondisi tanpa manusia dan dengan manusia.
3. Menghitung daya serap kalor alat kompres berbasis Peltier berdasarkan data perbandingan suhu antara kedua metode tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berfokus terhadap apa yang dituju, maka ada beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Alat kompres digunakan untuk menurunkan temperatur pada suhu badan manusia dengan sistem penurunan temperatur.
2. Proses pengambilan data pada eksperimen ini yaitu dengan menghitung daya serap kalor pada pengaturan temperatur yang sudah ditetapkan, yakni: 25°C, 24°C, 23°C, 22°C, dan 21°C
3. Eksperimen ini menggunakan 2 buah peltier, fluida air garam, dan radiator double fan
4. Menggunakan tegangan 12 volt

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah manfaat-manfaat dari penelitian ini:

1. Bagi mahasiswa, penelitian ini bermanfaat sebagai sumber pengetahuan dan wawasan dalam perancangan alat kompres berbasis peltier
2. Bagi institusi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, penelitian ini bermanfaat untuk menjadi referensi dalam pengembangan alat kompres berbasis peltier.

26

3. Bagi peneliti, penelitian ini memiliki manfaat untuk menambah wawasan dan sebagai pengalaman dalam bereksperimen alat kompres berbasis peltier.
4. Bagi khalayak umum, diharapkan alat kompres yang berhasil diciptakan bermanfaat dalam kehidupan terutama dalam dunia medis.

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, Muchtar, & Sudarwati, 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, Kevin, & Sereati, 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/of 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 $>38^{\circ}\text{C}$ ($100,4^{\circ}\text{F}$), suhu oral $>37,8^{\circ}\text{C}$, atau suhu aksila $>37,2^{\circ}\text{C}$ (99°F). Pada bayi di bawah usia 3 bulan, demam diindikasikan jika suhu rektal $>38^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada bayi di atas 3 bulan, demam ditandai dengan suhu aksila dan oral yang melebihi $38,3^{\circ}\text{C}$ (Susanti, 2012). Selain peningkatan suhu tersebut, gejala demam juga meliputi sakit kepala, berkeringat berlebihan, menggigil, kelelahan, nyeri otot, dan penurunan nafsu makan (Al-Qudsy, Kanona, & Alyawer, 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

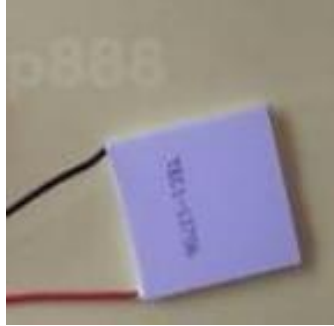
Demam adalah kondisi di mana suhu tubuh meningkat melampaui batas normal. Penyebab demam dapat bervariasi, termasuk adanya gangguan pada otak atau paparan toksin yang mempengaruhi pusat pengaturan suhu tubuh. Demam tinggi dapat menimbulkan risiko kesehatan, karena suhu tubuh optimal sangat penting agar 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, Muchtar, & Sudarwati, 2024)

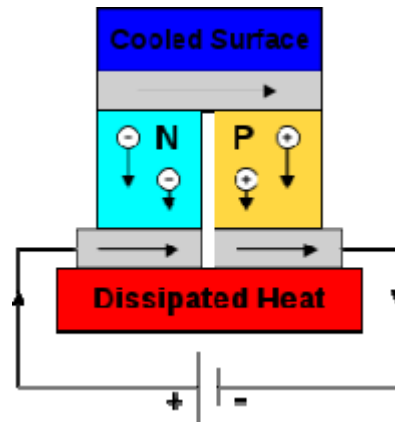


Gambar 2.1 Modul Peltier
(Sumber: Triyono,2024)

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, Arsana, & Ulum, 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 hidrolik 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, abdurohman, & Abdullah, 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, Ariansyah, & Surbakti, 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 (bearing) yang panjang, sehingga mengeliminasi potensi keausan yang kerap menjadi masalah pada jenis jet pump konvensional. (Khikmatulloh, Ariansyah, & Surbakti, 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 setpoint 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, Diana, Azizah, & Vitara, 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.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

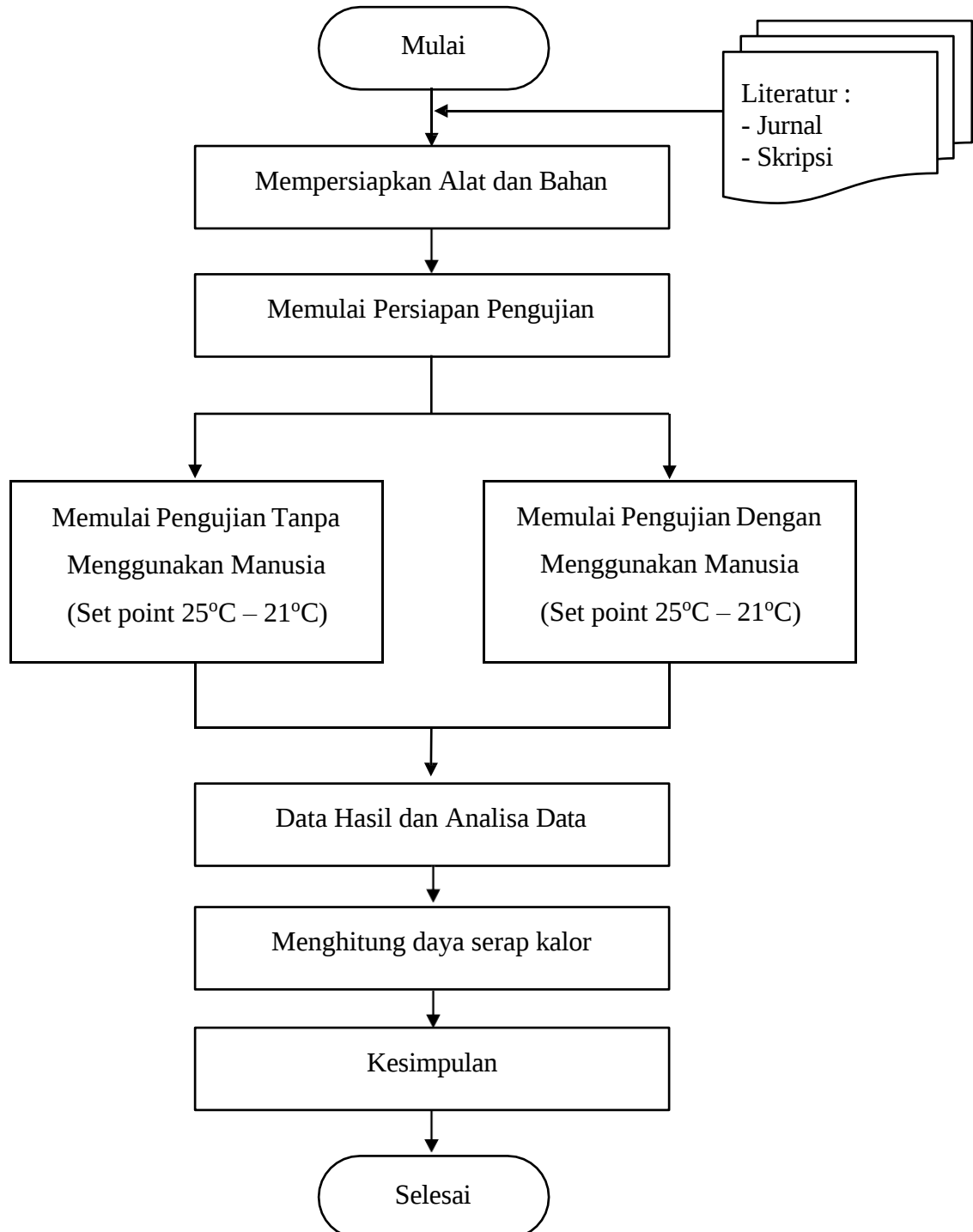
3.1 Metodologi Eksperimen

Penelitian eksperimen berawal dari eksperimen di bidang psikologi yang dimulai pada akhir abad ke-19 hingga awal abad ke-20. Metode penelitian eksperimen adalah salah satu pendekatan dalam penelitian kuantitatif yang bertujuan untuk mengkaji hubungan sebab-akibat. Pendekatan ini dilakukan dengan memanipulasi satu atau lebih variabel dalam kelompok eksperimen, lalu membandingkan hasilnya dengan kelompok kontrol yang tidak mengalami perlakuan atau manipulasi (Payadnya, Andre, & Trisna, 2018). Proses memilih jenis perlakuan dan menentukan metode dalam pengaplikasian perlakuan pada kelompok eksperimen serta pengaturan unit eksperimen dikenal sebagai perancangan atau desain eksperimen. Tujuan dari prosedur eksperimen adalah untuk mengamati pengaruh, hubungan, atau perubahan pada variabel tertentu terhadap variabel lainnya (Lusiana, Dewi, & Mahmudi, 2021).

Pada Penelitian ini bereksperimen dengan dua metode yakni metode tanpa beban (manusia) dan metode dengan beban (manusia). Pada metode tanpa beban, sistem diuji dalam kondisi tanpa pengaruh dari suhu tubuh manusia, sehingga memungkinkan efektivitas perubahan suhu hanya berdasarkan pengaturan sistem kompres itu sendiri. Pengaturan suhu atau set point dalam metode ini dimulai dari 25°C hingga 21°C. Lalu pada metode dengan beban, menguji alat kompres saat diaplikasikan pada manusia, memungkinkan pengamatan alat kompres berinteraksi dengan suhu tubuh manusia. Pada metode ini, sistem kompres beroperasi pada set point yang sama (25°C hingga 21°C). Dengan membandingkan kedua metode eksperimen ini, dapat terlihat performa termal dari alat kompres berbasis peltier dipengaruhi oleh interaksi dengan tubuh manusia dibandingkan dengan kondisi ideal tanpa pengaruh eksternal.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir yang menggambarkan tahapan proses yang akan dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.3 Set Up Experiment

Pada Set Up Experiment ini, menggambarkan rancangan dari alat kompres demam berbasis peltier. Selain itu set up experiment juga menggambarkan simulasi dari tahap pengujian yang dilakukan. Pada penelitian ini terdapat siklus panas dan siklus dingin, yang dimana siklus panas membawa dan mengalirkan air panas yang berasal dari peltier ke radiator untuk dibuang. Sedangkan, pada siklus dingin membawa dan mengalirkan air dingin ke waterblock untuk ditranfer dingin nya ke subjek. Untuk mengambil datanya suhu, kami menggunakan sensor suhu thermocouple. Fungsi Thermocouple untuk mengukur suhu dengan cepat dan akurat dengan mengonversi suhu menjadi sinyal listrik yang dapat dipantau atau direkam, Pada penelitian ini terdapat 4 titik data pengujian yang akan diambil datanya dengan sensor suhu (thermocouple):

1. Peltier

Pada eksperimen ini, peltier berfungsi sebagai pendingin air yang digunakan kepada subjek (Manusia)

2. Reservoir Panas

Sebagai tempat menampung air pada siklus panas dan sebagai penampung air yang berasal dari sisi panas peltier yang akan dialirkan ke radiator.

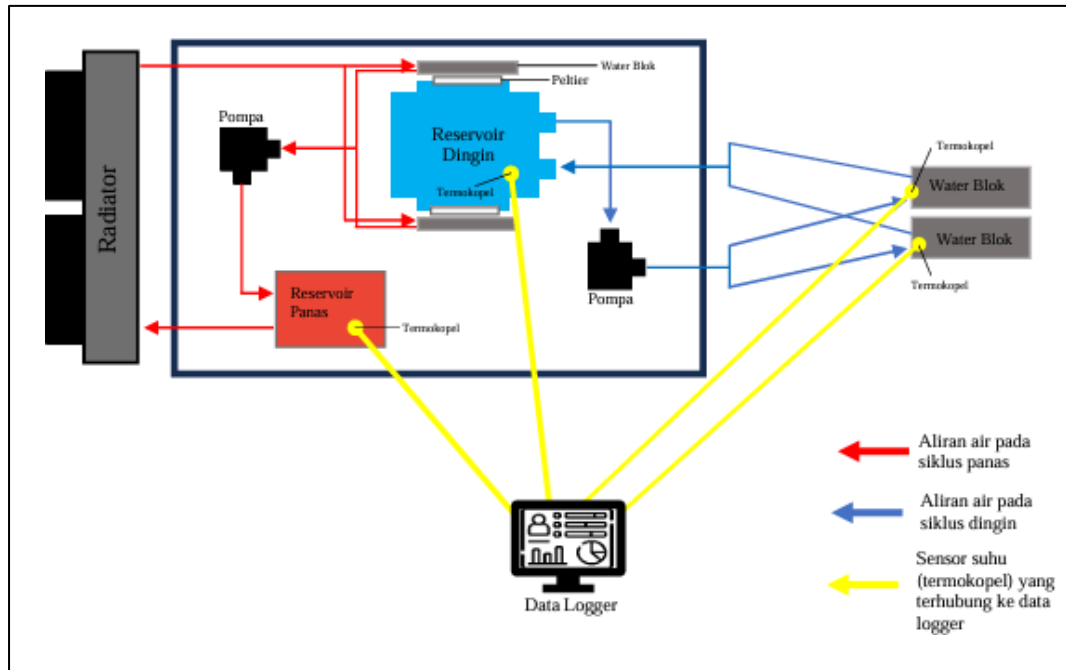
3. Reservoir Dingin

Sebagai tempat menampungnya air pada siklus dingin. Air dingin berasal dari peltier pada sisi dingin dan akan dialirkan ke waterblock.

4. Waterblock

Waterblock berfungsi untuk mentransfer dingin dari peltier ke subjek (manusia)

Adapaun untuk menggambarkan set up experiment yang dilakukan pada penelitian ini, dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.2 Set Up Experiment

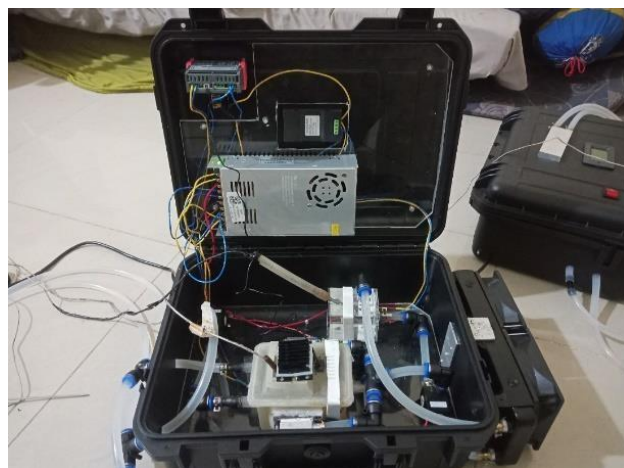
3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan

3.4.1 Alat yang Digunakan

Berikut ini adalah alat-alat yang digunakan dalam eksperimen ini:

1. Alat Kompres Berbasis Peltier

Alat kompres ini berfungsi untuk menghasilkan suhu dingin secara cepat dan konstan untuk mengurangi demam. Alat kompres ini bekerja dengan cara mendinginkan air yang terdapat di reservoir dengan memanfaatkan peltier, lalu mendistribusikan ke waterblock untuk digunakan pada ketiak pasien.



Gambar 3.3 Alat Kompres Demam Berbasis Peltier

2. Pompa

Pompa berfungsi untuk mengalirkan air pada rangkaian alat. Jenis pompa yang digunakan pada penelitian ini adalah submersible pump 12V



Gambar 3.4 Pompa

3. Radiator

Radiator berfungsi untuk membuang panas dari sistem peltier agar suhu tetap stabil dan tidak terjadi overheat



Gambar 3.5 Radiator

4. Power Supply

Power supply berfungsi sebagai sumber daya untuk menjalankan sistem dari alat kompres. Spesifikasi dari power supply yang digunakan adalah tegangan input 100-240V AC, tegangan output 12V DC, dan arus output maksimum 20A. Sehingga power supply ini memiliki kapasitas 240W.



Gambar 3.6 *Power Supply*

5. *Power Monitor*

Power monitor berfungsi untuk membaca daya yang dikonsumsi oleh sistem kompres aktif.



Gambar 3.7 *Power Monitor*

6. *Thermostat*

Thermostat berfungsi sebagai pengukur suhu sistem dan menjaganya tetap di titik yang diinginkan.



Gambar 3.8 *Thermostat*

7. *Thermocouple*

Berfungsi sebagai sensor suhu yang ditempatkan di berbagai titik dalam sistem. Jenis *thermocouple* yang digunakan adalah Pt100



Gambar 3.9 *Thermocouple*

8. *Data Logger*

Data logger berfungsi untuk mencatat data dari waktu ke waktu yang terintegrasi dengan sensor data yakni thermocouple.



Gambar 3.10 *Data Logger*

3.4.2 Bahan yang Digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam eksperimen ini sebagai berikut:

1. Air

Air digunakan untuk mengalirkan panas dari sistem peltier yang sedang bekerja ke radiator.

2. Air garam

Air garam digunakan untuk mendinginkan subjek. Air garam dipilih karena pada penelitian sebelumnya, air garam merupakan fluida yang paling efektif dalam mendinginkan

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Energi Baru Terbarukan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan berikut ini adalah prosedur penelitiannya:

1. Menyiapkan alat dan bahan eksperimen yaitu alat kompres, *thermocouple*, *data logger*, air, dan air garam.
2. Memastikan seluruh komponen pada alat kompres sudah terpasang dengan baik.
3. Mengisi reservoir panas dengan air
4. Mengisi reservoir dingin dengan air garam
5. Menyalakan alat kompres agar fluida bergerak, lalu isi kembali kedua reservoir sampai seluruh rangkaian penuh terisi.
6. Memasang 4 buah *thermocouple* ke *data logger*, lalu nyalakan dan setting *data logger*
7. Memasukan *thermocouple* pada titik-titik yang sudah ditentukan, yakni reservoir dingin, reservoir panas, *waterblock 1*, dan *waterblock 2*
8. Mengatur thermostat pada suhu 25°C dan catat waktu untuk memulai pengujian
9. Mengamati dan mencatat data yang didapatkan pada *data logger* selama 60 menit
10. Mengulangi langkah 8-9 untuk suhu 24°C, 23°C, 22°C, dan 21°C. Dan berikan waktu 15 menit setiap pergantian pengaturan suhu untuk *coolingdown* alat kompres.
11. Mengambil data menggunakan USB pada *data logger*
12. Mematikan alat kompres
13. Mengolah data dan pembuatan grafik
14. Selesai dan rapihkan alat dan bahan eksperimen

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Eksperimen

Pada eksperimen ini, kami mengukur besar temperatur menggunakan sensor yakni termokopel. Kami menggunakan empat buah termokopel yang setiap termokopelnya kami pasang pada empat tempat yang berbeda, yakni: *waterblock* 1 yang kita namakan sebagai PASIEN 1, *waterblock* 2 sebagai PASIEN 2, *reservoir* panas sebagai R.PANAS, dan *reservoir* dingin sebagai R.DINGIN. Lalu kami memasang setiap termokopel ke data logger untuk membaca perubahan temperatur pada setiap menitnya, yang dimana pada eksperimen ini kami mengambil data perubahan suhu selama satu jam pada setiap pengaturan suhu yang sudah kami tetapkan untuk pengujian yaitu 25°C, 24°C, 23°C, 22°C, dan 21°C. Pada eksperimen ini, terdapat dua metode yang digunakan yakni metode tanpa beban, dan metode dengan beban.

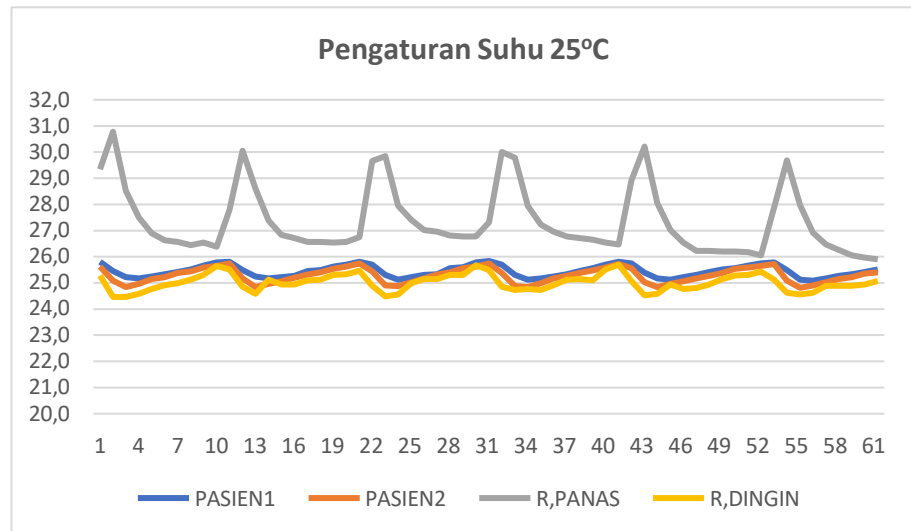
4.1.1 Hasil Eksperimen Tanpa Beban

Metode tanpa beban adalah metode pengambilan data yang dimana *waterblock* tidak digunakan atau ditempel ke tubuh manusia. Untuk membuat temperatur pada *waterblock* tidak terpengaruh oleh temperatur luar, maka *waterblock* kami isolasi dengan menggunakan sterofoam setebal 4cm untuk mencegah adanya temperatur yang masuk ataupun temperatur yang keluar.

Pada eksperimen ini kami menggunakan lima pengaturan suhu, yakni 25°C, 24°C, 23°C, 22°C, dan 21°C. Pada setiap pengaturan, kami mengambil data perubahan suhu setiap menit selama satu jam atau 60 menit. Data yang kami dapatkan, kemudian kami visualisasikan menggunakan grafik. Berikut adalah grafik-grafik perubahan suhu pada empat tempat yang dapat dilihat dibawah ini.

1. Pengaturan Suhu 25°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode tanpa beban pada *set point* 25°C yang dapat dilihat pada gambar 4.1

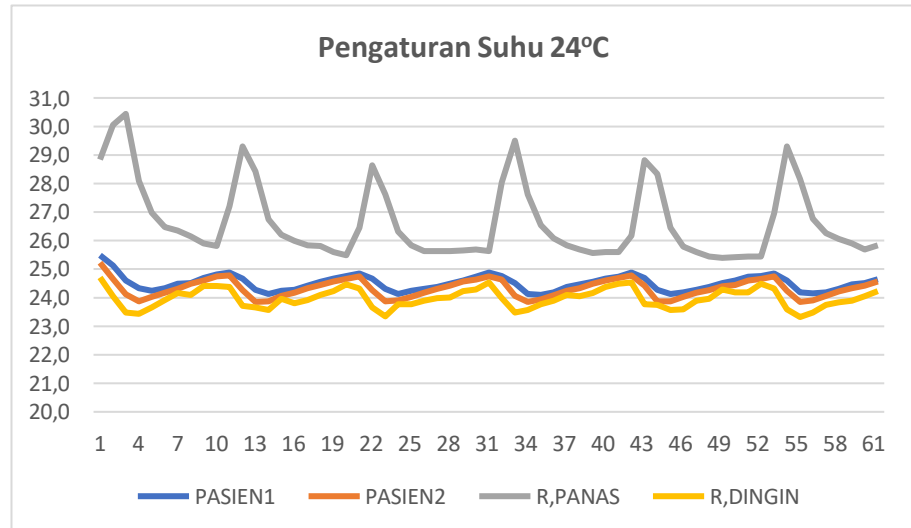


Gambar 4.1 Grafik Hasil Eksperimen Metode Tanpa Beban Pada *Set Point* 25°C

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 25,4 °C, PASIEN 2 adalah 25,3 °C, R.PANAS adalah 25,0 °C, dan R.DINGIN adalah 25,4 °C.

2. Pengaturan Suhu 24°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode tanpa beban pada *set point* 24°C yang dapat dilihat pada gambar 4.2

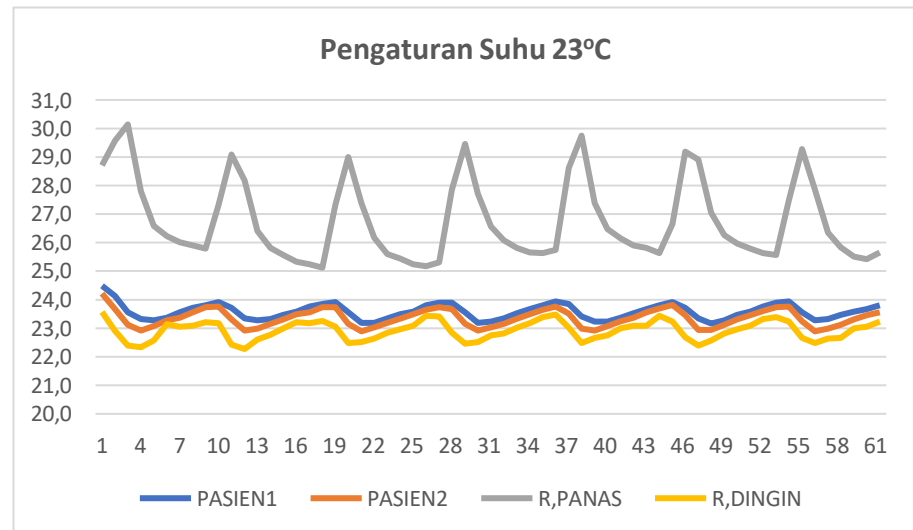


Gambar 4.2 Grafik Hasil Eksperiment Metode Tanpa Beban Pada *Set Point 24°C*

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 24,5°C, PASIEN 2 adalah 24,3 °C, R.PANAS adalah 26,7°C, dan R.DINGIN adalah 24,0°C.

3. Pengaturan Suhu 23°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode tanpa beban pada *set point 23°C* yang dapat dilihat pada gambar 4.3

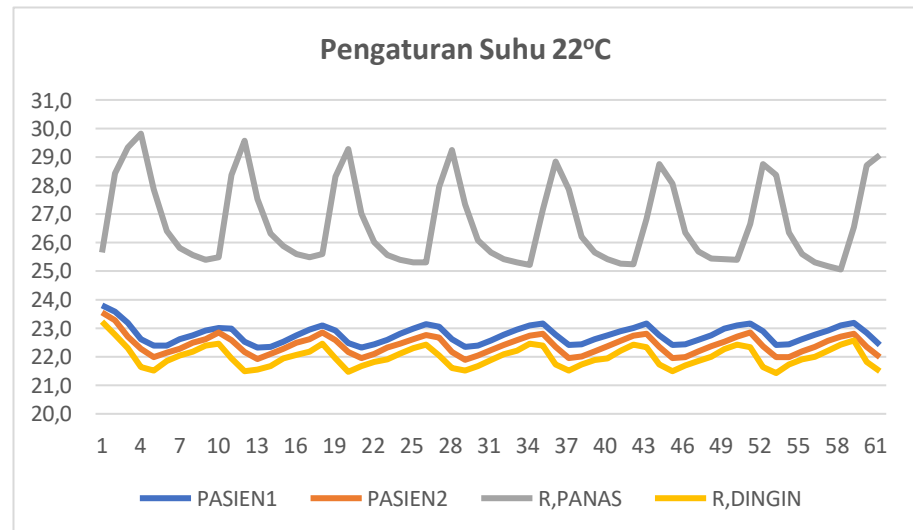


Gambar 4.3 Grafik Hasil Eksperiment Metode Tanpa Beban Pada Set Point 23°C

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 23,6 °C, PASIEN 2 adalah 23,4 °C, R.PANAS adalah 26,8 °C, dan R.DINGIN adalah 22,9 °C.

4. Pengaturan Suhu 22°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode tanpa beban pada set point 22°C yang dapat dilihat pada gambar 4.4

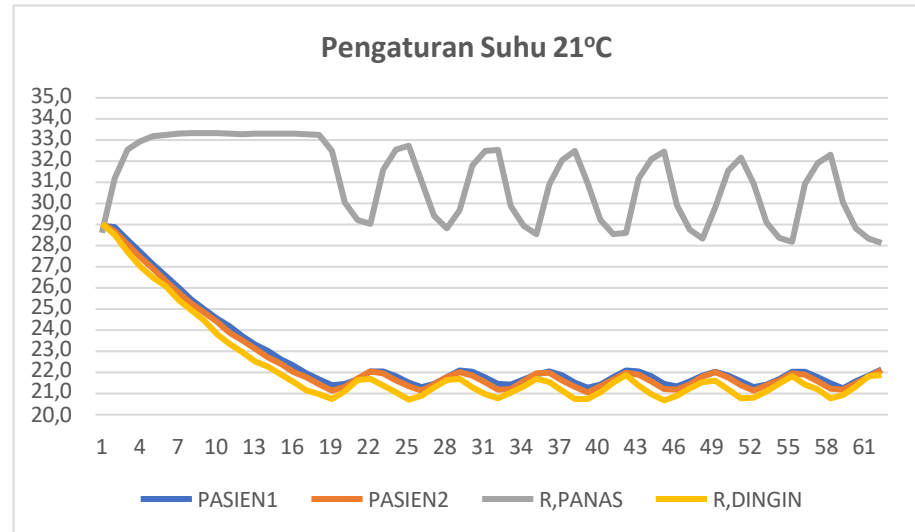


Gambar 4.4 Grafik Hasil Eksperiment Metode Tanpa Beban Pada Set Point 22°C

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 22,8 °C, PASIEN 2 adalah 22,4 °C, R.PANAS adalah 26,7 °C, dan R.DINGIN adalah 22,0 °C.

5. Pengaturan Suhu 21°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode tanpa beban pada set point 21°C yang dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Hasil Eksperiment Metode Tanpa Beban Pada Set Point 21°C

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 22,7 °C, PASIEN 2 adalah 22,5 °C, R.PANAS adalah 31,1°C, dan R.DINGIN adalah 22,2 °C.

Grafik-grafik di atas menggambarkan fluktuasi suhu yang terjadi pada empat titik pengukuran yang ada, yaitu Pasien 1, Pasien 2, Reservoir Panas, dan Reservoir Dingin selama eksperimen pengaturan suhu. Pengaturan suhu sendiri dilakukan secara bertahap, dari 25°C hingga 21°C. Dari grafik-grafik yang sudah disajikan di atas, dapat dilihat bahwa perubahan suhu yang terjadi pada reservoir panas memiliki pola naik turun yang signifikan dibandingkan dengan tiga titik lainnya, yaitu PASIEN 1, PASIEN 2, dan reservoir dingin. Hal ini terjadi karena sifat termal dari waterblock dan reservoir panas yang bertindak sebagai penyerap pelepas kalor dalam jumlah yang konstan. Adanya puncak-puncak suhu pada reservoir panas menunjukkan proses pelepasan kalor yang terjadi saat siklus pendinginan terjadi. Sebaliknya, reservoir dingin menunjukkan kestabilan suhu yang lebih konsisten, dengan fluktuasi

yang kecil sebanyak satu titik, mengindikasikan kapasitas Peltier dalam mempertahankan suhu dingin.

Grafik di atas juga menunjukkan bahwa ada hubungan linear yang erat antara stabilitas suhu pada R.DINGIN dengan kondisi suhu pada PASIEN 1 dan PASIEN 2. Ketika reservoir panas (R.PANAS) mengalami lonjakan suhu, reservoir dingin tetap mampu menjaga kestabilan, menunjukkan efisiensi sistem Peltier dalam mendistribusikan daya termal.

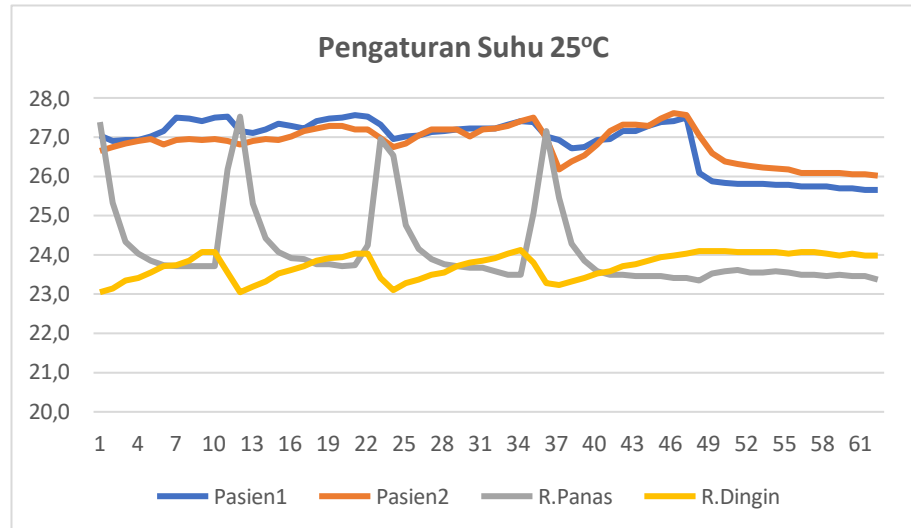
4.1.2 Hasil Eksperimen Dengan Beban

Metode dengan beban adalah metode pengambilan data yang dimana waterblock digunakan atau ditempel ke tubuh manusia. Pada tubuh manusia, kami memilih bagian ketiak sebagai tempat ditempelkannya waterblock, karena bagian pengukuran dibagian ketiak adalah yang paling mudah dan juga minim efek samping.

Pada eksperimen ini kami menggunakan lima pengaturan suhu, yakni 25°C, 24°C, 23°C, 22°C, dan 21°C. Pada setiap pengaturan, kami mengambil data perubahan suhu setiap menit selama satu jam atau 60 menit. Data yang kami dapatkan, kemudian kami visualisasikan menggunakan grafik. Berikut adalah grafik-grafik perubahan suhu pada empat tempat yang dapat dilihat dibawah ini.

1. Pengaturan Suhu 25°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode dengan beban pada *set point* 25°C yang dapat dilihat pada gambar 4.6

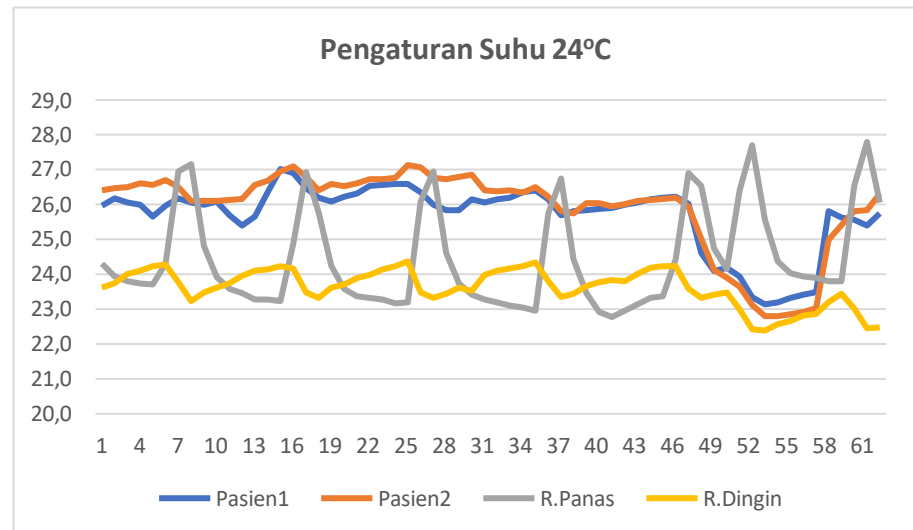


Gambar 4.6 Grafik Hasil Eksperiment Metode Dengan Beban Pada *Set Point* 25°C

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 26,9 °C, PASIEN 2 adalah 26,8 °C, R.PANAS adalah 24,1 °C, dan R.DINGIN adalah 23,7 °C.

2. Pengaturan Suhu 24°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode dengan beban pada *set point* 24°C yang dapat dilihat pada gambar 4.7

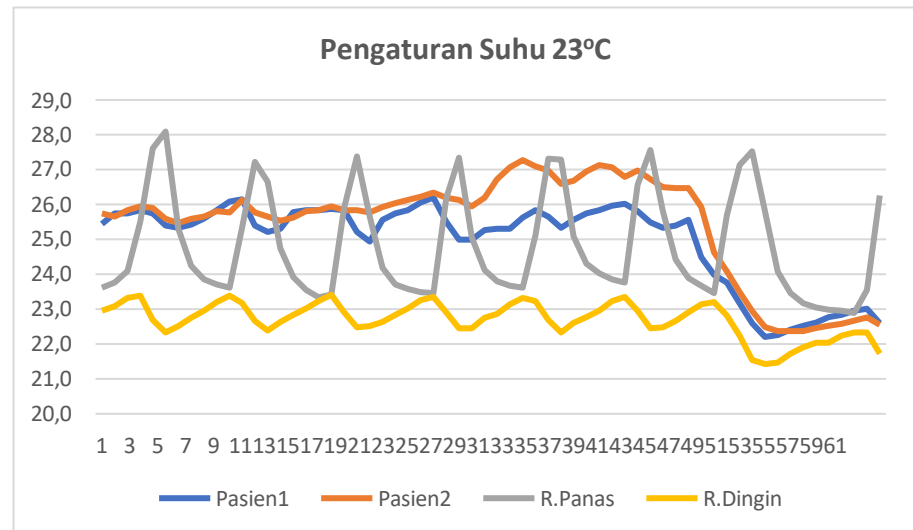


Gambar 4.7 Grafik Hasil Eksperiment Metode Dengan Beban
Pada *Set Point* 24°C

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 25,7 °C, PASIEN 2 adalah 25,9 °C, R.PANAS adalah 24,4 °C, dan R.DINGIN adalah 23,6 °C.

3. Pengaturan Suhu 23°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode dengan beban pada *set point* 23°C yang dapat dilihat pada gambar 4.8

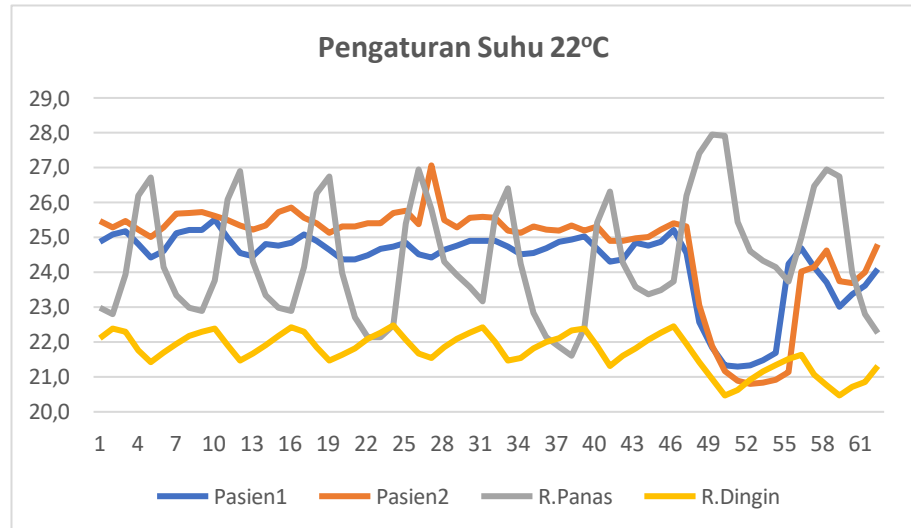


Gambar 4.8 Grafik Hasil Eksperiment Metode Dengan Beban
Pada *Set Point* 23°C

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 25,0 °C, PASIEN 2 adalah 25,4 °C, R.PANAS adalah 24,8 °C, dan R.DINGIN adalah 22,7 °C.

4. Pengaturan Suhu 22°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode dengan beban pada *set point* 22°C yang dapat dilihat pada gambar 4.9

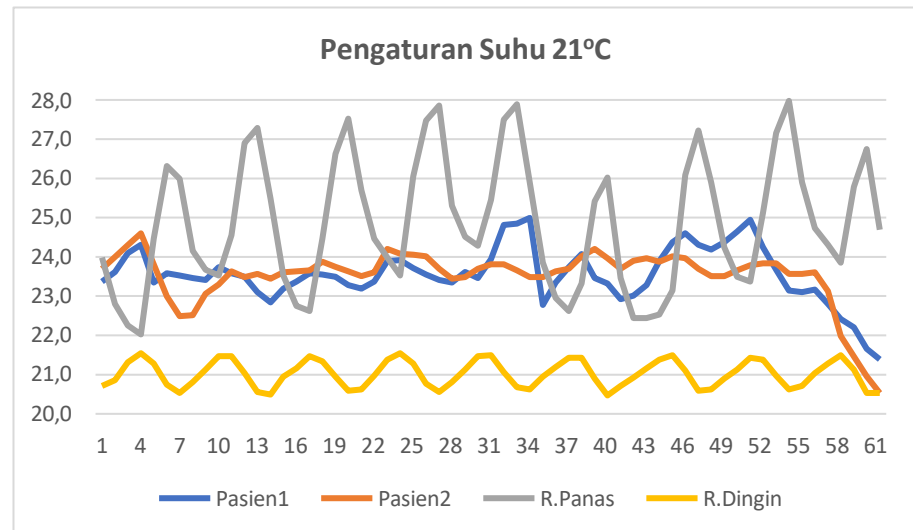


Gambar 4.9 Grafik Hasil Eksperiment Metode Dengan Beban Pada *Set Point* 22°C

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 24,3 °C, PASIEN 2 adalah 24,7°C, R.PANAS adalah 24,4 °C, dan R.DINGIN adalah 21,7 °C.

5. Pengaturan Suhu 21°C

Berikut ini adalah grafik dari hasil pengambilan data perubahan suhu alat kompres demam dalam 60 menit pada metode dengan beban pada *set point* 21°C yang dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Grafik Hasil Eksperiment Metode Dengan Beban Pada Set Point 21°C

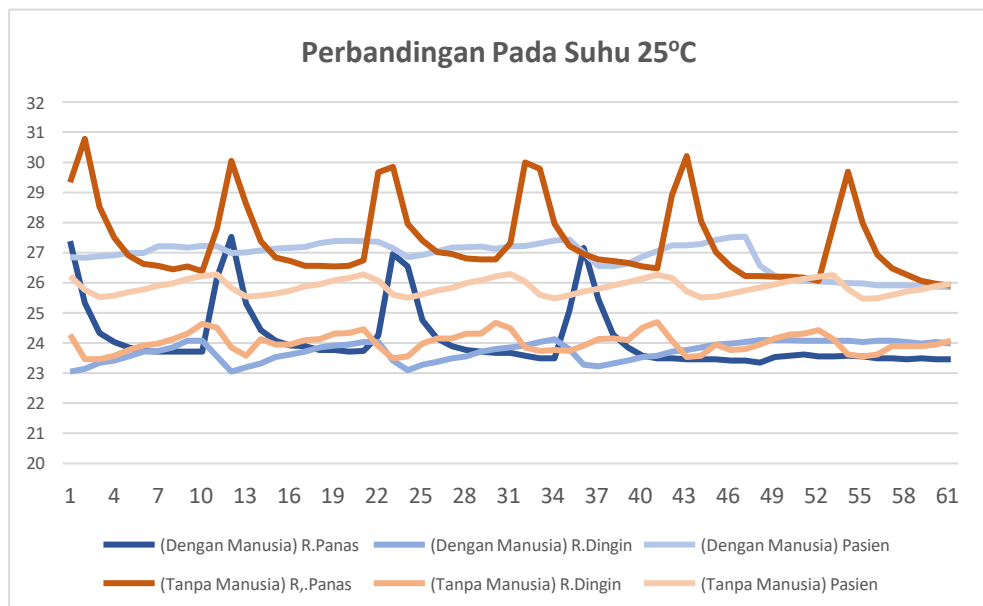
Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, berikut ini adalah nilai rata-rata dari setiap titik pengujian. Nilai rata-rata dari PASIEN 1 adalah 23,6 °C, PASIEN 2 adalah 23,5 °C, R.PANAS adalah 24,8 °C, dan R.DINGIN adalah 21,0 °C.

Pada grafik-grafik diatas menunjukkan bahwa temperatur pada PASIEN 1 dan PASIEN 2 cenderung lebih tinggi dibandingkan eksperimen tanpa beban hal ini menunjukkan bahwa transfer panas antara waterblock dan tubuh manusia terjadi secara signifikan, sehingga menyebabkan kenaikan suhu yang lebih besar dibandingkan kondisi tanpa beban. Perbedaan suhu antara PASIEN 1 dan PASIEN 2 mencerminkan variasi kecil dalam kontak atau tekanan waterblock terhadap kulit, yang dapat memengaruhi efisiensi perpindahan kalor. Lalu pada reservoir panas (R.PANAS) menunjukkan fluktuasi yang lebih teredam dibandingkan grafik pada metode tanpa beban. Hal ini mengindikasikan bahwa tubuh manusia memberikan kontribusi dalam menyerap sebagian panas yang dilepaskan oleh sistem. Sebaliknya, reservoir dingin (R.DINGIN) menunjukkan pola fluktuasi yang tetap stabil di bawah suhu target, hal ini menunjukkan bahwa sisi dingin sistem

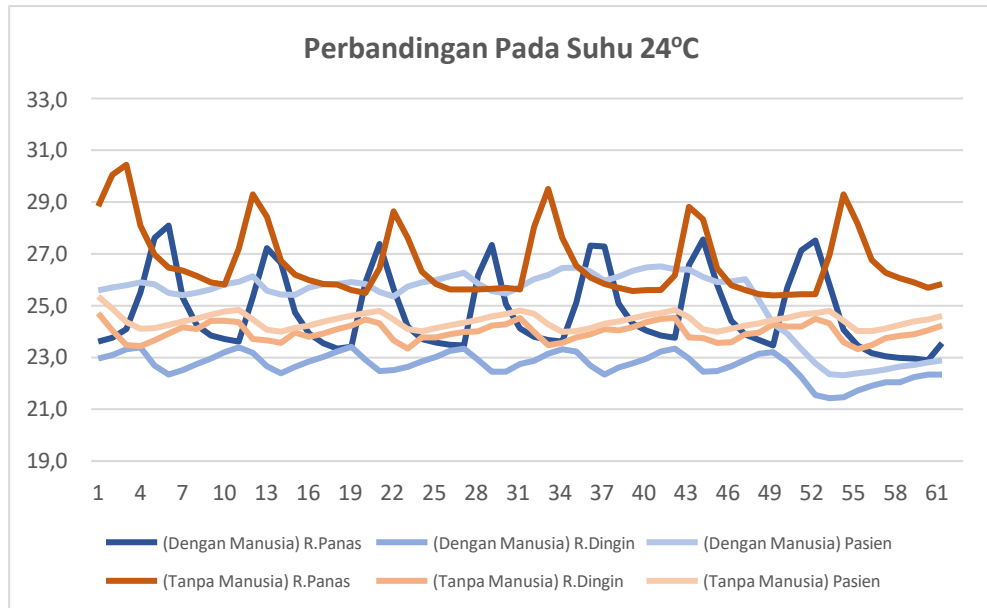
tetap bekerja secara efektif untuk menjaga suhu target, meskipun terjadi kontak langsung dengan tubuh manusia.

4.2 Perbandingan Percobaan Dengan Beban dan Tanpa Beban

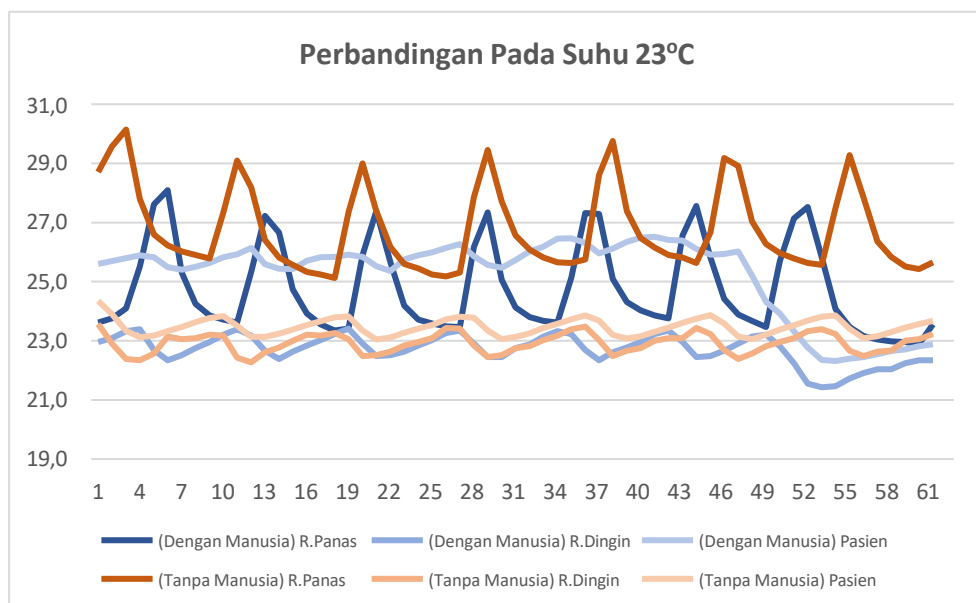
Kemudian pada eksperimen ini kami membandingkan perubahan temperatur pada kedua metode yakni metode tanpa manusia dan metode dengan manusia. Perbandingan ini bertujuan untuk melihat seberapa besar perbedaan yang terjadi pada kedua metode yang berbeda tersebut. Untuk memudahkan dalam visualisasi, kami menyajikan data tersebut dengan grafik yang dapat dilihat pada grafik-grafik dibawah ini.



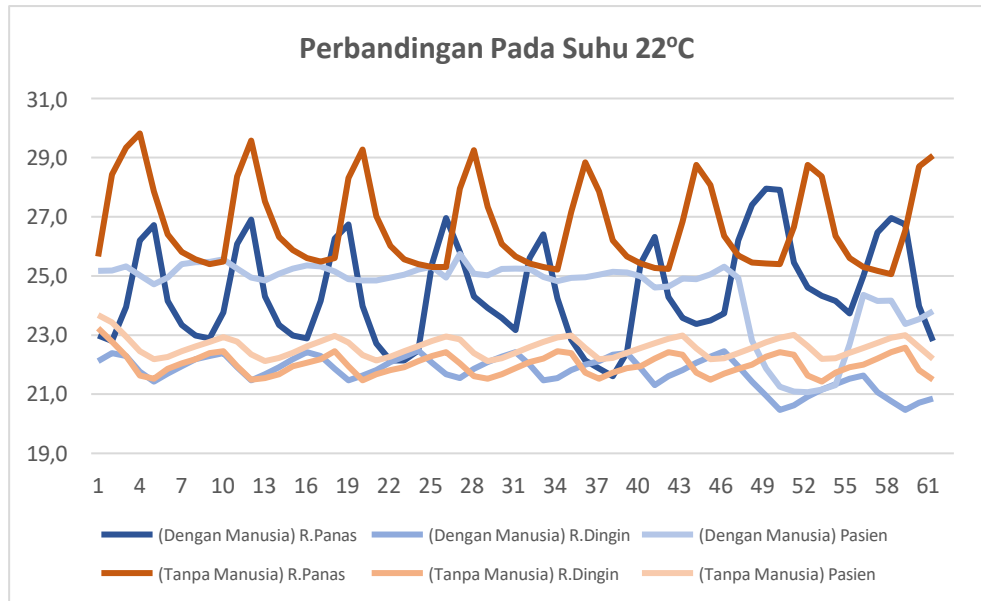
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Pada Set Point 25°C



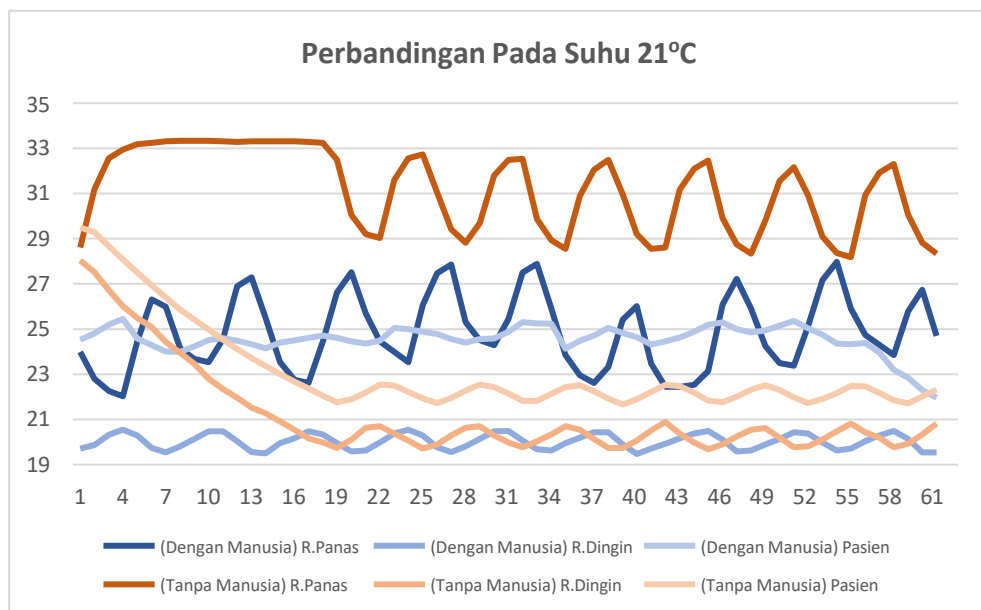
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Pada *Set Point* 24°C



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Pada *Set Point* 23°C



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Pada *Set Point* 22°C



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Pada *Set Point* 21°C

Berdasarkan grafik-grafik perbandingan diatas, suhu pada reservoir panas (R.PANAS) menunjukkan perubahan yang signifikan pada kedua metode. Suhu reservoir panas tanpa beban memiliki nilai puncak yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode dengan beban. Hal ini menunjukkan bahwa pada metode tanpa beban, pelepasan panas dari modul Peltier lebih sulit terdisipasi karena tidak adanya transfer panas ke tubuh manusia. Kehadiran beban tubuh

manusia membantu menyerap sebagian panas, sehingga suhu reservoir panas cenderung lebih rendah dan stabil. Kemudian, Suhu pada reservoir dingin (R.DINGIN) menunjukkan pola yang lebih stabil pada metode dengan beban sedangkan pada metode tanpa beban suhu sedikit lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya kontak langsung dengan tubuh manusia yang meningkatkan konduksi panas, sehingga suhu pada sisi dingin lebih sulit turun drastis. Stabilitas ini menunjukkan bahwa metode dengan beban memiliki efek penyeimbangan panas yang lebih baik pada sisi dingin.

Pada metode dengan beban, suhu rata-rata di area pasien stabil lebih tinggi dari suhu set point. Perubahan suhu pasien cenderung minim, yang menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan suhu yang relatif konstan di area kontak dengan tubuh manusia. Sebaliknya, pada metode tanpa beban, suhu cenderung lebih rendah, karena tidak ada transfer panas dari tubuh manusia ke waterblock. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa adanya beban tubuh manusia memengaruhi stabilitas suhu secara langsung melalui mekanisme transfer kalor.

4.3 Perhitungan Daya Serap Kalor

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya serap kalor dari alat kompres yang dibuat. Untuk mengetahui daya serap kalor dari alat kompres dengan hukum termodinamika pada konsep kalor yang diserap atau dilepaskan yang dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

Yang dimana m adalah masa zat yang di dingin kan, yakni air garam sebanyak 0,8 kg. Lalu, c adalah kapasitas kalor spesifik larutan (air garam), yakni 3800 J/kg°C. Dan ΔT adalah perubahan suhu yang dihitung sebagai perbedaan suhu awal (reservoir dingin) dengan suhu aktual (*waterblock* pasien). Setelah mendapatkan nilai kalor (Q), selanjutnya adalah menghitung daya serap kalor menggunakan rumus dibawah ini:

$$P = \frac{Q}{t}$$

Yang dimana t adalah waktu perubahan suhu, yakni 60 detik. Sehingga rumus daya serap kalor dapat dinyatakan menjadi seperti dibawah ini:

$$P = \frac{m \times c \times \Delta T}{t}$$

Untuk menghitung daya serap kalor, dibutuhkan beberapa nilai data suhu dari setiap set point suhu pada kedua metode. Data yang dibutuhkan adalah nilai rata-rata suhu dari waterblock dan reservoir dingin yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Data yang Dibutuhkan Untuk Perhitungan

Set Point	Suhu (°C)			
	Metode Tanpa Beban		Metode Dengan Beban	
	Reservoir Dingin	Waterblock	Reservoir Dingin	Waterblock
25	25,0	25,4	23,7	26,9
24	24,0	24,4	23,6	25,8
23	22,9	23,5	22,7	25,2
22	22,0	22,6	21,7	24,5
21	22,2	22,6	21,0	23,5

Berikut ini adalah perhitungan daya serap dari setiap set point berdasarkan data yang diperoleh pada tabel atas:

1. Set Point Suhu 25°C

a. Daya Pendinginan Tanpa Beban

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(25,4-25,0)}{60} = 20,27 \text{ W}$$

b. Daya Pendinginan Dengan Beban

$$Q_2 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(26,9-23,7)}{60} = 162,13 \text{ W}$$

c. Daya Pendinginan yang Diserap Tubuh

$$Q_{total} = Q_2 - Q_1 = 20,27 - 162,13 = 141,87 \text{ W}$$

2. Set Point Suhu 24°C

a. Daya Pendinginan Tanpa Beban

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(24,4-24,0)}{60} = 20,27 \text{ W}$$

b. Daya Pendinginan Dengan Beban

$$Q_2 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(25,8-23,6)}{60} = 111,47 \text{ W}$$

- c. Daya Pendinginan yang Diserap Tubuh

$$Q_{total} = Q_2 - Q_1 = 20,8 - 111,47 = 91,20 \text{ W}$$

3. Set Point Suhu 23°C

- a. Daya Pendinginan Tanpa Beban

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(23,5 - 22,9)}{60} = 30,40 \text{ W}$$

- b. Daya Pendinginan Dengan Beban

$$Q_2 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(25,2-22,7)}{60} = 126,67 \text{ W}$$

- c. Daya Pendinginan yang Diserap Tubuh

$$Q_{total} = Q_2 - Q_1 = 30,40 - 126,67 = 96,27 \text{ W}$$

4. Set Point Suhu 22°C

- a. Daya Pendinginan Tanpa Beban

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(22,6-22,0)}{60} = 30,40 \text{ W}$$

- b. Daya Pendinginan Dengan Beban

$$Q_2 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(24,5-21,7)}{60} = 141,87 \text{ W}$$

- c. Daya Pendinginan yang Diserap Tubuh

$$Q_{total} = Q_2 - Q_1 = 30,40 - 141,87 = 111,47 \text{ W}$$

5. Set Point Suhu 21°C

- a. Daya Pendinginan Tanpa Beban

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(22,6-22,2)}{60} = 20,27 \text{ W}$$

- b. Daya Pendinginan Dengan Beban

$$Q_2 = m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,8 \times 3800 \times \frac{(23,5-21,0)}{60} = 126,67 \text{ W}$$

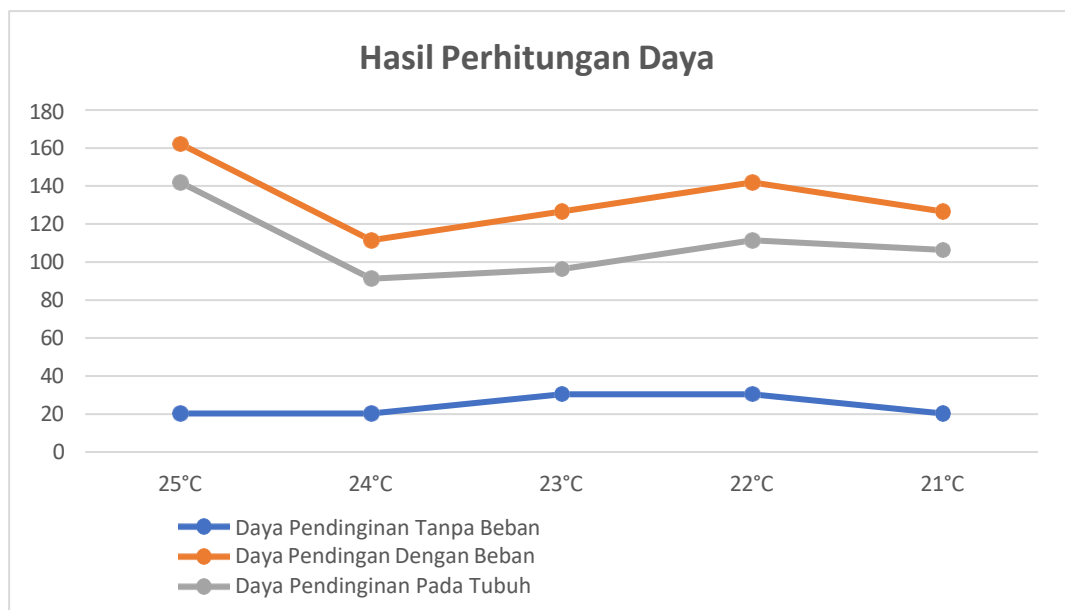
- c. Daya Pendinginan yang Diserap Tubuh

$$Q_{total} = Q_2 - Q_1 = 20,27 - 126,67 = 106,40 \text{ W}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, berikut ini adalah tabel dan grafik dari hasil perhitungan yang sudah didapatkan.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan

Pengaturan Suhu (°C)	Daya Pendinginan (W)		
	Tanpa Beban	Dengan Beban	Pada Tubuh
25°C	20,27	162,13	141,86
24°C	20,27	111,47	91,20
23°C	30,40	126,67	96,27
22°C	30,40	141,87	111,47
21°C	20,27	126,67	106,40



Gambar 4.16 Grafik Hasil Perhitungan daya

Berdasarkan grafik hasil perhitungan, terdapat perbedaan yang jelas dalam daya pendinginan antara metode tanpa beban dan metode dengan beban di setiap pengaturan suhu. Secara konsisten, daya pendinginan pada metode dengan beban lebih tinggi dibandingkan metode tanpa beban di seluruh rentang suhu (25°C hingga 21°C). Sebagai contoh, pada suhu 25°C, daya pendinginan metode dengan beban mencapai 164,21 W, sementara metode tanpa beban hanya sebesar 26,60 W. Perbedaan yang mencolok ini menunjukkan bahwa

ketika alat kompres digunakan pada tubuh manusia, alat tersebut memerlukan energi lebih besar untuk menyerap panas tambahan yang dihasilkan oleh tubuh guna mempertahankan suhu yang telah diatur. Selain itu, daya pendinginan pada metode tanpa beban cenderung stabil di kisaran 20–30 W, sedangkan metode dengan beban menunjukkan perubahan yang lebih besar akibat transfer panas langsung dari tubuh manusia ke alat kompres.

Daya pendinginan pada tubuh dihitung dari selisih antara daya pendinginan pada metode dengan beban dan metode tanpa beban. Berdasarkan grafik, daya pendinginan pada tubuh berada dalam rentang 97,89 W hingga 136,27 W di seluruh pengaturan suhu. Pada suhu 25°C, daya pendinginan tertinggi tercatat sebesar 137,61 W, yang mengindikasikan bahwa tubuh melepaskan panas dalam jumlah terbesar pada suhu ini. Sebaliknya, ketika suhu diatur pada 24°C, daya pendinginan pada tubuh menurun menjadi 102,08 W. Penurunan ini menunjukkan bahwa alat kompres menyerap panas dari tubuh dengan efisiensi yang lebih rendah pada suhu tersebut. Hal ini menunjukkan hubungan langsung antara suhu pengaturan dan jumlah energi panas yang diserap dari tubuh manusia, yang dimana semakin tinggi suhu pengaturan, semakin besar panas yang diserap, sementara penurunan suhu menyebabkan sedikit penurunan dalam penyerapan kalor.

Pada suhu 23°C hingga 21°C, daya pendinginan pada tubuh mengalami sedikit peningkatan kembali setelah sebelumnya turun di suhu 24°C. Pada suhu 23°C, daya pendinginan pada tubuh adalah 103,44 W, kemudian meningkat menjadi 109,10 W di suhu 22°C, dan sedikit turun menjadi 109,48 W di suhu 21°C. Peningkatan daya pendinginan di suhu yang lebih rendah menunjukkan bahwa alat bekerja lebih intensif dalam menyerap panas dari tubuh untuk mempertahankan suhu kompres yang lebih dingin. Namun, penurunan kecil di suhu 21°C dapat disebabkan oleh efisiensi modul Peltier yang menurun pada suhu ekstrem atau stabilisasi perpindahan panas antara alat dan tubuh.

4.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan dengan rentang suhu antara 25°C hingga 21°C, ditemukan perbedaan yang cukup mencolok antara metode

yang melibatkan kontak langsung dengan tubuh manusia (metode dengan beban) dan metode yang tidak melibatkan interaksi tersebut (metode tanpa beban). Grafik hasil pengujian menunjukkan adanya pola perubahan suhu yang konsisten di setiap metode, dengan kecenderungan suhu yang lebih tinggi pada metode dengan beban. Fenomena ini terjadi karena panas tubuh manusia berkontribusi terhadap peningkatan suhu waterblock, sehingga menyebabkan akumulasi kalor yang lebih besar.

Pada setiap setelan suhu, temperatur waterblock dalam metode dengan beban selalu tercatat lebih tinggi dibandingkan metode tanpa beban. Hal ini mengindikasikan bahwa tubuh manusia memberikan kontribusi signifikan terhadap perpindahan kalor, sehingga alat kompres perlu menyerap lebih banyak panas untuk mempertahankan kestabilan suhu. Jika dibandingkan secara grafis, terlihat bahwa suhu reservoir dingin serta suhu waterblock dalam metode dengan beban mengalami perubahan yang lebih besar dibandingkan metode tanpa beban. Variasi ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan termal akibat perpindahan panas langsung dari tubuh manusia. Sebaliknya, dalam metode tanpa beban, suhu cenderung lebih stabil karena tidak adanya tambahan transfer kalor dari sumber eksternal.

Berdasarkan hasil perhitungan, terdapat perbedaan signifikan dalam daya serap kalor antara metode dengan beban dan metode tanpa beban. Pada pengaturan suhu 25°C, daya serap kalor pada metode dengan beban tercatat sebesar 162,13 W, jauh lebih tinggi dibandingkan metode tanpa beban yang hanya mencapai 20,27 W. Selisih sebesar 141,86 W ini menunjukkan besarnya energi panas yang diserap alat kompres saat bersentuhan langsung dengan tubuh manusia. Hal serupa juga terlihat pada pengaturan suhu lainnya, di mana daya serap kalor alat kompres meningkat secara drastis ketika digunakan pada metode dengan beban. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa kontak langsung dengan tubuh manusia menyebabkan transfer panas tambahan, sehingga alat memerlukan lebih banyak energi untuk menjaga suhu tetap stabil.

Kemudian, hasil perhitungan daya serap kalor dari tubuh manusia menunjukkan pola yang berubah-ubah di berbagai pengaturan suhu. Nilai tertinggi tercatat pada suhu 25°C dengan daya serap sebesar 137,61 W,

sedangkan nilai terendah terjadi pada suhu 24°C, yaitu 102,08 W. Setelah mengalami penurunan di suhu 24°C, daya serap kalor kembali meningkat di suhu 23°C dan 22°C, lalu sedikit menurun di suhu 21°C. Pola ini menunjukkan bahwa efisiensi transfer panas antara tubuh dan alat kompres tidak selalu stabil dan dapat berubah tergantung pada suhu yang diatur serta kemampuan alat dalam menyerap panas secara optimal. Perubahan ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh respons modul Peltier terhadap perubahan suhu dan karakteristik termal tubuh manusia yang berbeda di setiap pengaturan suhu.

Variasi daya serap kalor ini juga mengindikasikan bahwa efisiensi alat kompres berbasis Peltier bergantung pada suhu yang diatur. Pada suhu yang lebih tinggi, seperti 25°C dan 24°C, daya serap kalor cenderung lebih besar karena adanya perbedaan suhu yang cukup signifikan antara tubuh dan alat. Sebaliknya, pada suhu yang lebih rendah (23°C hingga 21°C), alat tetap mampu menyerap panas dari tubuh meskipun terdapat sedikit penurunan efisiensi. Pola ini menunjukkan bahwa alat memiliki kemampuan pendinginan yang baik secara keseluruhan, meskipun performa paling optimal tercapai pada suhu 25°C, di mana daya serap kalor berada di titik tertinggi.

Secara keseluruhan, alat kompres berbasis Peltier menunjukkan performa yang konsisten dalam menyerap kalor dari tubuh manusia di seluruh pengaturan suhu. Perbedaan signifikan antara metode tanpa beban dan metode dengan beban mengonfirmasi bahwa tubuh manusia memberikan pengaruh besar terhadap beban termal yang harus diserap oleh alat. Selain itu, pola fluktuasi daya serap kalor menunjukkan bahwa alat mampu beradaptasi dengan perubahan suhu, meskipun efisiensinya sedikit menurun pada suhu yang lebih rendah. Data ini menunjukkan bahwa alat ini efektif digunakan untuk aplikasi kompres pendingin, terutama dalam menjaga suhu stabil meskipun terdapat tambahan panas dari tubuh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian dan pembahasan sebelumnya, maka pada penelitian ini dapat disimpulkan dalam beberapa hal. Berikut adalah kesimpulan pada penelitian ini:

1. Berdasarkan data grafik dan perhitungan, terdapat perbedaan performa alat kompres pada kedua metode. Pada metode dengan beban (manusia), suhu di *wateblock* selalu lebih tinggi dibandingkan metode tanpa beban di setiap pengaturan suhu. Hal ini menunjukkan bahwa alat kompres harus bekerja lebih keras untuk mempertahankan suhu ketika ada beban panas dari tubuh manusia. Performa alat paling stabil terjadi pada metode tanpa manusia karena tidak ada tambahan beban termal, sedangkan pada metode dengan manusia terjadi perubahan suhu yang lebih besar, terutama di *wateblock* yang secara konsisten mengalami peningkatan suhu.
2. Grafik menunjukkan adanya pola perubahan suhu yang berbeda antara kedua metode. Pada metode tanpa beban, suhu *wateblock* dan reservoir dingin lebih stabil di semua pengaturan suhu (25°C hingga 21°C). Sebaliknya, pada metode dengan beban, terjadi peningkatan suhu yang cukup signifikan di *wateblock* karena adanya panas dari tubuh pasien yang diserap oleh alat kompres.
3. Dari hasil perhitungan daya serap kalor, terlihat bahwa selisih daya antara metode dengan beban dan tanpa beban merepresentasikan kalor yang diserap dari tubuh manusia. Daya serap kalor tertinggi dari tubuh manusia terjadi pada suhu 25°C, yaitu sebesar 137,61 W, sementara daya serap kalor terendah terjadi pada suhu 24°C sebesar 102,08 W. Pola ini menunjukkan bahwa alat kompres mampu menyerap kalor secara konsisten di seluruh pengaturan suhu, meskipun terdapat sedikit penurunan efisiensi pada suhu yang lebih rendah.

1.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Selalu pastikan seluruh bagian agar tidak terdapat kebocoran sebelum memulai eksperimen
2. Memastikan setiap kabel terhubung sesuai dengan panduan dari komponen, seperti *thermostat* dan *power monitor*