

SISTEM KONTROL OTOMATIS SUHU DAN KELEMBABAN *CHILLER BOX* DENGAN TERMOELEKTRIK

I Gede Raka Nugraha Wirayudha¹, I Ketut Wiryajati², Ida Bagus Fery Citarsa³

^{1,2,3}Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB Indonesia

Received: 1 Agustus 2024
 Accepted: 5 Oktober 2024
 Published: 12 Oktober 2024

Keywords:

Cooler;
 Thermoelectric;
 Peltier;

Correspondent Email:

kjatiwiry@unram.ac.id

Abstrak. Pendingin merupakan salah satu kebutuhan penting untuk menyimpan makanan, minuman, sayuran, buah-buahan, daging, dan lain-lain. Sistem pendingin yang umum digunakan saat ini memakai refrigeran atau freon/CFC (Chlorofluorocarbon) yang kurang ramah lingkungan dan mahal. Untuk menyediakan pendingin yang murah dan ramah lingkungan, diperlukan alternatif. Salah satu alternatif yang kini banyak digunakan adalah termoelektrik. Sumber daya untuk sistem ini berasal dari adaptor dengan tegangan keluaran 12V – 36V DC6A. Modul Peltier adalah perangkat termoelektrik yang dilapisi oleh keramik tipis. Saat diberi tegangan suplai DC 12V-15V dan arus 2-5A, ruang pendingin terbuat dari Styrofoam dan menggunakan kipas heat sink. Variasi dilakukan pada jumlah modul termoelektrik yang digunakan. Data diambil dengan memasang DHT11 dan modul sensor suhu di posisi tertentu, lalu DHT11 akan menampilkan data pada LCD 16x2 I2C. Data tersebut kemudian diolah menggunakan program Microsoft Excel untuk menghasilkan grafik. Dengan grafik ini, kesimpulan dapat dilakukan dengan lebih mudah.

Abstract. A cooler is one of the essential needs for storing food, drinks, vegetables, fruits, meat, and so on. The commonly used refrigeration systems today use refrigerants or freon/CFC (Chlorofluorocarbon), which are less environmentally friendly and expensive. To provide an affordable and environmentally friendly cooler, an alternative is needed. One widely used alternative is thermoelectric. The power source for this system comes from an adapter with an output voltage of 12V – 36V DC6A. The Peltier module is a thermoelectric device coated with thin ceramic. When supplied with a DC voltage of 12V-15V and a current of 2-5A, the cooling chamber is made of Styrofoam and uses a heat sink fan. Variations are made in the number of thermoelectric modules used. Data is collected by installing DHT11 and temperature sensor modules in specific positions, then the DHT11 displays the data on an LCD 16x2 I2C. The data is then processed using Microsoft Excel to generate graphs. With these graphs, conclusions can be drawn more easily.

1. PENDAHULUAN

Indonesia, dengan iklim tropisnya yang mendukung, memiliki kekayaan flora yang

melimpah, terutama dalam hal variasi buah-buahan. Beberapa buah seperti pisang dan salak dapat tumbuh subur di negara ini. Sayangnya, buah-buahan memiliki masa simpan yang relatif pendek dan mudah mengalami kerusakan mutu. Sebagian besar buah hanya bisa dipanen pada waktu tertentu, yang membuat ketersediaannya terbatas. Salah satu metode yang digunakan untuk memperpanjang umur simpan pangan, termasuk buah-buahan, adalah pembekuan. Pembekuan memiliki manfaat besar dalam menjaga kualitas pangan, terutama karena banyak pangan yang mudah mengalami kerusakan. Metode pembekuan ini sangat disukai oleh konsumen karena mampu mempertahankan parameter kualitas seperti kesegaran dan aspek sensoriknya selama penyimpanan beku. Selain itu, metode pembekuan ini telah banyak digunakan di berbagai industri pangan. Dengan menggunakan pembekuan, risiko penggunaan bahan pengawet pada sejumlah pangan dapat dikelola dengan baik.[1]

Parameter penting yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan es buah adalah Temperatur udara, kelembaban udara. Untuk dapat menyimpan dengan baik, es buah memerlukan temperatur udara -1 - 4°C dengan kelembaban udara 60%. Temperatur udara di Indonesia pada tahun 2023 berada di angka 26,7°.[2]

Analisa beban pendinginan produk makan cold box mesin pendinginnya lucas nule type RCC2 yang digunakan untuk menjaga dan mempertahankan produk keadaan yang baik seperti keadaan semula. [3] Aplikasi modul pendingin termo elektrik sebagai media pendingin kotak minuman dari sebuah box cooler berkapasitas 34 liter, menggunakan dua atau tiga buah modul TEC dengan atau tanpa blok aluminium, yang didinginkan menggunakan *heat sink* dan fan cooler.

Dalam konteks ini, perancangan dan pembangunan sistem kontrol otomatis suhu dan kelembapan menggunakan thermoelectric memiliki potensi besar untuk memastikan penyimpanan yang optimal bagi buah beku di Mataram. Teknologi termoelektrik memungkinkan pengaturan suhu secara akurat dan efisien, sambil mengoptimalkan konsumsi energi. Dengan suhu penyimpanan yang tepat untuk buah pisang, salak, dan nanas, penelitian

ini akan membantu mengembangkan solusi inovatif dalam menjaga kualitas produk dan mendorong penggunaan teknologi yang lebih berkelanjutan dalam industri penyimpanan buah beku. Setelah membaca referensi dari penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang diangkat oleh peneliti, perbedaan terletak pada metode pendinginan yang digunakan dalam melaksanakan tugas akhir ini. Terdapat pendinginan menggunakan metode sirkulasi air yang di alirkan oleh pompa dari *watertank* ke *waterblock* lalu Kembali ke *watertank*, air hangat akibat proses pendinginan akan di alirkan ke radiator untuk di dinginkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah (Pisang dan salak)

2.1.1 Buah Pisang

Keanekaragaman pisang lokal di Pulau Lombok sangat tinggi dengan karakter morfologi yang beragam. Secara umum, pisang lokal mewarisi karakter-karakter hebat seperti daya tahan iklim, ketahanan terhadap hama, serta rasanya yang unik. Oleh karena itu, pisang lokal harus dikelola dengan baik agar bisa dimanfaatkan sebaik mungkin terutama sebagai sumber keanekaragaman genetik dalam pengembangan varietas pisang. Di Pulau Lombok terdapat banyak sekali jenis pisang yang masing-masing memiliki keunggulan tersendiri. BPPT NTB telah mengumpulkan 15 varietas pisang yang ditanam di Pulau Lombok. Varietas pisang yang dikumpulkan adalah Pisang Haji, Pagoda, Kayu, Ketip, Jepun, Emas, Perunggu, Jogang, Klutuk, Seribu, Nao Pikiran, Raja, dan Pisang Susu Celup. Semakin rendah suhu penyimpanan, perubahan laju parameter fisik pada buah pisang kepek akan melambat. Semakin tinggi suhu penyimpanan akan membuat perubahan parameter fisik pada buah pisang kepek semakin cepat.⁴⁾

2.1.2 Buah salak

Daya tarik dari buah Salak Pondoh bagi konsumen Indonesia adalah cita rasa manis segar tanpa sepat dan aroma khas. Salak Pondoh sudah mulai matang sekitar 6 – 7 bulan setelah terjadi pembukaan bunga/penyerbukan. Teknik penyimpanan untuk mencegah kerusakan bahan pangan juga sebagai upaya bahan pangan bertahan lebih lama adalah dengan pembekuan. [5]

2.2 Arduino Uno

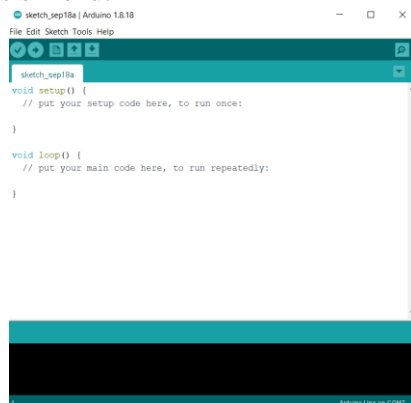
Arduino adalah prototipe perangkat keras sumber terbuka yang digunakan dalam membangun perangkat tertanam dengan menggunakan perangkat lunak sumber terbuka. Arduino telah cukup sukses dalam komunitas pelajar dan pengembang hobi dalam merakit model kerja. Alasan di balik sukses besar Arduino adalah biaya yang rendah, perangkat lunak yang tersedia, dan antarmuka pengguna yang mudah didekati. Kode dalam buku ini bekerja dengan papan Arduino UNO, karena papan ini adalah papan paling populer di keluarga Arduino. Arduino UNO adalah devboard mikrokontroler berbasis ATmega328 buatan ATmega (kini dimiliki oleh MicrochipTM). [6]



Gambar 1. Arduino Uno

2.2.3 Arduino IDE

Arduino Untuk memprogram board Arduino diperlukan aplikasi IDE (Integrated Development Environment). Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang disediakan di website arduino.cc, dirancang sebagai alat pengembangan sketsa untuk digunakan sebagai program pada papan Arduino. IDE (Integrated Development Environment) mengacu pada bentuk alat pengembangan program terintegrasi untuk menyediakan dan mengekspresikan berbagai kebutuhan dalam bentuk antarmuka berbasis menu.

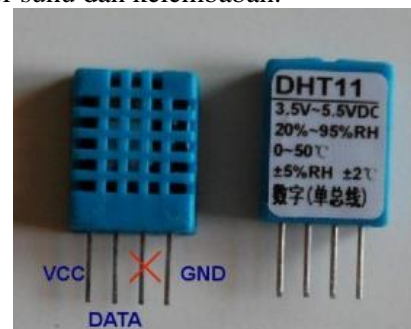


Gambar 2. Arduino IDE

2.2.4 DHT11

Sensor DHT11 adalah sensor digital yang diproyeksikan sedemikian rupa sehingga diatur

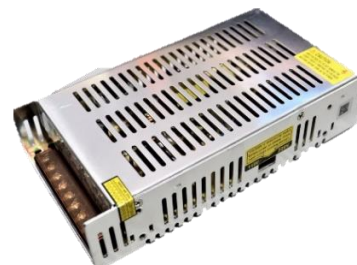
kalibrasinya sejak awal dan dengan ketepatan besar, memberikan informasi kelembaban dan suhu. Sensor ini terkenal untuk stabilitasnya, terutama ketika digunakan dengan mikrokontroler ATmega8. Keuntungan besar dari DHT11 adalah presisi yang tinggi ketika dikalibrasi. Koefisien kalibrasi tercatat dalam memori program OTP, dan sebagai konsekuensinya ket. Ini juga sangat kecil dengan kemampuan mengirim sinyal hingga 20 meter, sehingga ini ideal untuk banyak aplikasi sensor suhu dan kelembaban. [7]



Gambar 3. DHT11

2.2.5 Catu Daya (Power Supply)

Sumber listrik adalah suatu alat yang memberikan energi listrik pada suatu beban listrik. Merupakan komponen penting dalam elektronika dan dapat berperan sebagai sumber energi listrik seperti baterai[5]. Catu daya biasanya mencakup trafo, penyearah, dan pengatur tegangan. Ini dapat mengubah energi listrik dari satu bentuk ke bentuk lainnya, seperti energi mekanik, kimia atau matahari, menjadi energi listrik. Prinsip rangkaian mencakup komponen-komponen utama seperti trafo, dioda dan kapasitor beserta komponen pendukung lainnya untuk kinerja yang optimal. Ada dua jenis sumber listrik: AC (arus bolak-balik) dan DC (arus searah). [8]



Gambar 4. Catu Daya (Power Supply)

2.2.6 Heat Sink

Heatsink adalah alat yang dirancang untuk menangkap dan menyerap panas yang dihasilkan oleh komponen elektronik, seperti

prosesor komputer. Biasanya, heatsink dilengkapi dengan kipas untuk meningkatkan efisiensi penyerapan panas. Dengan cara ini, perpindahan panas dapat dijelaskan sebagai proses di mana energi berpindah dari benda yang lebih panas (memiliki energi tinggi) ke benda yang lebih dingin (memiliki energi rendah). Proses ini akan berhenti ketika kedua benda mencapai suhu yang sama, yaitu saat terjadi kesetimbangan termal. Perpindahan panas ini terjadi melalui tiga cara: konduksi, konveksi, dan radiasi. [7]

Gambar 5. *Heatsink*

2.2.7 Kipas DC 12V

Secara umum, kipas DC digunakan dalam aplikasi kipas pendingin udara, AC, ventilasi, atau exhaust. Ada dua jenis kipas aliran udara dalam hal arah alirannya, yaitu kipas sentrifugal (aliran searah dengan poros kipas) dan kipas axial. [8]



Gambar 6. Kipas DC

2.2.8 Termoelektrik *Peltier* (TEC-12706)

Pembangkit listrik termoelektrik banyak digunakan dalam mendinginkan perangkat elektronik seperti CPU, sensor infrared, referensi titik es dalam termokopel termometer, dan kulkas. Dalam sebagian besar aplikasi, komponen elektronik yang terintegrasi pada sisi dingin modul termoelektrik perlu dijaga agar suhunya tetap pada nilai konstan dan stabil di bawah fluktuasi temperatur sisi panas dan temperatur sekitar. Menurut efek Seebeck, dari dua bahan berbeda, tegangan dihasilkan di sekitar sirkuit jika dua kelengkungan ini dipertahankan pada suhu yang berbeda. Sistem pendingin yang melibatkan bahan termoelektrik ditemukan sejak dulu oleh Jean Peltier pada

tahun 1834. Menurut efek Peltier, ketika tegangan arus searah dikenakan pada dua cabang material yang berbeda jenis, yang merupakan semikonduktor, ketika aliran positif dan negatif membawa, panas dipindahkan dari satu sisi ke sisi lain dari modul, dan karena itu sisi satu dari modul menjadi panas dan sisi lain menjadi dingin.[9]

Gambar 7. Termoelektrik *Peltier* (TEC-12706)

2.2.8 *Water block*

Blok air adalah komponen pembuangan panas dari sistem air pendinginan. Komponen ini mempunyai dua bagian, keduanya tipe Aluminium dan tembaga digabungkan menjadi satu membentuk blok *heatsink* yang berisi rongga tempat cairan tersebut bersirkulasi. Di akhir setiap kompartemen, memiliki konektor input dan output, sebagai terhubung ke pipa atau pipa yang digunakan untuk mengangkut bahan cair pendinginan untuk semua sistem pendingin air lainnya. Tentang produksi Pada alat ini, *water block* diletakkan pada sisi dingin Diproduksi oleh *Peltier*, *water block* yang digunakan berukuran besar 40mm x 40mm x 12mm [10].

Gambar 8. *Water block*

2.2.9 LCD 16 x 2 I2C

Liquid Crystal Display (LCD) adalah jenis layar elektronik yang terbuat dari logika CMOS, yang bekerja bukan dengan menghasilkan cahaya tetapi dengan memantulkannya. berbaring di sekitarnya melawan cahaya frontal atau transmisi lampu latar. Layar LCD berfungsi sebagai visualisator data yang baik seperti karakter, huruf, angka,

atau grafik. Layar LCD 12C/TWI, adalah modul yang digunakan untuk mengurangi penggunaan pin di layar LCD. Modul ini memiliki 4 pin untuk dihubungkan Arduino. *Arduino Uno* sudah mendukung komunikasi 12C Modul LCD 12C, kemudian dapat mengontrol layar LCD karakter 16x2 dan 20x4 hanya menggunakan 2 pin yaitu pin input analog 4 (SDA) dan Pin masukan analog 5 (SCL). [11]



Gambar 9. LCD 16x2 I2C

2.2.10 Pompa Air

Pompa air DC adalah jenis pompa yang menggunakan motor DC serta tegangan DC sebagai daya. Dengan memberikan perbedaan tegangan pada kedua kutub tersebut, motor akan berputar satu arah, dan jika polaritas tegangan dibalik, arah putaran motor juga akan berbalik.



Gambar 10. Pompa Air

2.2.11 Relay

Modul relay merupakan suatu perangkat yang beroperasi dengan prinsip elektromagnetik untuk mengubah posisi antara ON dan OFF atau sebaliknya dengan menggunakan energi listrik. Peralihan dari posisi terbuka ke posisi tertutup atau sebaliknya terjadi di bawah pengaruh induksi listrik yang dipicu oleh aktivasi elektromagnet. Perbedaan paling mendasar antara relay dan saklar adalah bagaimana posisinya berubah. Relay adalah suatu bagian elektromekanis yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu elektromagnet berbentuk kumparan dan bagian mekanis yang terdiri dari sekelompok kontak saklar. Prinsip

kerja relay didasarkan pada penggunaan elektromagnet untuk menggerakkan kontak-kontak saklar, sehingga arus yang kecil dapat mengendalikan arus tegangan yang lebih tinggi. [12]



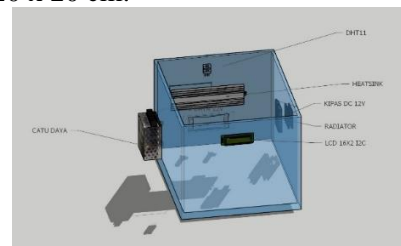
Gambar 11. Relay

2. METODE PENELITIAN

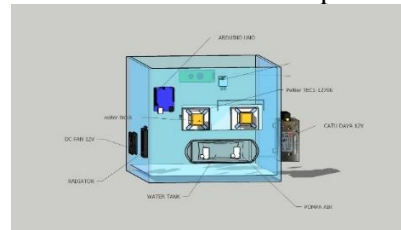
Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan Model *ChillerBox*, dengan 2 tahap, yaitu mengambil data suhu buah dan suhu dengan DHT11 sebagai sensor suhu dan di bandingkan dengan modul termometer. Mengambil data *Chillerbox* yang diisi dengan es batu, dan mengambil data saat buah di letakan bersamaan dengan es batu di dalam *Chillerbox*. Lalu membandingkan grafik yang dihasilkan saat menyalakan *Chillerbox* dan saat *Chillerbox* di isi dengan es batu.

3.1 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik ini terdiri dari beberapa komponen perangkat keras, perangkat lunak dan objek penelitian yaitu sebuah box penyimpanan berbentuk persegi dengan ukuran 40 x 20 x 20 cm.



Gambar 12. Skema Alat Tampak Depan



Gambar 13. Skema Alat Tampak Belakang

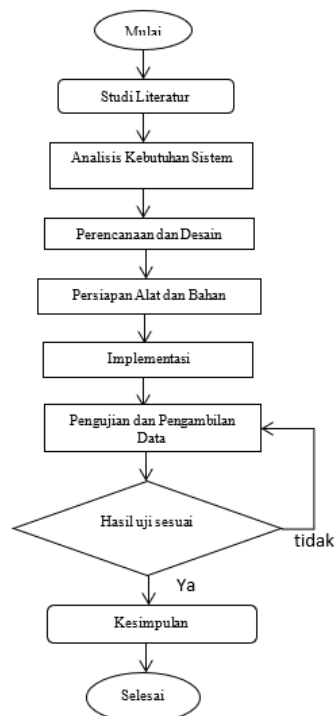
Adapun perangkat keras yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat	Bahan
Laptop	Peltier (TEC-12706)
Arduino Uno	
Power Supply	DHT11
Waterblock	
Radiator	Watertank
Heatsink	
Kipas	Selang Air
Pompa Air	

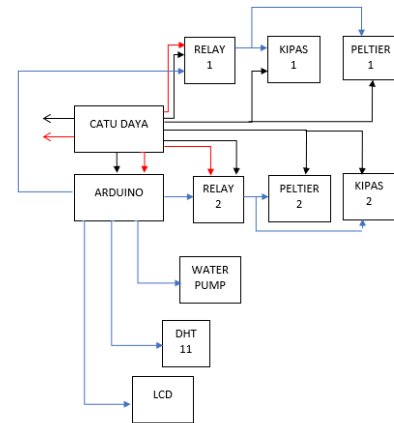
3.2 Diagram alir penelitian

Pada penelitian ini, kotak yang akan dijadikan tempat penyimpanan buah beku adalah sebuah *box* dengan ukuran 40 x 20 x 20 cm. Pada penelitian ini akan dilakukan pengendalian suhu dan kelembaban pada *box* penyimpanan buah beku.



Gambar 14. Diagram alir penelitian

3.3 Perancangan rangkaian ChillerBox



Gambar 15. Rangkaian ChillerBox

Pada perancangan ini menggunakan catu daya 12V-20A yang tersambung ke *Arduino Uno* sebagai mikrokontroler, dan tersambung pada 2 relay yang masing-masing relay terhubung dengan 1 buah *peltier* dan 1 buah kipas. Masing-masing sumbu negatif relay, *peltier*, dan kipas terhubung langsung ke negatif catu daya. *Arduino Uno* juga terhubung dengan *water pump* yang berfungsi sebagai pengalir air ke *waterblock* sebagai proses pendinginan, DHT11 sebagai sensor suhu untuk pengontrolan dan pengambilan data. LCD 16x2 I2C sebagai *interface* untuk menampilkan suhu *ChillerBox*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kalibrasi DHT11 dengan modul sensor suhu

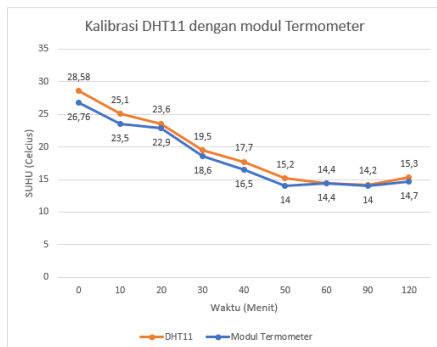
Tabel 2. Hasil kalibrasi sensor suhu DHT11

Time	Data				
	DHT11	Suhu termometer	Peltier 1	Peltier 2	Air
0	28,5	26,7	7,2	4,3	24
10	25,1	23,5	10	-1,6	26
20	23,6	22,9	5,7	-2,4	27,3
30	19,5	18,6	6,3	-4,6	27
40	17,7	16,5	4,2	-4,5	28,4
50	15,2	14	5,3	-5,5	28,6
60	14,4	14,4	5,2	-4,8	29,2
90	14,2	14	5,5	-4,5	29,6
120	15,3	14,7	4,8	-4,7	30,7

Hasil Pengujian:

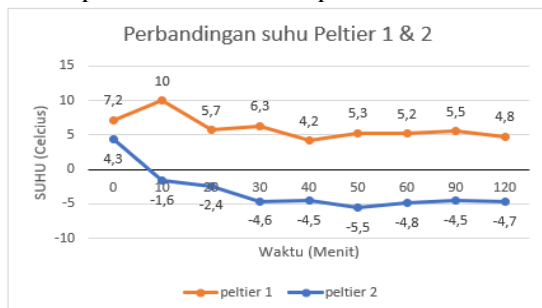
- Pada menit ke-0, suhu yang tercatat oleh DHT11 adalah 28.5°C, sedangkan modul termometer mencatat 26.7°C.
- Pada menit ke-60, suhu yang tercatat oleh DHT11 adalah 14.4°C, sedangkan modul termometer mencatat 14.4°C.

- Pada menit ke-120, suhu yang tercatat oleh DHT11 adalah 15.3°C, sedangkan modul termometer mencatat 14.7°C.



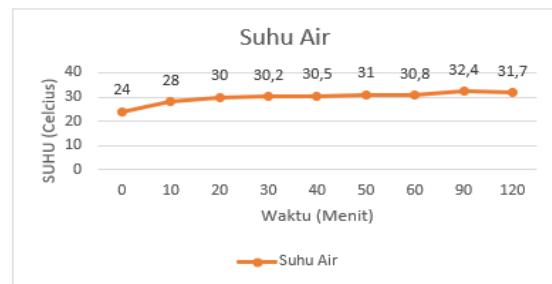
Grafik 1. Kalibrasi DHT11 dengan modul termometer

Grafik ini menunjukkan kalibrasi sensor suhu DHT11 dengan modul termometer, untuk memastikan data yang akan diambil akurat dan sesuai dengan standar. Proses ini melibatkan perbandingan antara alat yang diuji dengan standar referensi yang diketahui keakuratannya. Data diambil setiap 10 menit selama 120 menit. Grafik menunjukkan bahwa suhu yang diukur oleh sensor DHT11 dan modul termometer menunjukkan pola yang hampir sama dengan sedikit perbedaan di beberapa titik waktu.



Grafik 2. Perbandingan suhu Peltier 1 & 2

Grafik diatas menunjukkan bahwa pada Peltier 2 suhunya lebih rendah daripada Peltier 1, ini disebabkan oleh Water Block yang terpasang pada Peltier 2 untuk mendinginkan sisi panas pada Peltier 2 agar suhunya tetap stabil dengan menggunakan sirkulasi air. Rata-rata suhu pada peltier 2 adalah -3,14°C. Terdapat kenaikan suhu Peltier 1 pada menit ke-10 karena adanya arus yang tidak stabil pada kipas dan menyebabkan kenaikan suhu. Rata-rata suhu pada peltier 1 adalah 6,02°C.



Grafik 3. suhu air

Grafik diatas menunjukkan kenaikan suhu air yang disebabkan oleh kenaikan suhu dari Peltier. Suhu air berbanding lurus dengan suhu Peltier karena sirkulasi air digunakan untuk menurunkan panas dari Peltier. Rata-rata suhu air adalah 27,87°C.

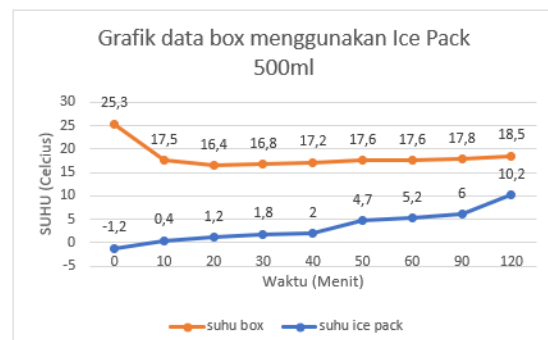
4.2 Pengujian box menggunakan Ice Pack 500ml

Tabel 2. Hasil pengujian Ice Pack 500ml

Data Ice Pack		
Time	Suhu box	Suhu Ice Pack
0	25,3	-1,2
10	17,5	0,4
20	16,4	1,2
30	16,8	1,8
40	17,2	2
50	17,6	4,7
60	17,6	5,2
90	17,8	6
120	18,5	10,2

Hasil Pengujian:

- Pada menit ke-0, suhu dalam box adalah 25.3°C, sedangkan suhu Ice Pack adalah -1.2°C.
- Pada menit ke-60, suhu dalam box adalah 17.6°C, sedangkan suhu Ice Pack adalah 5.2°C.
- Pada menit ke-120, suhu dalam box adalah 18.5°C, sedangkan suhu Ice Pack adalah 10.2°C.



Grafik 4. Grafik suhu box menggunakan Ice Pack 500ml

Grafik diatas menunjukan perbuahan suhu yang turun drastis pada 10 menit pertama karena perbedaan suhu yang tiba-tiba dari *Ice Pack*, seiring waktu suhu pada *Ice Pack* cenderung naik dan suhu box terlihat stabil. Karena saat *Ice Pack* di tempatkan pada box, suhu di dalam box akan diserap oleh *Ice Pack*, maka suhu *Ice Pack* akan naik dan suhu di sekitarnya akan turun. Rata-rata suhu pada *box* adalah $18,3^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata suhu *Ice Pack* adalah $6,02^{\circ}\text{C}$.

4.3 Pengujian ketahanan suhu buah menggunakan *Ice Pack* 500ml

Tabel 3. pengujian ketahanan suhu buah menggunakan *Ice Pack* 500ml

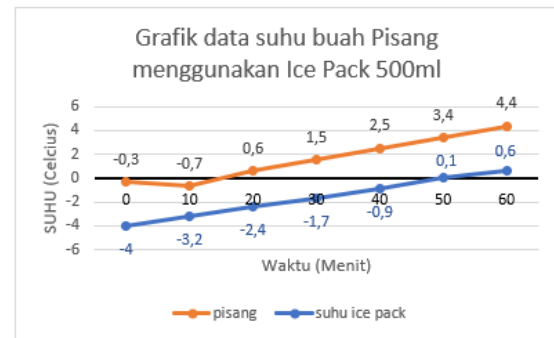
Hasil pengujian			
Time	Pisang	Salak	Suhu <i>Ice Pack</i>
0	-0,3	-0,7	-4
10	-0,7	0,2	-3,2
20	0,6	1,2	-2,4
30	1,5	2,2	-1,7
40	2,5	3,1	-0,9
50	3,4	4,1	0,1
60	4,4	5,1	0,6

Hasil Pengujian Buah Pisang:

- Pada menit ke-0, suhu pisang adalah $-0,3^{\circ}\text{C}$ dan suhu *Ice Pack* adalah -4°C .
- Pada menit ke-60, suhu pisang mencapai $4,4^{\circ}\text{C}$ dan suhu *Ice Pack* adalah $0,6^{\circ}\text{C}$.
- Grafik menunjukkan kenaikan suhu yang berbanding lurus dengan kenaikan suhu *Ice Pack*. Terjadi perubahan warna dan tekstur pada pisang.

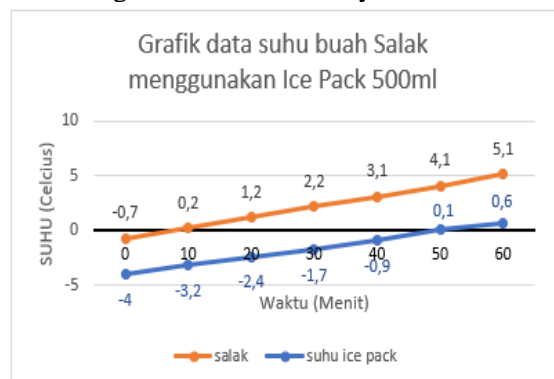
Hasil Pengujian Buah Salak:

- Pada menit ke-0, suhu salak adalah $-0,7^{\circ}\text{C}$ dan suhu *Ice Pack* adalah -4°C .
- Pada menit ke-60, suhu salak mencapai $5,1^{\circ}\text{C}$ dan suhu *Ice Pack* adalah $0,6^{\circ}\text{C}$.
- Grafik menunjukkan kenaikan suhu yang konstan. Terjadi perubahan tekstur dan warna pada salak.



Grafik 5. Suhu Buah Pisang menggunakan *Ice Pack* 500ml

Pada grafik ketahanan suhu buah pisang menggunakan *Ice Pack*, terlihat kenaikan suhu pada buah pisang yang berbanding lurus dengan naiknya suhu *Ice Pack*, rata-rata suhu pada *Ice Pack* adalah $-1,64^{\circ}\text{C}$. terdapat sedikit penurunan suhu pisang pada menit 10 sebanyak $-0,4^{\circ}\text{C}$, lalu terjadi kenaikan suhu yang cukup drastis hingga mencapai $4,4^{\circ}\text{C}$, Rata-rata suhu pisang adalah $1,63^{\circ}\text{C}$. Terjadi perubahan bentuk dan warna pada buah pisang karena perubahan suhu yang terjadi, warna pisang cenderung coklat dan teksturnya lebih lunak.



Grafik 6. Suhu Buah Salak menggunakan *Ice Pack* 500ml

Pada grafik buah salak, terjadi kenaikan suhu secara konstan, dan pada menit ke-60, suhu pada buah salak mencapai $5,1^{\circ}\text{C}$. Berbanding lurus dengan naiknya suhu dari *Ice Pack*. Terjadi perubahan tekstur dan warna, teksturnya cenderung lunak dan warnanya cenderung kecoklatan. Rata-rata suhu buah salak adalah $2,17^{\circ}\text{C}$.

4.1 Pengujian ketahanan suhu buah menggunakan *chillerbox*

Tabel 4. pengujian ketahanan suhu buah menggunakan *ChillerBox*

Hasil pengujian			
Time	Pisang	Salak	Chiller
0	1,5	1,6	-4,2
10	1,7	1,8	-4,3
20	2	2,1	-4,8
30	2,3	2,3	-4,5
40	2,6	2,5	-4,1
50	2,9	2,7	-4
60	3,2	3	-3,8
	2,31	2,29	-4,24

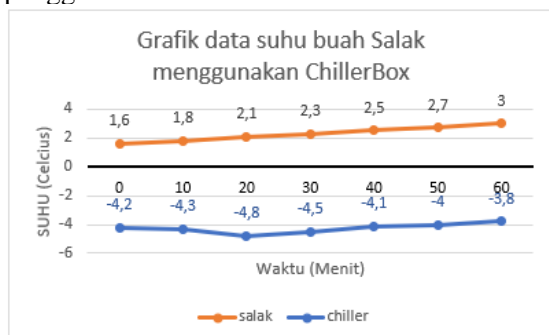
Hasil Pengujian Buah Pisang:

- Pada menit ke-0, suhu pisang adalah 1.5°C dan suhu *ChillerBox* adalah -4.2°C.
- Pada menit ke-60, suhu pisang mencapai 3.2°C dan suhu *ChillerBox* adalah -3.8°C.
- Grafik menunjukkan bahwa suhu pisang lebih stabil dibandingkan dengan penggunaan *Ice Pack*.

Hasil Pengujian Buah Salak:

- Pada menit ke-0, suhu salak adalah 1.6°C dan suhu *ChillerBox* adalah -4.2°C.
- Pada menit ke-60, suhu salak mencapai 3°C dan suhu *ChillerBox* adalah -3.8°C.

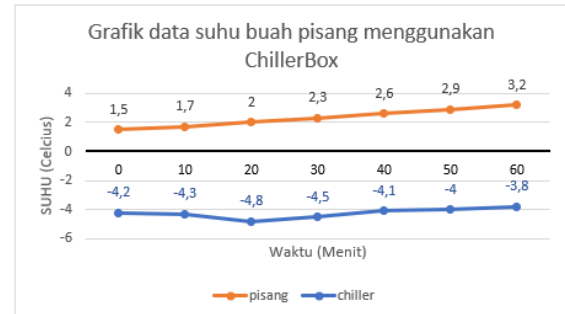
Grafik menunjukkan bahwa suhu salak lebih stabil dan tidak ada perubahan tekstur dan warna yang signifikan dibandingkan dengan penggunaan *Ice Pack*.



Grafik 7. Suhu buah Salak menggunakan *ChillerBox*

Pada grafik buah salak menggunakan *ChillerBox*, terlihat kenaikan suhu yang tidak terlalu besar selama pengamatan, suhunya lebih rendah dan cenderung stabil dibandingkan suhu dari *Ice Pack*. Suhu dari *ChillerBox* tidak melewati -2°C, yang menyebabkan terjadinya

kestabilan suhu pada buah salak. Tidak terlihat perubahan bentuk dan warna yang signifikan pada buah salak. Rata-rata suhu buah salak adalah 2,29°C dan Rata-rata suhu *ChillerBox* adalah -4,24°C.



Grafik 8. Suhu buah Pisang menggunakan *ChillerBox*

Pada grafik buah pisang menggunakan *ChillerBox*, pada saat pengujian suhu tertinggi 3,2°C dan suhu tertinggi dari *ChillerBox* adalah -3,8. Kenaikan suhu pada buah salak terbilang konstan, tidak terlihat perubahan tekstur dan warna yang signifikan, rata-rata suhu buah pisang adalah 2,31°C. Suhu buah salak sedikit lebih tinggi daripada buah pisang karena posisi buah salak yang berada di tengah, sementara buah pisang posisinya berada di samping atau di dekat *heatsink* yang menyalurkan suhu dingin *Peltier* ke *ChillerBox*.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem kontrol otomatis suhu dan kelembaban pada *ChillerBox* menggunakan teknologi termoelektrik. Sistem ini memanfaatkan modul *Peltier*, *heat sink*, kipas, *waterblock*, dan sensor DHT11 yang dikendalikan oleh *Arduino Uno*. Data ditampilkan pada layar LCD 16x2 I2C untuk kemudahan pemantauan.

Modul *Peltier* dengan tegangan DC 12V-15V dan arus 2-5A efektif dalam menjaga suhu optimal. Kombinasi *heat sink* dan kipas memastikan pembuangan panas yang efisien, sementara penggunaan *waterblock* dan pompa air untuk pendinginan tambahan meningkatkan stabilitas suhu. Sensor DHT11 yang terhubung dengan *Arduino Uno* memberikan pengukuran suhu dan kelembaban yang akurat, dan relay mengatur aliran listrik ke komponen utama untuk kontrol yang responsif. Sistem ini menunjukkan bahwa teknologi termoelektrik adalah alternatif ramah lingkungan dan efisien

untuk aplikasi pendinginan, terutama dalam penyimpanan makanan di lingkungan tropis seperti Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro. Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen pembimbing, serta kedua orang tua saya atas dukungannya selama ini dan rekan-rekan angkatan prodi Teknik Elektro Universitas Mataram.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BMKG, (2022). Anomali Suhu Udara Rata-Rata Bulan November 2022. Diakses pada 17 Desember 2022, dari <https://www.bmkg.go.id/iklim/?p=ekstrem-perubahan-iklim>
- [2] Adedeji, A.A., Ngadi, M. 2018. Impact of freezing method, frying and storage on fat absorption kinetics and structural changes of parfried potato. *Journal of Food Engineering* 218:24–32. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2017.08.024
- [3] M. Alagusri and D. Redantan, “Analysis of *Peltier* Characteristic and Cold Side Treatment for Thermoelectric Generator Module at Brick Kiln Furnace,” in 2018 2nd International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICon EEI), 2018, no. October, pp. 134–139.
- [4] Rahayu, M. &Fitrahtunnisa (2014). Kebun Koleksi Sumber Daya Genetik di BPTP NTB. Diakses dari <https://www.ntb.litbang.pertanian.go.id>
- [5] Triardianto, D., Adhamatika, A., & Sucipto, A. (2022). Pengaruh Suhu Terhadap Parameter Fisik Pisang Kepok (*Musa acuminata*) Selama Penyimpanan. *Agrosaintifika*, 5(1), 11–16. <https://doi.org/10.32764/agrosaintifika.v5i1.3160>
- [6] Suryanata, M. G., & Ibnutama, K. (2020). Lemari Pendingin Portable Untuk Penyimpanan Air Susu Ibu (Asi) Menggunakan Termoelektrik. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*, 7(1), 53–60. <https://doi.org/10.33330/jurteks.v7i1.900>
- [7] Aziz, A., Subroto, J., & Silpana, V. (n.d.). *Aplikasi Modul Pendingin Termoelektrik Sebagai Media Pendingin Kotak Minuman (Hal 33-40 Azridjal Aziz, Joko Subroto, Villager Silpana UNRI)*. <http://en.wikipedia.org/wiki.com>
- [8] Sitohang, E. P., Mamahit, D. J., & Tulung, N. S. (2018). Rancang Bangun Catu Daya Dc Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(2), 135–142.
- [9] N. Sulistiyanto, “Pemodelan Sistem Pendingin Termoelektrik Pada Modul Superluminescence LED,” *J. EECCIS*, vol. 8, no. 1, pp. 67–72, 2014.
- [10] Misra, Y. (2021). *Programming and Interfacing with Arduino* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003201700>
- [11] Aditya, M., & Wibawanto, H. (2013). Sistem Pengamatan Suhu Dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroler ATmega8. *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, 5(1), 15–17.
- [12] N. Jakhar, N. Baheti, M. C. Gurjar, and P. Sharma, “Model Sevelopment of Refrigerator and Heater Based on Peltier Module and Fresnel Lens,” in 2016 International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE), 2016, pp. 1–4.