

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Jurnal yang ditulis Ketut Astawa, Si Putu Gunawan Tista, I Wayan Hendra Saputra dari jurusan Teknik mesin, Universitas Udayana pada juni 2023, membahas tentang “Analisa performansi kolektor surya pelat datar dengan media penyimpanan panas pasir untuk pemanas udara”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pasir sebagai media penyimpan panas dapat meningkatkan efisiensi kolektor surya. Pasir memiliki kapasitas penyimpanan panas yang baik, sehingga dapat mempertahankan suhu udara panas yang tinggi dalam jangka waktu yang lebih lama. Penelitian ini sangat relevan karena membahas penggunaan pasir sebagai media penyimpan panas dalam sistem pemanas. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk menganalisis performansi sistem transfer udara panas dari media pasir silika ke penyimpanan panas dengan blower, serta memberikan wawasan tentang efisiensi dan efektivitas penggunaan media penyimpan panas dalam aplikasi energi terbarukan.¹

Jurnal yang ditulis Zaini,Z., Dailani, D., dan Syuhada, A. membahas tentang “Kaji eksperimental kolektor surya dengan parafin sebagai penyimpan energi panas”. Dari Teknik mesin, Universitas Syiah Kuala pada tahun 2022. Hasil penelitian menjelaskan bahwa sistem transfer udara panas memegang peranan krusial dalam berbagai aplikasi teknik energi, terutama dalam pemanfaatan energi termal dari sumber terbarukan dan proses penyimpanan panas. Sistem ini menjelaskan bahwa memanfaatkan media transfer seperti udara dan fluida termal untuk memindahkan energi dari media penyerap ke sistem penyimpanan.²

Berdasarkan beberapa referensi yang telah dijabarkan pada paragraf sebelumnya belum ada pengembangan dari sisi monitoring suhu pada kotak penyimpanan panas, dimana monitoring ini menggunakan ESP 32 dan hasil yang dapat dilihat secara real-time pada antarmuka WEB serta dapat di download dengan excel.

Sehingga penulis berinovasi mengikut sertakan penggunaan modul MAX6675 dan

termokopel tipe K sebagai sensor suhu. Hal ini bertujuan untuk *monitoring* suhu pada kotak penyimpanan panas.

Sehingga secara keseluruhan sistem transfer udara panas dari media pasir silika ke penyimpanan panas dapat dioptimalkan dengan menggunakan sensor suhu thermokopel yang terintegrasi dengan Arduino untuk monitoring suhu secara real-time berbasis ESP 32 dan antarmuka WEB. Pasir silika sebagai media penyimpanan memiliki kapasitas penyimpanan panas yang baik dan stabil secara termal, sedangkan thermokopel memberikan pengukuran suhu yang akurat. Dan blower digunakan untuk mengalirkan udara secara paksa dari penyimpanan panas pasir silika ke kotak penyimpanan panas. Serta Antarmuka WEB sebagai platform monitoring online memungkinkan pengawasan dan analisis data suhu secara efisien dan praktis. Perancangan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi penyimpanan panas dan mendukung penggunaan energi terbarukan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah fenomena fisika di mana energi dalam bentuk kalor berpindah dari perangkat yang memiliki suhu tinggi ke perangkat dengan suhu lebih rendah. Proses ini terjadi akibat adanya ketidakseimbangan termal. Perpindahan panas diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi, tergantung pada media dan mekanisme yang digunakan.

Konduksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi pada perangkat keras, di mana energi panas berpindah dari molekul yang memiliki energi lebih tinggi ke molekul yang memiliki energi lebih rendah tanpa adanya perpindahan massa zat tersebut secara makroskopik. Proses ini terjadi akibat tumbukan antar partikel pada zat padat.

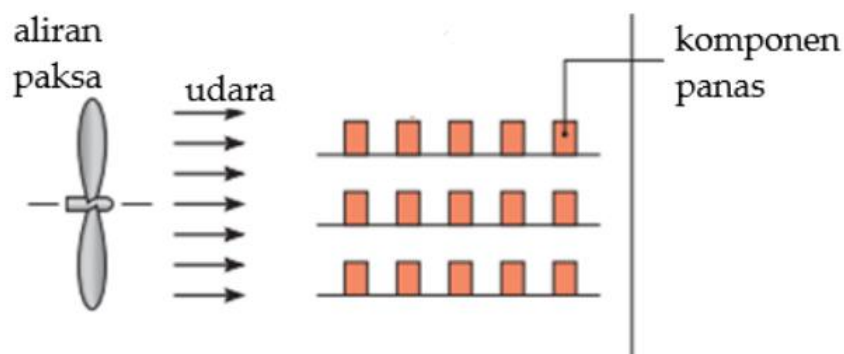
Konveksi adalah proses perpindahan panas yang melibatkan perpindahan massa fluida (cairan atau gas) secara bersamaan dengan perpindahan energi panas. Konveksi dibedakan menjadi dua, yaitu konveksi alami (*natural convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Pada konveksi alami, perpindahan panas

terjadi karena perbedaan densitas akibat perbedaan suhu, sedangkan pada konveksi paksa, perpindahan panas terjadi karena adanya alat bantu seperti blower atau pompa yang menggerakkan fluida.

Radiasi adalah proses perpindahan panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara. Semua benda yang suhunya di atas nol mutlak memancarkan energi radiasi.³

Konveksi paksa adalah perpindahan panas dengan cara dialirannya tersebut berasal dari luar komponen, seperti penggunaan dari blower. Konveksi paksa menggunakan pipa tembaga merupakan salah satu persolaan perpindahan konveksi untuk aliran dalam *internal flow*. Adapun aliran yang terjadi dalam pipa tembaga adalah fluida yang dibatasi oleh suatu permukaan benda padat. Sehingga lapisan batas tidak dapat berkembang secara bebas seperti halnya pada aliran luar.⁴

Perpindahan panas melalui konveksi paksa timbul akibat gradien suhu antara fluida yang mengalir dan fluida yang bergerak, yang didorong oleh adanya faktor eksternal. Faktor eksternal tersebut meliputi peralatan yang mempercepat aliran fluida, seperti blower atau kipas angin. Gradien temperatur antara permukaan benda dan fluida menginduksi transfer panas dari benda ke fluida atau sebaliknya, sekaligus memengaruhi desintaa lapisan fluida di sekitar permukaan. Variasi densitas ini menyebabkan fluida yang lebih padat mengalami aliran ke arah bawah, sementara fluida yang kurang padat bergerak ke arah atas. Gerakan fluida semacam ini difasilitasi oleh peralatan pendukung yang memadai, yang secara keseluruhan dikenal sebagai konveksi paksa.



Gambar 2. 1 Perpindahan panas konveksi paksa

Pada gambar 2.2.1 merupakan contoh perpindahan panas melalui konveksi paksa terjadi, di mana energi termal yang terdapat pada permukaan benda ditransfer ke fluida yang mengalir di sepanjang permukaannya. Kipas angin pada gambar dapat diganti menjadi blower, yang digambarkan dalam skema tersebut berperan dalam memberikan kecepatan aliran tambahan, sehingga fluida dapat melintasi permukaan benda dengan suhu yang lebih tinggi dengan kecepatan yang lebih tinggi. Akibatnya, proses transfer panas antara permukaan benda dan fluida menjadi lebih efisien dan cepat serta menghasilkan perubahan pada perpindahan paksa . Fenomena ini secara langsung mengindikasikan laju perpindahan panas yang terjadi.

2.2.2 Panel Surya

Panel surya merupakan perangkat yang berfungsi mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaiik. Panel surya tersusun dari sel-sel surya berbahan dasar semikonduktor, umumnya silikon murni, yang disusun dalam bentuk seri maupun paralel untuk membentuk tegangan dan arus yang dibutuhkan pada aplikasinya. Saat sinar matahari mengenai permukaan sel surya, energi foton yang terkandung di dalamnya akan terserap oleh material semikonduktor sehingga menyebabkan elektron dalam atom silikon tereksitasi dan berpindah menjadi elektron bebas. Perpindahan elektron-elektron ini menciptakan arus listrik searah (DC).⁵



Gambar 2. 2 Panel Surya

Prinsip kerja panel surya sangat bergantung pada intensitas radiasi matahari. Semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima, semakin besar pula arus dan tegangan listrik yang dihasilkan, selama efisiensi panel dan komponennya baik. Efisiensi dan keluaran daya panel ini juga dipengaruhi oleh suhu kerja modul surya, di mana suhu modul yang terlalu tinggi dapat menurunkan nilai tegangan dan daya listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, penerapan sistem manajemen panas pada panel surya juga menjadi penting dalam menjaga performa secara optimal.

Energi listrik yang dihasilkan panel surya dapat dimanfaatkan untuk mengoperasikan berbagai perangkat, seperti heater dan blower sebagai bagian sistem transfer panas. Dalam sistem transfer udara panas, listrik dari panel surya digunakan untuk memanaskan media (misalnya pasir silika), lalu dengan bantuan blower, udara panas dialirkan dari media penyimpanan panas tersebut ke kotak penyimpanan panas. Dengan demikian, panel surya memainkan peran sebagai sumber energi utama yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2.2.3 Pasir Silika

Pasir silika merupakan hasil pelapukan dari batu kuarsa. Dengan bentuk alami dari silikon dioksida (SiO_2). Dimana senyawa ini memiliki daya tahan temperature dan stabilitas termal yang tinggi, yang dapat berfungsi sebagai

penyimpanan energi termal yang efisien. Ini menjadikannya pilihan yang ideal untuk aplikasi penyimpanan panas yang memerlukan suhu tinggi.⁶



Gambar 2. 3 Pasir silika

Dalam konteks tugas akhir sistem penyimpanan panas berbasis pasir silika atau yang dikenal dengan *sand battery* merupakan salah satu bentuk *thermal energy storage* yang bekerja dengan prinsip penyimpanan panas secara *sensible heat*. Dalam konteks ini, pasir silika sebagai material yang sangat potensial untuk diaplikasikan sebagai media penyimpanan panas mengingat karakteristik termalnya yang unggul. Pasir silika (SiO_2) yang merupakan material granular tersusun atas silikon dioksida memiliki kapasitas panas spesifik yang tinggi ($\pm 800\text{-}950 \text{ J/kg.K}$), stabilitas termal hingga suhu $>1000^\circ\text{C}$, serta ekspansi termal yang rendah. Sifat-sifat ini, ditambah dengan ketersediaan material yang melimpah, harga ekonomis, dan ramah lingkungan, menjadikan pasir silika sebagai pilihan ideal untuk sistem penyimpanan energi termal.

Prinsip kerja sistem ini dibagi menjadi tiga tahap utama. Pertama, pada proses pengisian (*charging*), energi listrik yang dihasilkan dari panel surya diubah menjadi energi panas melalui elemen pemanas (*Heater*), kemudian disalurkan ke dalam media pasir hingga mencapai suhu target tertentu. Kedua, pada tahap penyimpanan, energi panas ditahan di dalam butiran pasir dan dijaga dengan wadah berisolasi agar kehilangan energi minimal. Ketiga, pada tahap pelepasan (*discharging*), blower dialirkan sehingga udara melewati media pasir, menyebabkan terjadinya perpindahan panas secara konveksi dari butiran pasir ke udara. Udara panas hasil proses ini kemudian dimanfaatkan untuk memanaskan

kotak penyimpanan sesuai kebutuhan.

Energi termal yang berhasil disimpan dalam sistem ini dapat dihitung secara matematis menggunakan rumus energi sensibel $Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$, dimana Q merepresentasikan energi termal tersimpan dalam Joule, m adalah massa pasir silika dalam kilogram, C_p merupakan kapasitas panas spesifik pasir silika (J/kg.K), dan ΔT adalah perubahan suhu dalam celcius.

Surasno dan Tjahjohartoto dalam seminar nasional teknologi bahan dan barang Teknik menyatakan bahwa pasir silika memiliki keunggulan dalam sistem rotary dryer untuk pengeringan industri, karena kemampuan material ini untuk mempertahankan dan mengatur distribusi panas dalam ruang silinder tertutup.⁷

2.2.4 Blower

Blower adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk mengalirkan udara atau gas dengan cara menciptakan perbedaan tekanan. Blower berfungsi untuk mendorong udara dari satu tempat ke tempat lain, dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri, termasuk sistem ventilasi, pendinginan, dan pemanas. Dalam konteks tugas akhir ini, blower berperan penting dalam mentransfer udara panas dari media penyimpanan pasir silika ke media penyimpanan panas. Dalam sistem termal, blower memiliki peran penting sebagai penggerak utama fluida kerja, terutama udara, yang berperan dalam proses perpindahan panas secara konveksi paksa.

Fitur	Spesifikasi
Merek	Hindegko mini
Arus nominal	1.5 A
Kecepatan	2500 RPM
Ukuran kipas	7.5x7.5x3cm
Keluaran	12V
Masukan	5.5x2.1 mm

Tabel 2. 1 Spesifikasi Blower



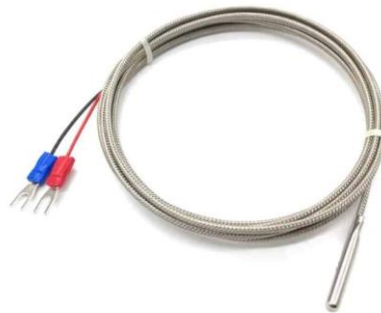
Gambar 2. 4 Blower

Blower memungkinkan udara dialirkan secara terkendali ke dalam sistem pemanas atau pendingin, sehingga mempercepat proses pelepasan atau penyerapan panas. Aliran udara ini dapat diarahkan ke media penyimpan panas seperti batu, pasir silika, atau fluida termal, yang kemudian menyerap dan menyimpan energi panas. Menurut santoso Blower berfungsi sebagai pendorong utama udara dalam sistem termal, memungkinkan perpindahan kalor berlangsung lebih efisien melalui konveksi paksa.⁸

2.2.5 Sensor Termokopel

Termokopel adalah jenis sensor suhu yang dirancang untuk mendeteksi atau mengukur temperatur melalui penggabungan dua jenis konduktor logam yang berbeda pada ujungnya, sehingga menghasilkan efek *thermoelectric*. Efek *thermoelectric* pada termokopel ini pertama kali ditemukan oleh fisikawan bernama Thomas Johann Seebeck pada tahun 1821, di mana gradien suhu yang diterapkan pada konduktor logam menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan tegangan listrik antara dua titik persimpangan *junction* tersebut dikenal sebagai efek *Seebeck*.⁹

Termokopel memiliki dua sisi yang berbeda yaitu sisi panas dan sisi dingin. Sisi panas termokopel dapat membaca suhu dari 0°C hingga $+1023,75^{\circ}\text{C}$, sedangkan untuk sisi dinginnya hanya dari -20°C hingga 85°C . Kelebihan termokopel dengan respon yang cepat terhadap perubahan suhu dan rentang suhu yang luas.



Gambar 2. 5 Sensor Termokopel tipe k

Tabel 2. 2 spesifikasi sensor temokopel tipe k

Fitur	Spesifikasi
Material	Positif: Chromel (Ni–Cr), Negatif: Alumel (Ni–Al)
Akurasi Standar	$\pm 2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau $\pm 0.75\%$ dari pembacaan
Diameter Kawat	0.25 mm – 3 mm
Rentang Suhu Operasi	$-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1260\text{ }^{\circ}\text{C}$
Respon Waktu	0.5–5 detik
Tegangan output	1 Mv

Prinsip operasi termokopel sangatlah sederhana, di mana termokopel pada dasarnya terdiri dari dua kawat konduktor logam yang berbeda jenis, yang digabungkan pada ujungnya untuk membentuk persimpangan. Salah satu jenis konduktor logam tersebut berfungsi sebagai titik referensi dengan suhu konstan atau tetap, sedangkan yang lainnya bertindak sebagai konduktor yang mendeteksi suhu panas.

2.2.6 Pipa Tembaga

Dalam sistem transfer udara panas pada tugas akhir ini, pipa tembaga digunakan sebagai media saluran udara panas dari media pasir silika menuju ke kotak penyimpanan panas. Udara yang digerakkan oleh blower akan mengalir melalui pipa, dan suhu udara tersebut akan tetap terjaga karena sifat konduktif dan radiasi termal tembaga yang baik.

Tembaga dipilih karena memiliki konduktivitas termal yang tinggi (sekitar $398 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), sehingga mampu mendukung transfer panas secara cepat antara daerah evaporator dan kondensor melalui osilasi fasa cair dan uap di dalam pipa.¹⁰



Gambar 2. 6 Pipa tembaga

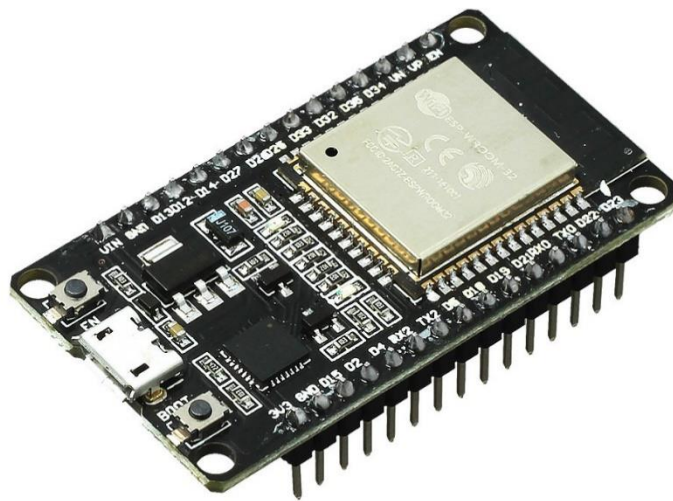
Pipa tembaga yang memiliki konduktivitas termal tinggi dapat meminimalkan kehilangan panas selama proses perpindahan energi, terutama pada sistem konveksi paksa. Oleh karena itu, penggunaan pipa tembaga tidak hanya meningkatkan efisiensi sistem, tetapi juga mengurangi waktu pemanasan dan konsumsi energi secara keseluruhan.

2.2.7 ESP 32 devkit V1

ESP32 merupakan modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan kemampuan dual-mode, yakni Wi-Fi dan Bluetooth, yang dirancang untuk memfasilitasi pengembangan berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis *Internet of Things* (IoT). ESP32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh *Espressif Systems* dan berfungsi sebagai penerus dari ESP8266, dengan menawarkan fitur tambahan serta keunggulan yang lebih superior dibandingkan generasi sebelumnya. Modul ini mencakup inti CPU, Wi-Fi berkecepatan lebih tinggi, jumlah pin GPIO yang lebih banyak, dukungan terhadap Bluetooth 4.2, serta konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat sesuai untuk implementasi berbagai proyek elektronika berbasis Internet of Things..¹¹

ESP32 DEVKIT V1 bekerja dengan menjalankan program yang diunggah

ke dalam *flash* memori mikrokontroler. Prosesor dual-core memungkinkan eksekusi multitasking secara efisien, misalnya menjalankan koneksi WiFi dan Bluetooth secara bersamaan dengan pengolahan sensor atau kontrol perangkat. Board ini menyediakan berbagai pin input/output (GPIO) yang dapat dikonfigurasi sebagai *digital input/output*, *ADC (Analog to Digital Converter)*, *DAC (Digital to Analog Converter)*, *PWM (Pulse Width Modulation)*, serta antarmuka komunikasi seperti UART, SPI, dan I2C. Dengan kemampuan ini, ESP32 DEVKIT V1 dapat menghubungkan sensor, aktuator, dan perangkat lain untuk membangun sistem IoT yang kompleks dan responsif.



Gambar 2. 7 ESP 32

Tabel 2. 3 spesifikasi ESP 32

Fitur	Spesifikasi
Mikrokontroler	ESP32-WROOM-32
Memori RAM	520 KB RAM
Memori Flash	4 MB
Tegangan Operasional	3.0-3.3 V
Dimensi Papan	52 mm x 27 mm
Port USB	Micro USB (untuk pemrograman dan daya)

GPIO	25 hingga 34 pin
Bluetooth / wifi	Ya
Tegangan Operasi	3.3 V
Clock Speed	Hingga 240 MHz

2.2.8 Liquid Crystal Display

Liquid Cryystal Display (LCD) adalah salah satu komponenn elektronika yang berfungsi sebagai tampilann suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan LCD 16x 2. LCD ini memiliki dua baris dan masing-masing baris dapat menampilkan hingga 16 karakter. Dengan menggunakan antarmuka I2C (*Inter-Integrated Circuit*), komunikasi antara mikrokontroler dan LCD menjadi lebih sederhana dan efisien, mengurangi jumlah pin yang diperlukan untuk koneksi. Hal ini sangat efisien dalam penggunaan mikrokontroler pada proyek tugas akhir ini karena menggunakan dengan jumlah pin terbatas yaitu ESP32.



Gambar 2. 8 *Liquid Crystal Display* (LCD)

Tabel 2. 4 spesifikasi *Liquid Crystal Display* (LCD)

Fitur	Spesifikasi
Tipe	LCD karakter 16x2
Jumlah Karakter	16 karakter x 2 baris
Antarmuka	I2C (SDA, SCL)
Tegangan Operasi	5V
Jumlah Pin	4 (VCC, GND, SDA, SCL)

Dimensi	80 mm x 36 mm
---------	---------------

2.2.9 Stepdown mini-360

Stepdown Mini 360 adalah modul konverter DC-DC yang mengubah tegangan input yang lebih tinggi menjadi tegangan output yang lebih rendah, ideal untuk aplikasi yang memerlukan daya stabil. Dalam sistem monitoring suhu menggunakan termokopel dalam proyek tugas akhir ini stepdown mini 360 berfungsi menstabilkan catu daya ke sensor dan mikrokontroler. serta mengurangi tegangan dari sumber dari sumber 12 V menjadi level yang dapat diterima oleh ADC, amplifier sinyal termokopel, atau mikrokontroler menjadi 3.3 V ataupun 5V.



Gambar 2. 9 *Stepdown* Mini

Tabel 2. 5 spesifikasi *stepdown* mini

Fitur	Spesifikasi
Tegangan input	4.5 – 22.5 V DC
Tegangan Outtput	1-18V DC (dapat diatur potensiometer)
Frekuensi	340 KHz
Ukuran	17mm x 11mm x 4mm
Tipe regulasi	<i>Switching Regulator (Step-Down)</i>

2.2.10 Modul MAX6675

Modul MAX6675 adalah IC yang digunakan untuk mengubah sinyal dari termokopel tipe K menjadi data digital, memungkinkan pengukuran suhu yang akurat dalam rentang 0°C hingga 1024°C. Dalam monitoring suhu, modul ini berfungsi untuk membaca dan mengonversi suhu dari termokopel, sehingga memudahkan pemantauan suhu secara real-time.



Gambar 2. 10 modul MAX6675

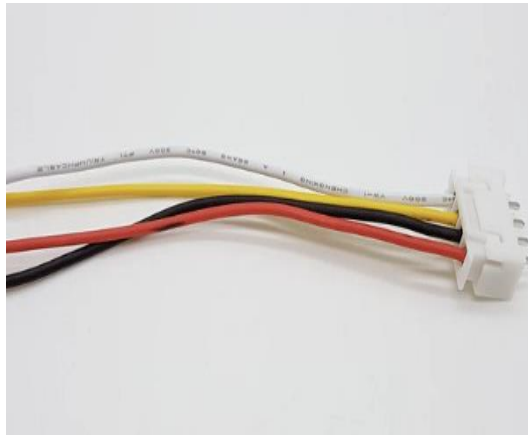
Tabel 2. 6 spesifikasi MAX6675

Fitur	Spesifikasi
Jenis sensor	Termokopel tipe k
Rentang suhu	0°C – 1024°C
Resolusi suhu	0.25°C per bit
Tegangan operasi	3.0 – 5.5 DC
Waktu konversi	0.17 detik
Ukuran	32mm x 17mm x 5mm
Frekuensi	4.3 MHz

2.2.11 Kabel JST XH

Kabel adalah sebuah komponen penting dalam sistem elektronik yang berfungsi sebagai penghubung antara berbagai perangkat elektronik, baik untuk

transmisi data maupun pengiriman daya. Kabel terdiri dari konduktor yang merupakan material yang dapat menghantarkan arus listrik, seperti tembaga yang dilapisi dengan lapisan isolasi untuk menghindari kontak langsung antar konduktor atau dengan lingkungan yang bisa menyebabkan gangguan.



Gambar 2. 11 Kabel JST XH

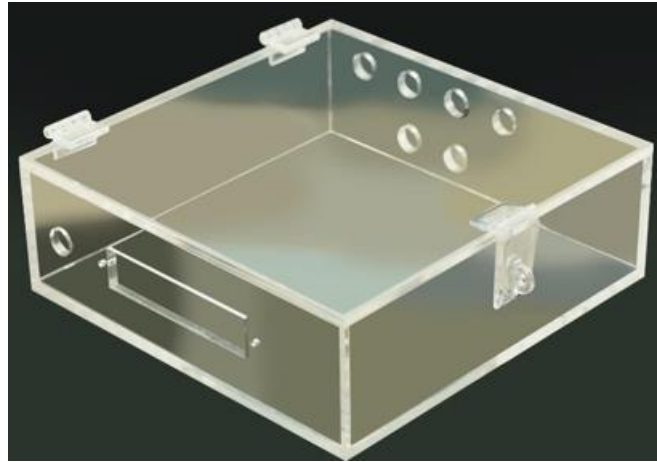
Tabel 2. 7 Spesifikasi Kabel JST XH

Fitur	Spesifikasi
Jumlah pin	4
Arus Maksimum	3 A
Tegangan Maksimu	250 V
Jarak pin	2.54 mm

Dalam proyek tugas akhir ini Kabel JST XH 2.54mm (4pin) sebagai konektor penghubung papan PCB dengan LCD sehingga menghasilkan outpun berupa hasil karakter di LCD tersebut.

2.2.12 Box akrilik

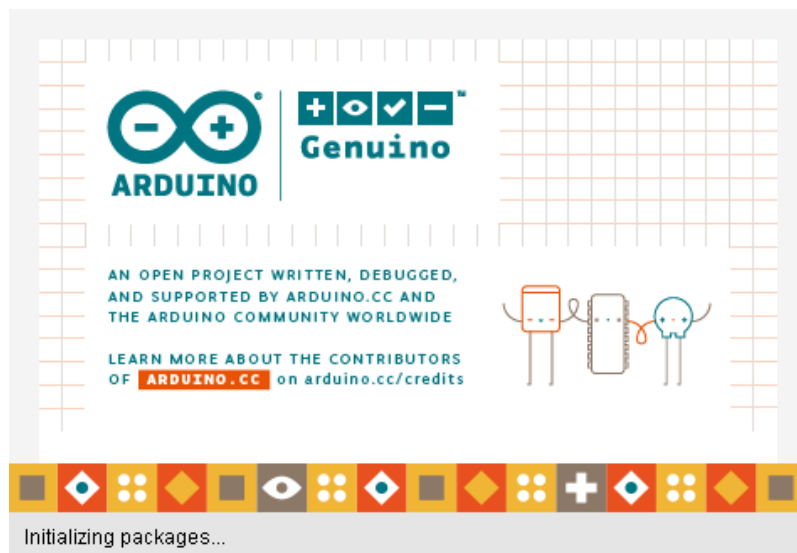
Box akrilik digunakan untuk melindungi komponen-komponen elektronik dalam monitoring suhu kotak penyimpanan panas pada proyek tugas akhir ini. Box ini terbuat dari bahan plastik kuat dan awet. Box ini dapat dibuat dengan desain yang menarik dan ekonomis.



Gambar 2. 12 Box Akrilik

2.2.13 Arduino IDE

Arduino merupakan *platform* prototipe elektronik berbasis *openn-source* yang menggunakan perangkat keras (mikrokontroler) dan perangkat lunak (Arduino IDE). Arduino IDE (*Inttegrated Developmmment Environment*) adalah lingkungan pemrograman yang digunakan untuk menulis, mengunggah, dan memantau program ke papan Arduino. Bahasa pemrogramannya merupakan turunan dari C/C++ dengan pustaka yang disederhanakan agar mudah digunakan dalam pengembangan sistem otomatisasi sederhana hingga kompleks .



Gambar 2. 13 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan memprogram kode untuk mikrokontroler Arduino. Arduino IDE dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengembangkan proyek elektronik dan mikrokontroler dengan Arduino. Berikut adalah beberapa fitur dan komponen utama dari Arduino IDE:

1. Editor Kode: Bagian utama dari Arduino IDE adalah editor teks yang memungkinkan pengguna untuk menulis dan mengedit kode dalam bahasa pemrograman C/C++. Editor ini memiliki fitur seperti pewarnaan sintaks dan indentasi otomatis untuk memudahkan penulisan kode.
2. Kompilasi dan Unggah: Arduino IDE memiliki tombol untuk mengkompilasi (menyusun) kode dan mengunggahnya ke papan Arduino. Proses kompilasi merubah kode sumber menjadi format yang dapat dieksekusi oleh mikrokontroler, sementara proses unggah mengirimkan kode tersebut ke papan Arduino melalui kabel USB atau metode lain.
3. Serial Monitor: Fitur ini memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan papan Arduino melalui port serial. Pengguna dapat mengirim dan menerima data dari mikrokontroler, yang berguna untuk debugging dan pemantauann sensor.
4. Pustaka (*Library*): Arduino IDE menyertakan berbagai pustaka yang memudahkan penggunaan berbagai sensor, modul, dan komponen lain. Pengguna juga dapat mengunduh dan menginstal pustaka tambahan sesuai kebutuhan.
5. Contoh Sketsa (*Sketches*): Arduino IDE dilengkapi dengan berbagai contoh sketsa yang merupakan program siap pakai untuk berbagai aplikasi. Contoh ini membantu pengguna memahami cara menggunakan fitur dan pustaka Arduino.
6. *Cross-platform*: Arduino IDE menyediakan berbagai sistem operasi seperti Windows, macOS, dan Linux, membuatnya dapat diakses oleh banyak pengguna dengan perangkat yang berbeda.

Arduino IDE dirancang untuk digunakan oleh pemula maupun profesional, dengan antarmuka yang sederhana dan fungsionalitas yang kuat, menjadikannya alat yang populer untuk pengembangan proyek-proyek berbasis mikrokontroler.

Pada pembuatan tugas akhir ini Arduino ide berperan sebagai tulang punggung sistem monitoring suhu di kotak penyimpanan panas.