

Rancang Bangun Cold Compress Electric

Pramestia Haby Nurel^{1*}, Oltfraz Rabakhir Rane¹, La Ode Hamrin¹

¹⁾ D-III Teknologi Elektro-Medik, Universitas Mandala Waluya

Jl. Jend. A.H Nasution Kota Kendari, 93231, Indonesia

*E-mail korespondensi: pramestiahabynurel@gmail.com

Sejarah Artikel:

Diterima: 25 Maret 2026

Direvisi: 25 Agustus 2026

Diterima untuk

dipublikasikan: 28

September 2026

Kata Kunci:

kompres dingin, modul Peltier, ATmega328, LM35, terapi cedera.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang kesehatan mendorong inovasi perangkat medis yang praktis dan efisien. Salah satunya adalah terapi kompres dingin yang umumnya digunakan untuk mengurangi nyeri, pembengkakan, dan peradangan akibat cedera maupun demam. Metode konvensional seperti kompres es memiliki keterbatasan, seperti suhu yang tidak stabil dan waktu penggunaan yang terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat Cold Compress Electric berbasis modul Peltier yang dapat mempertahankan suhu dingin secara konstan dalam rentang 21°C–25°C. Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega328 dengan LM35 sebagai sensor suhu untuk pendeteksi suhu, Kemudian ada push button untuk menyetting alat serta dilengkapi LCD untuk menampilkan pengaturan suhu dan waktu. Kemudian ada relay yang berfungsi sebagai saklar otomatis untuk mengaktifkan atau mematikan kipas dan peltier sesuai hasil pembacaan sensor suhu. Peltier bekerja sebagai pendingin, dan kipas membantu mempercepat sirkulasi udara agar suhu lebih stabil. Hasil pengujian menunjukkan alat dapat berfungsi sesuai rancangan, namun terdapat selisih rata-rata 5°C–7°C dibandingkan termometer pembanding, dengan persentase error sekitar 20,07%. Hal ini menunjukkan perlunya kalibrasi sensor untuk meningkatkan akurasi. Dengan demikian, alat ini berpotensi menjadi solusi efektif dan ramah lingkungan untuk terapi kompres dingin yang lebih praktis dan modern.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi saat ini telah membawa dampak besar dalam kehidupan manusia, terutama dalam pengembangan peralatan yang ramah lingkungan. Salah satu terobosan penting adalah penggunaan elemen Peltier pada berbagai alat pendingin. Elemen Peltier memiliki keunggulan utama karena tidak menggunakan gas freon dalam proses pendinginannya, sehingga lebih ramah lingkungan dan tidak berkontribusi terhadap kerusakan lapisan ozon [1]. Sebagai hasilnya, elemen ini menjadi alternatif yang menarik untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk alat pendingin portabel. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi performa dan potensi elemen Peltier, menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki peluang besar untuk dikembangkan lebih lanjut [2].

Pada saat berolahraga pastinya tidak terlepas dari adanya gerakan yang selanjutnya akan melibatkan berbagai stuktur jaringan pada tubuh manusia, misalnya sendi, otot, meniscus atau discus, kapsuloligameter dan otot. Gerakan terjadi bila mobilitas serta elastisitas dan kekuatan jaringan penompang dan gerakan sendi terjamin. Semakin mobile suatu persendian mempunyai konsekuensi berupa semakin tidak stabilnya sendi tersebut. Kestabilan suatu sendi akan mengakibatkan stuktur sekitarnya mudah cedera apalagi bila elastisitas dan kekuatan jaringan penompang dan pergerakan sendi terbatas. Stabilitas suatu persendian akan dipengaruhi oleh konfigurasi tulang pembentukannya, keadaan kapsuloligamer, keadaan otot penggerak, tekanan intra artikuler, keadaan discus atau meniscus, derajat kebebasan gerak serta pengaruh gaya gravitasi. Kejadian cedera bila tidak segera ditangani maka akan mengakibatkan cidera yang lebih parah [3].

Agar cedera tidak lebih parah maka harus segera ditangani dengan terapi dingin (*coldtherapi*) dalam menangani cedera berupa respons inflamasi (nyeri, memar dan bengkak) bisa menggunakan kompres es. Meskipun cara itu efektif, tetapi kekurangan dari kompres es yaitu mencairkan sehingga suhu naik dan tidak efektif. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, diperlukan metode alternatif yang dapat mempertahankan suhu dingin lebih lama agar terapi tetap efektif.[4] Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan cold pack berbasis gel, yang dapat menyimpan suhu dingin lebih lama dibandingkan es batu biasa. Selain itu, inovasi seperti perangkat pendingin elektronik atau kompres es berbahan khusus yang lebih tahan lama juga dapat menjadi pilihan untuk meningkatkan efektivitas terapi dingin. Dengan demikian, pasien dapat memperoleh manfaat maksimal dari terapi ini tanpa perlu sering mengganti kompres, sehingga proses penyembuhan cedera dapat berlangsung lebih optimal [5].

Kompres adalah metode sederhana yang sering digunakan sebagai pertolongan pertama untuk berbagai kondisi seperti cedera, peradangan, atau demam. Penggunaan kompres panas maupun dingin sangat diminati karena praktis dan mudah diaplikasikan, sehingga dapat digunakan dengan cepat tanpa persiapan yang rumit. Salah satu bentuk kompres dingin yang paling populer adalah *ice gel*. *Ice gel* merupakan kemasan berisi gel hypoallergenic yang dapat digunakan untuk memberikan efek panas atau dingin. Jika digunakan sebagai kompres dingin, *ice gel* mampu mempertahankan suhu dingin lebih lama dibandingkan es biasa, menjadikannya solusi yang efisien dan praktis [6].

Beberapa jenis alat digunakan untuk kompres dingin seperti sarung tangan karet yang diisi es, handuk yang dibasahi air es, dan *ice gel*. *Ice gel* adalah kemasan yang berisi gel hypoallergenic dapat digunakan dingin maupun panas, jika digunakan dingin *ice gel* tersebut dapat terjaga lebih lama diluar *freezer* daripada es biasa [7]. *Ice gel* bersifat reusable (dapat digunakan ulang) dan mudah didapatkan. Pada umumnya *ice gel* dapat digunakan selama 15 sampai 20 menit. Pada kemasan *ice gel* yang berupa plastik, diperlukan handuk untuk mengeringkan air kondensasinya.[8].

Kelebihan dari penggunaan *ice gel* adalah dapat dipakai berulang kali dan dapat menjaga temperatur dingin hingga 12 jam dalam wadah seperti box styrofoam Selain itu tidak terjadi proses kondensasi ketika temperatur naik sehingga menjamin kondisi tetap kering [9]. Selain itu, bahan *propylene glycol* dalam *ice gel* bersifat *biodegradable* yang mudah terurai sehingga ramah

lingkungan, dan tidak bersifat toksik atau beracun sehingga sesuai digunakan untuk penyimpanan dingin bahan pangan seperti hasil *hortikultura*, hasil perikanan, daging ataupun penyimpanan obat [10].

Ice gel memiliki beberapa keunggulan, seperti sifatnya yang dapat digunakan ulang (*reusable*) dan mudah diperoleh. Namun, penggunaannya juga memiliki keterbatasan, seperti perlunya waktu untuk mendinginkan gel tersebut sebelum digunakan. Biasanya, *ice gel* harus direndam dalam air es atau dimasukkan ke dalam *freezer* untuk mencapai suhu yang diinginkan, yang membutuhkan waktu beberapa jam [11]. Selain itu, kemasan *ice gel* yang terbuat dari plastik sering menyebabkan pembentukan kondensasi, sehingga diperlukan handuk tambahan untuk menyerap air yang muncul selama penggunaan. Masalah ini dapat mengurangi kenyamanan dan efisiensi saat menggunakan *ice gel* sebagai kompres dingin [12].

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, teknologi berbasis elemen Peltier dapat menjadi solusi inovatif. Elemen Peltier memiliki kemampuan untuk mendinginkan atau memanaskan secara cepat ketika dialiri arus listrik, sehingga mampu menghasilkan suhu dingin tanpa memerlukan *freezer*. Dengan integrasi teknologi ini, alat pendingin berbasis elemen Peltier dapat digunakan untuk mendinginkan *ice gel* secara instan, mengurangi waktu persiapan yang dibutuhkan [13]. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan kompres dingin, tetapi juga memperkenalkan cara yang lebih modern dan praktis untuk penanganan cedera, peradangan, atau demam. Penggunaan kompres panas maupun dingin sangat diminati karena praktis dan mudah diaplikasikan, sehingga dapat digunakan dengan cepat tanpa persiapan yang rumit.

Dalam konteks ini, penulis mengusulkan pengembangan alat yang disebut “*COLD COMPRESS ELECTRIC*” yang menggabungkan elemen Peltier sebagai objek penelitian. Alat ini dirancang untuk memberikan solusi pendinginan yang lebih cepat, efisien, dan ramah lingkungan, alat ini diharapkan menjadi alternatif unggul dibandingkan metode konvensional.

2. METODE PENELITIAN

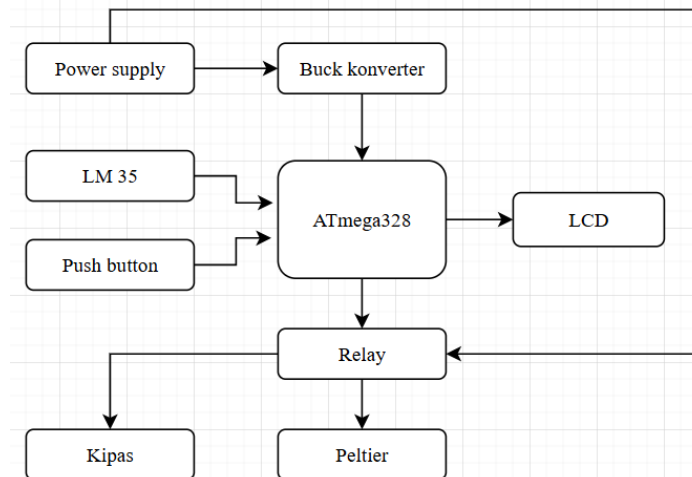
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen pembuatan alat yang menggunakan beberapa tahapan dalam mendesain alat mulai dari penyiapan alat dan bahan, perancangan blok diagram dan pembuatan skematik rangkaian. Setelah alat selesai dirangkai selanjutnya dilakukan uji coba.

a. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah mikrokontroler ATmega328p, kristal/osilator, kapasitor, resistor, sensor LM35 untuk mengukur nilai suhu, relay untuk mengendalikan sirkuit dengan sinyal daya rendah yang terpisah, LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 untuk menampilkan hasil pengukuran nilai suhu, power supply sebagai sumber tegangan, heatsink untuk menangkap dan menyerap panas yang dihasilkan oleh komponen peltier, kipas untuk mengatur volume udara panas dan dapat bersirkulasi udara secara normal, push button untuk menghubungkan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock, buck converter menurunkan tegangan input (V_i) dari tegangan DC yang lebih besar. Bahan yang digunakan akan dirangkai sesuai skematik rangkaian kemudian disusun dalam kotak berukuran 14,2 x 10,7 x 5 cm. Alat kemudian dihubungkan ke aplikasi Arduino IDE untuk memasukkan program software yang telah dibuat.

b. Blok Diagram

Gambar 1 merupakan blok diagram dari alat rancang bangun *cold compress electric* yang terdiri dari beberapa blok.



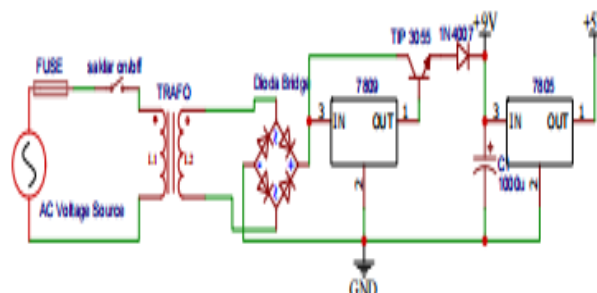
Gambar 1. Blok diagram

c. Rangkaian Skematik

Rangkaian alat ini terdiri dari beberapa rangkaian yakni :

a. Rangkaian Power Supply

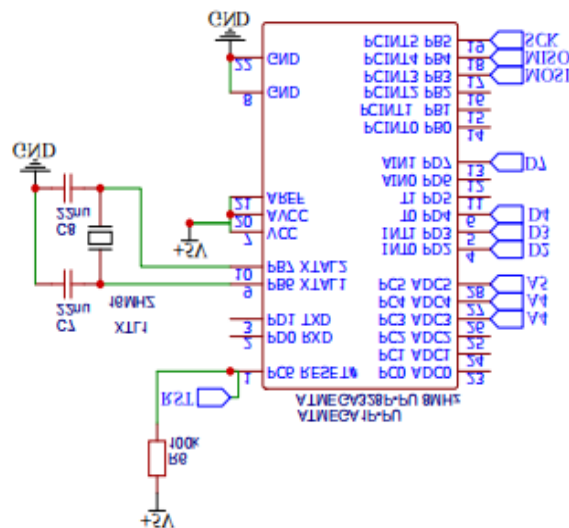
Rangkaian power supply ini berfungsi mengubah tegangan AC dari listrik PLN menjadi tegangan DC yang stabil, yaitu +12V dan +5V. Tegangan AC diturunkan oleh trafo, lalu disearahkan oleh dioda bridge menjadi arus DC. Setelah itu, kapasitor digunakan untuk meratakan tegangan, dan dua IC regulator (7812 dan 7805) menghasilkan tegangan DC yang stabil. Rangkaian ini cocok digunakan untuk memberi daya pada perangkat elektronik seperti mikrokontroler dan sensor yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Skematik

b. Rangkaian Sistem Minimum

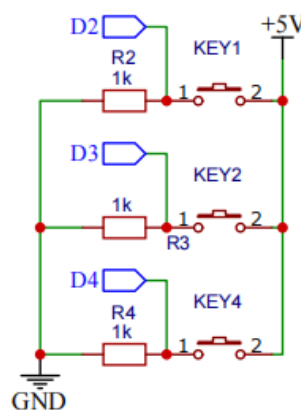
Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega328 yang terintegrasi pada board arduino promini. Board ini kemudian diprogram menggunakan arduino IDE agar dapat mengontrol seluruh operasi alat, yang terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Sistem Minimum

c. Rangkaian Push Button

Pada Gambar 4 terdapat rangkaian tombol tekan pull-down bekerja dengan menghubungkan tombol ke +5V dan resistor ke GND, sementara pin input mikrokontroler berada di antara keduanya. Saat tombol tidak ditekan, pin terbaca LOW karena terhubung ke ground melalui resistor. Ketika tombol ditekan, pin mendapat tegangan +5V sehingga terbaca HIGH. Resistor pull-down berfungsi mencegah pin input mengambang agar pembacaan stabil. Dengan konfigurasi ini, mikrokontroler dapat mendeteksi kondisi tombol secara jelas untuk menjalankan fungsi tertentu.

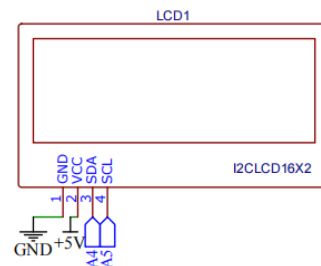


Gambar 4. Rangkaian Push Button

d. Rangkaian LCD

Rangkaian ini adalah konfigurasi untuk menghubungkan modul LCD 16x2 I²C ke mikrokontroler dengan hanya menggunakan empat kabel, yaitu GND, VCC, SDA, dan SCL. Pin GND dihubungkan ke ground, VCC ke sumber daya +5V, SDA sebagai jalur data terhubung ke pin A4, dan SCL sebagai jalur clock terhubung ke pin A5 pada mikrokontroler Arduino. Dengan antarmuka I²C, komunikasi antara mikrokontroler dan LCD menjadi lebih sederhana karena hanya membutuhkan dua jalur data,

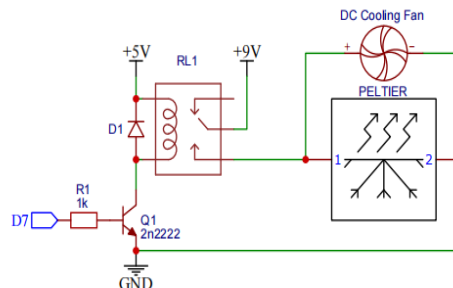
sehingga lebih efisien dibandingkan LCD paralel yang membutuhkan banyak pin I/O yang terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian LCD

e. Rangkaian Cooler

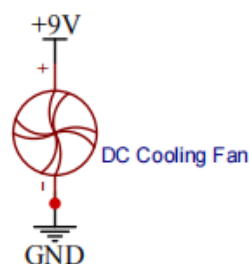
Rangkaian kontrol cooler ini menggunakan transistor 2N2222 dan relay untuk mengendalikan kipas pendingin DC serta modul Peltier dengan sinyal dari mikrokontroler. Transistor berfungsi sebagai sakelar elektronik yang diaktifkan melalui pin D7 dengan bantuan resistor basis 1k Ω . Saat mendapat sinyal HIGH, transistor mengalirkan arus ke koil relay sehingga relay aktif dan menyalurkan tegangan +9V ke kipas dan modul Peltier. Dioda flyback dipasang paralel pada koil relay untuk melindungi transistor dari tegangan balik induktif. Dengan demikian, rangkaian ini memungkinkan beban berdaya tinggi seperti kipas dan Peltier dikontrol secara aman menggunakan sinyal logika berdaya rendah terdapat pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Rangkaian Cooler

f. Rangkaian Intake Fan

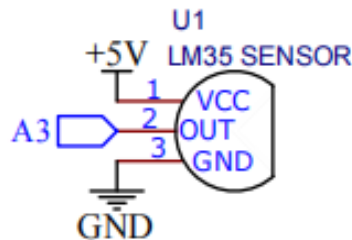
Rangkaian dasar ini menyalakan kipas pendingin DC dengan cara menghubungkannya langsung ke sumber daya +9V. Kutub positif sumber daya dihubungkan ke terminal positif kipas, sementara terminal negatif kipas dihubungkan ke ground. Saat sumber daya diberikan, arus mengalir melalui motor kipas sehingga kipas berputar dan menghasilkan aliran udara. Karena tidak ada sakelar atau pengatur kecepatan, kipas akan selalu berputar penuh selama sumber daya tersambung dan terdapat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Intake Fan

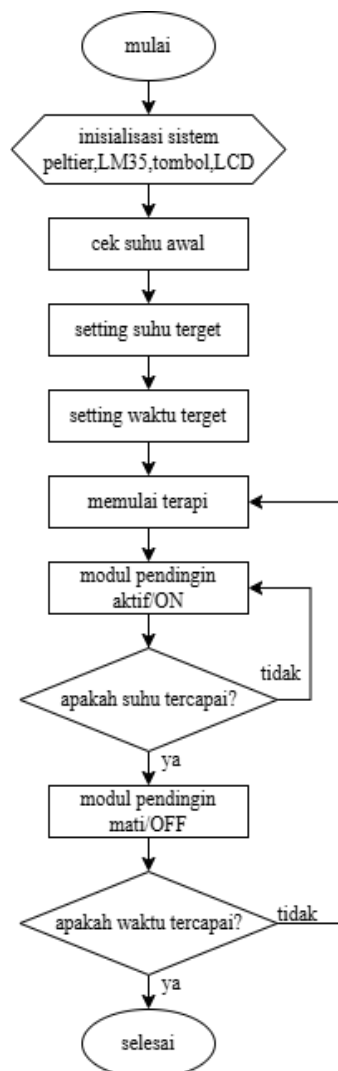
g. Rangkaian Sensor Suhu

Rangkaian ini menggunakan sensor suhu analog LM35 yang mudah diaplikasikan karena outputnya proporsional dengan suhu dalam $^{\circ}\text{C}$. Sensor memiliki tiga pin: VCC terhubung ke +5V, GND ke ground, dan OUT yang menghasilkan tegangan 10 mV per 1°C , lalu dihubungkan ke pin analog mikrokontroler (misalnya A3 Arduino). Saat suhu berubah, tegangan keluaran ikut berubah, kemudian akan dibaca oleh mikrokontroler melalui konversi ADC dan diolah menjadi nilai suhu dalam derajat Celcius secara akurat dan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Sensor Suhu

h. Diagram Alir Kerja Alat

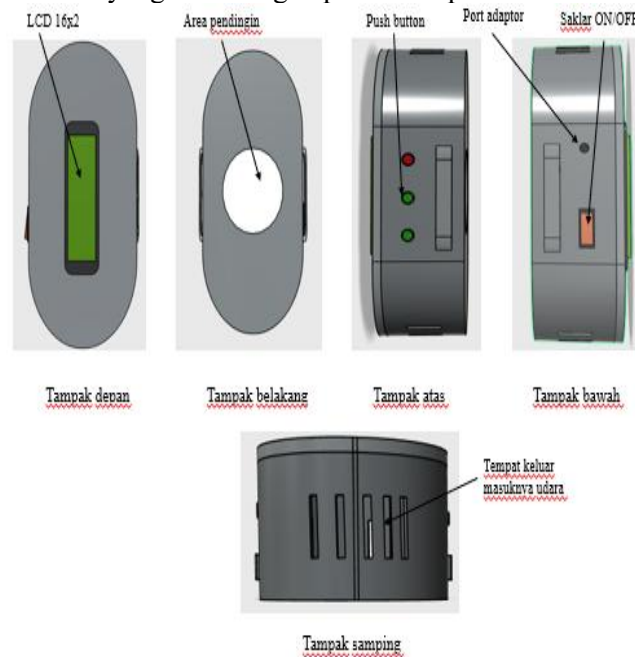


Gambar 9. Diagram Alir Kerja Alat

Mulai proses dari titik awal, inisialisasi peltier sebagai pendingin, LM35 sebagai sensor pengukur suhu, tombol sebagai setting suhunya dan LCD akan menampilkan parameter suhu. Kemudian mengecek suhu awal area pendingin yang akan didinginkan menggunakan sensor LM35, kemudian mengatur suhu yang diinginkan dengan menekan push button. Selanjutnya, Setelah suhu target ditentukan, sistem mulai menjalankan terapi dengan mengaktifkan modul Peltier, yang berfungsi sebagai pendingin. Peltier bekerja dengan menurunkan suhu secara bertahap, sementara sensor LM35 terus memantau perubahan suhu secara real-time. Jika suhu yang diinginkan belum tercapai, sistem akan terus menjalankan pendinginan. Namun, jika suhu target sudah tercapai, modul Peltier akan dimatikan untuk menjaga kestabilan suhu agar tidak terlalu rendah. Setelah suhu target tercapai, sistem mulai memantau durasi terapi sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Selama waktu terapi berlangsung, sistem terus memastikan bahwa suhu tetap dalam batas yang telah ditentukan. Jika waktu terapi belum selesai, sistem tetap beroperasi dengan mempertahankan suhu yang diatur. Namun, jika waktu terapi telah tercapai, sistem akan menghentikan semua proses dan alat akan otomatis mematikan modul pendingin. Selesai proses berakhir.

i. Desain Mekanik

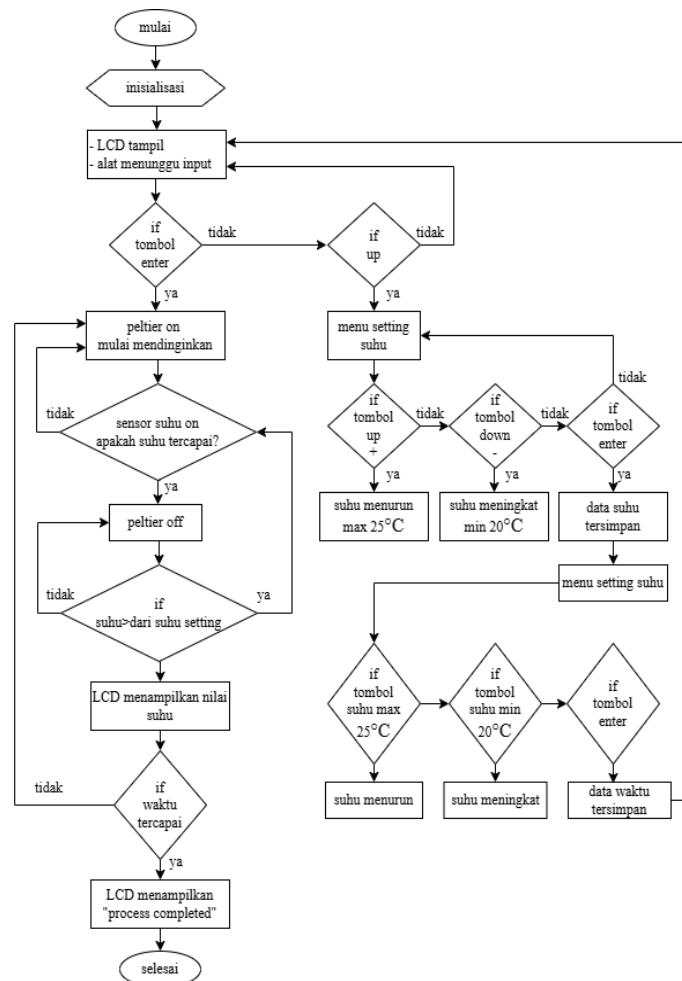
Desain mekanik dari alat yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 10 berikut :



Gambar 10. Desain Mekanik

j. Perancangan software

Perancangan software yang dibuat merupakan program mikrokontroler yang berfungsi untuk menjalankan fungsi-fungsi secara otomatis. Program yang dibuat berdasarkan perancangan algoritma yang tertuang pada diagram alir Gambar 11 berikut:



Gambar 11. Diagram Alir Program

Proses dimulai dengan inisialisasi yang kemudian dilanjutkan dengan menampilkan informasi pada LCD dan sistem menunggu input dari pengguna, pengguna dapat menekan tombol ENTER untuk memulai proses pendinginan, atau memilih untuk melakukan pengaturan suhu dan waktu dengan menekan tombol UP maupun DOWN. Pada menu pengaturan suhu, pengguna dapat menaikkan atau menurunkan nilai suhu yang diinginkan dalam rentang 20°C hingga 25°C, kemudian menyimpannya dengan tombol ENTER. Setelah itu, pengguna juga dapat mengatur lama waktu proses pendinginan melalui menu pengaturan waktu, di mana tombol UP berfungsi menambah durasi, tombol DOWN mengurangi durasi, dan tombol ENTER digunakan untuk menyimpan data waktu. Setelah parameter suhu dan waktu tersimpan, alat akan mengaktifkan modul pendingin Peltier untuk menurunkan suhu sesuai dengan nilai yang telah diatur. Sensor suhu berfungsi memantau kondisi pendinginan; apabila suhu target tercapai, modul Peltier akan otomatis dimatikan dan LCD menampilkan nilai suhu aktual. Proses akan terus berjalan dengan pemantauan waktu yang sudah disetting sebelumnya. Jika durasi waktu telah tercapai, LCD akan menampilkan pesan "process complete" sebagai tanda bahwa proses pendinginan selesai. Dengan demikian, sistem ini bekerja secara otomatis berdasarkan input pengguna melalui tombol, pemantauan suhu menggunakan sensor, serta pengaturan waktu yang dikendalikan oleh mikrokontroler.

k. Standar Operasional Prosedur (SOP)

Mengoperasikan alat pengukur kadar hemoglobin non-invasif ada beberapa langkah-langkah yang dapat diikuti. Adapun standar operasional prosedur pada alat adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan alat dan thermometer sebagai pembanding suhu serta stopwatch sebagai pembanding waktu.
- Menyambungkan alat dengan PLN.
- Menyalakan alat dengan mengubah saklar ke posisi on.
- Setting suhu sesuai yang diinginkan.
- Setting waktu sesuai yang diinginkan.
- Menempelkan *cold compress* pada tubuh pasien yang diinginkan.
- Mencatat batas suhu pada tabel pengujian saat alat mencapai suhu target dan mencatat hasil percobaan suhu oleh thermometer
- Setelah waktu selesai menggunakan, matikan alat *cold compress electric* sesuai dengan instruksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Setelah melakukan rancangan bangun *cold compress electric* dihasilkan alat sebagaimana Gambar 10. Adapun spesifikasi alat disajikan sebagai berikut :

Nama Alat : *Cold Compress Electric*

Fungsi : Untuk mengompres dingin bagian tubuh pasien yang mengalami demam, memar atau lebam

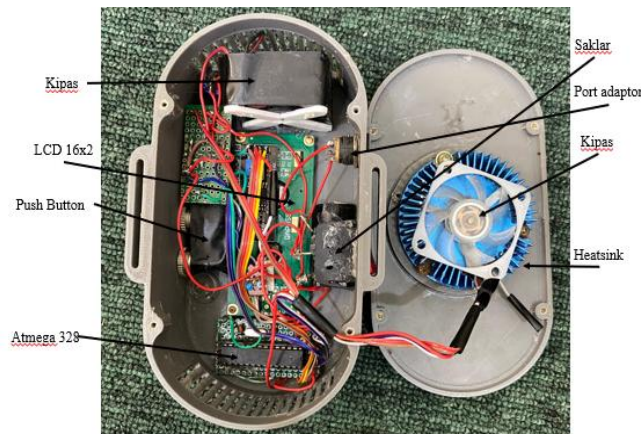
Tegangan Charger : 12V

Ukuran Box Alat : 150 x 80 x 50 cm

Rancang bangun *cold compress electric* dapat dilihat dari berbagai sisi pada Gambar 12 dan 13 merupakan hasil dari rangkaian luar dan dalam alat.



Gambar 12. Tampak Luar Alat



Gambar 13. Tampak Dalam Alat

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan data hasil pengukuran oleh modul yang dibuat dan dibandingkan dengan thermometer digital dan stopwatch. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Hasil Uji Dan Analisa

No	Waktu (m)		Suhu °C		Selisih (°C)	Error (%)
	Alat	stopwach	alat	termometer		
1.	5	5	21	26	5	19,23
2.	10	10	22	27	5	18,52
3.	15	15	23	29	6	20,69
4.	20	20	24	31	7	22,58
5.	25	25	25	31	6	19,35
Nilai rata-rata					5,8	20,07

B. Pembahasan

Pembuatan alat *cold compress electric* dilatar belakangi oleh pentingnya kompres dingin pada tubuh, kompres dingin sering digunakan sebagai pertolongan pertama untuk berbagai kondisi seperti demam, cedera, peradangan, Kompres dingin berfungsi untuk mengurangi nyeri, pembengkakan, dan peradangan dengan cara menyebabkan vasokonstriksi atau penyempitan pembuluh darah. Efek ini membantu mengurangi aliran darah ke area yang cedera, sehingga mengurangi pembengkakan dan nyeri. Selain itu, suhu dingin juga memperlambat sinyal saraf, memberikan efek analgesik atau pereda nyeri [14]. Terapi ini sangat penting, terutama dalam penanganan cedera yang terjadi saat berolahraga, seperti memar, dislokasi, dan kram otot, karena dengan penanganan yang cepat menggunakan kompres dingin dapat membantu mencegah kerusakan jaringan lebih lanjut serta mempercepat proses pemulihan [15].

Perancangan alat ini menggunakan peltier yang menghasilkan sumber dingin, kemudian menggunakan relay yang berfungsi sebagai saklar elektromagnetik untuk mengontrol suhu peltier, power supply sebagai sumber tegangan dan buck konverter berfungsi untuk menurunkan tegangan, LM35 berfungsi sebagai sensor suhu untuk mengukur perubahan suhu yang terjadi pada peltier, push button berfungsi untuk mengatur suhu dan waktu yang diinginkan, kemudian akan di tampilkan pada LCD, Atmega 328 sebagai otak sistem yang menerima input dan mengeluarkan output yang akan tertampil pada LCD.

Proses perancangan dan pembuatan alat ini diawali dengan membuat sistem minimum dengan komponen tambahan yaitu resistor, kapasitor dan kristal. Setelah melakukan perangkaian sistem minimum dilanjutkan dengan pembuatan box alat menggunakan 3D printer dan dilanjutkan dengan pemasangan komponen lainnya seperti, power supply, buck konverter, relay, peltier, kipas, push button, saklar dan lcd. Tahap berikutnya adalah pemrograman mikrokontroler yang meliputi pembuatan menu pemilihan suhu dan waktu, serta penampilan data pada layer. Setelah itu dilakukan pengujian untuk memastikan semua fungsi berjalan baik, serta kalibrasi suhu dan waktu agar hasil pengukuran akurat. Selanjutnya dilakukan dokumentasi dan pengambilan data.

Pada pengambilan data dilakukan dengan cara membandingkan suhu yang ditampilkan oleh alat *Cold Compress Electric* dengan suhu yang diukur menggunakan termometer pembanding yaitu termometer. Dari hasil pengujian, terlihat ada perbedaan suhu yang cukup jelas, yaitu sekitar 5°C sampai 7°C, dengan rata-rata persentase kesalahan sekitar 20,07%. Misalnya, pada pengujian pertama (menit ke-5), alat menunjukkan suhu 21°C sedangkan termometer mencatat 26°C, jadi ada selisih 5°C dengan error 19,23%. Di pengujian terakhir (menit ke-25), alat menampilkan suhu 25°C sementara termometer menunjukkan 31°C, sehingga selisihnya 6°C dengan error 19,35%.

Hasil ini menunjukkan bahwa sensor suhu (LM35) yang digunakan pada alat masih perlu dikalibrasi ulang supaya bisa memberikan hasil yang lebih akurat. Memang, alat sudah bisa menjaga suhu di kisaran 21°C–25°C sesuai rancangan, tetapi angka tersebut belum benar-benar sama dengan suhu yang sebenarnya terukur oleh termometer pembanding. Ada beberapa hal yang bisa jadi penyebab, misalnya akurasi sensor LM35 yang terbatas dibandingkan termometer, posisi sensor yang ditempelkan langsung di peltier sehingga kurang mewakili suhu permukaan yang bersentuhan dengan kulit, dan juga faktor luar seperti kondisi lingkungan atau hembusan kipas pendingin yang mempengaruhi hasil pengukuran.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan proses perancangan, pembuatan, pengujian serta pengambilan data maka, pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

Penelitian ini berhasil merancang dan membuat alat kompres dingin menggunakan modul peltier yang dilengkapi dengan sistem pengontrol suhu dan waktu berbasis mikrokontroler ATmega328. Alat ini mampu menjalankan fungsi pendinginan dengan baik, di mana pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol suhu yang dirancang stabil dengan maksimum terkecil 25°C sebesar 20°C, dengan waktu 10-15 menit. Stabilitas suhu tersebut tercapai karena adanya mekanisme pembukaan katup pembuangan udara saat suhu target terpenuhi, sehingga suhu tetap terjaga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa dukungan dari Laboratorium Workshop Prodi D-III Teknologi Elektro-Medis Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Mandala Waluya. Ucapan terima kasih atas segala fasilitas dan sumber daya yang telah disediakan. Penulis juga menyampaikan apresiasi yang tulus kepada semua individu yang telah berpartisipasi dan berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian dan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Setiawan, “Faktor Timbulnya Cedera Olahraga,” *Media Ilmu Keolahragaan Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 94–98, 2021.
- [2] Malorung and Anggrita, “Penerapan Kompres Dingin Unyuk Mengurangi Intensitas Nyeri Pada Pasien Post Operasi Di Rsud Jend. Ahmad Yani Metro,” *Cendikia Muda*, vol. 2, pp. 162–167, 2022.
- [3] A. Rafyansyah, D. Ardiansyah, and S. P. Agatha, “Mekanisme dan Manfaat Kompresi Dingin dalam Pengobatan Segera Cedera Jaringan Lunak,” no. 2, pp. 1–9, 2023.
- [4] A. Amanah, E. Chaerani, and S. A. Djuria, “Penerapan Kompres Ice Pack Untuk Menurunkan Nyeri Perineum Pada Ibu Post Partum Di Rumah Sakit Bakti Timah Pangkalpinang,” *Jawara J. Ilm. Keperawatan*, vol. 5, no. 1, p. 61, 2024, doi: 10.62870/jik.v5i1.25859.
- [5] I. A. Arifin, A. Aziz, and Q. Sumariyem, “Implementasi Kompres Dingin Terhadap Penurunan Intensitas Nyeri Pada Pasien Fraktur Patella Post Operasi Orif Ruang Cendana 1 RSUP DR.Sardjito Yogyakarta,” *Pros. STIKES Bethesda*, vol. 1, no. 1, pp. 670–678, 2022.
- [6] Z. A. Barik, W. W. Adi, T. I. Kilang, and P. Energi, “Prototype Cooling System pada PLTS Berbasis ESP32 dengan Metode Moving Average Filters (MAF) Politeknik Energi dan Mineral Akamigas , Indonesia energi masa depan yang , bersih , bebas polusi , gratis dan tak ada habisnya (Sofijan , 2021). Prinsip kerja fotovoltaiik .(Nugroho Tri Santosa et al ., 2022) , sistem PLTS ini sangat berkembang karena menghasilkan panel surya berdasarkan sifat listrik dari silikon monokristalin dan polikristalin .(LAKSANA et al ., berdampak buruk pada efisiensi PV / T . Sesuai dengan hasil pengujian yang terdapat pada spesifikasi PV Gambar 1 . Kurva Arus dan Tegangan PLC MHI FX3U dan esp32 dengan methode Moving Average Filter . Dipilih ESP 32 sebagai kontroler baik dan dapat diintegrasikan dengan berbagai sensor dan aktuator yang dibutuhkan dalam sistem pendinginan . Methode Moving Average Filter (AMF) digunakan untuk penghalusan data yang efektif dan merupakan filter digital yang digunakan untuk mengurangi random noise .(Choa , 2023).(RIFANTI et al ., 2020). Dan Methode ini juga bisa dipakai untuk mengurangi error pada output sensor dan mendapatkan data terbaik dari-data-data yang ada sehingga diharapkan bisa meningkatkan kesetabilan,” vol. 4, no. 3, pp. 1805–1814, 2024.
- [7] W. Ilahi, F. D. Astuti, W. Sholihah, M. Sari, and I. K. Dewi, “Pengaruh Pemberian Kompres Ice Gel untuk Menurunkan Nyeri Saat Pemasangan Infus di Ruang Perawatan Anak RSUD dr La Palaloi,” vol. 5, no. 1, pp. 2437–2444, 2026.
- [8] J. Ners, “Implementasi Terapi Kompres Dingin Menggunakan Ice Pack Dalam Mengurangi Nyeri Perineum Pada Ibu Post Partum :,” vol. 9, pp. 502–507, 2025.
- [9] A. M. Putri, D. Indrawanto, A. Yulianto, M. Haikal, and M. G. Haryono, “Inovasi Ice Gel Ekonomi Sebagai Pengganti Es Batu Untuk Nelayan di Pesisir Mamburungan Tarakan Inovasi Ice Gel Ekonomi sebagai Pengganti Es Batu untuk Nelayan di Pesisir,” pp. 174–179, 2024.
- [10] T. R. Mayang Sari, “The Electric Compress Lowers Body Temperature During Fever Using The PID Control System,” *Med. Tek. J. Tek. Elektromedik Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 140–153, 2024, doi: 10.18196/mt.v5i2.20183.
- [11] “ADI PRIYANTO ” Rancang Bangun Alat Terapi Kompres Dingin Berbasis Mikrokontroler (2023)” .

-
- [12] A. C. Saputra and A. Baheramsyah, “Studi Eksperimen Penggunaan Ice Gel Sebagai media pendingin,” no. September, pp. 215–221, 2017.
- [13] Y. Nugraha, I. Fitriyanto, I. Fatwasauri, and B. Khoerun, “Monitoring Suhu Dan Kelembapan Air Blast Freezer Menggunakan Esp32 Berbasis Aplikasi Android dengan judul “ Monitoring Suhu Dan Kelembapan Air Blast Freezer Menggunakan ESP32 Berbasis,” vol. 03, no. 02, pp. 71–78, 2024.
- [14] S. Nurjanah, “Keefektifan Kombinasi Terapi Panas Dan Dingin Dengan Terapi Panas, Terapi Dingin Terhadap Cedera Otot Hamstring the Effectiveness of Heat and Cold Therapy Combination With Heat Therapy, Cold Therapy on the Injured Hamstring Muscles,” *Keefektifan Komb. Ter. Panas Dan Dingin Dengan Ter. Panas, Ter. Dingin Terhadap Cedera Otot Hamstring Eff. Heat Cold Ther. Comb. With Heat Ther. Cold Ther. Inj. Hamstring Muscles*, pp. 1–13, 2016.
- [15] F. A. L. Aziz, “Eksperimen Daya Serap Kalor Pada Alat Kompres Dingin Untuk Demam Berbasis Peltier Terhadap Suhu Tubuh Manusia Skripsi,” 2024.