

SISTEM MONITORING SUHU BERBASIS IOT DENGAN SENSOR THERMOCOUPLE DAN PELAPORAN OTOMATIS MENGGUNAKAN GOOGLE SHEETS PADA RUANG COLD STORAGE

Hamzah Alfarizi, Rahmad Zainul Abidin

Teknik Informatika, Universitas Yudharta Pasuruan
Jl. Yudharta No.7, Kembangkuning, Sengonagun, Pasuruan
hamzah14tpm@gmail.com

ABSTRAK

Pemantauan suhu pada ruang cold storage farmasi sangat penting untuk menjaga kualitas produk sesuai standar Good Storage Practice (GSP). Namun, metode manual yang masih digunakan sering menimbulkan keterlambatan deteksi fluktuasi suhu dan berpotensi terjadi human error. Penelitian ini merancang sistem monitoring suhu berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor Thermocouple tipe K yang terhubung dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Data suhu dikirim secara real-time ke Firebase, disimpan otomatis ke Google Sheets, dan ditampilkan pada aplikasi Android yang dikembangkan melalui MIT App Inventor. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil sensor terhadap termometer digital, pengukuran delay waktu pengiriman data, serta pengujian alarm suhu di luar rentang aman 2°C–8°C. Hasil menunjukkan rata-rata selisih pembacaan hanya 0,1°C dengan persentase error $\pm 1,81\%$, sedangkan delay rata-rata pengiriman data hanya 5–6 detik. Sistem ini mampu mempermudah pemantauan suhu secara real-time, meminimalkan kesalahan pencatatan, dan mendukung pelaporan otomatis. Solusi ini diharapkan membantu efisiensi pemantauan cold storage farmasi dan sektor lain yang membutuhkan kontrol suhu ketat.

Kata kunci : *IoT, Monitoring Suhu, Thermocouple, Firebase, Google Sheets.*

1. PENDAHULUAN

Pada era industri 4.0, penerapan teknologi informasi dan komunikasi semakin merambah ke berbagai sektor, termasuk industri farmasi. Pengendalian suhu yang akurat dan real time menjadi krusial di ruang penyimpanan produk farmasi, khususnya cold storage, untuk menjaga mutu dan keamanan produk. Di PT. Daewoong Infion, ruang cold storage diatur dengan standar suhu antara 2 hingga 8 derajat Celsius. Namun, metode monitoring yang masih dilakukan secara manual dan pencatatan data secara periodik menyebabkan keterlambatan pendeteksian perubahan suhu serta meningkatkan risiko kesalahan pencatatan akibat human error.

Studi awal mengungkapkan adanya kesenjangan antara kebutuhan akan sistem monitoring suhu yang responsif dengan metode manual yang digunakan.[1] menyatakan bahwa penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam monitoring suhu dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi pengawasan, sehingga meminimalkan keterlambatan dalam pendeteksian fluktuasi suhu.

Selain itu, akurasi pengukuran suhu sangat penting untuk menghindari kerusakan produk akibat fluktuasi suhu yang tidak terdeteksi secara cepat. Pencatatan manual tidak hanya rentan terhadap kesalahan, tetapi juga menyulitkan deteksi dini terhadap penyimpangan. [2] mengemukakan bahwa integrasi sensor digital, khususnya sensor thermocouple tipe k yang mampu untuk mengukur hingga di suhu yang ekstrem yaitu kisaran antara -200 °C dan 1250 °C, sehingga sistem IoT mampu menyediakan data yang lebih presisi dan real time. Dengan demikian, pemanfaatan sensor thermocouple

berbasis IoT diharapkan dapat mengatasi kelemahan pada sistem monitoring suhu yang masih manual.

Pendekatan sistem monitoring suhu berbasis IoT dengan pelaporan otomatis melalui Google Sheets memberikan solusi yang signifikan. Untuk memenuhi kebutuhan audit dari BPOM, diperlukan data yang tersusun dalam format Microsoft Excel. Oleh karena itu, data pada Google Sheets akan digunakan sebagai acuan untuk data tersebut, sehingga pada saat pelaporan, data dapat langsung ditunjukkan tanpa perlu pengolahan manual. Selain itu, data suhu yang dikumpulkan secara real-time memungkinkan personel untuk segera mengambil tindakan jika terjadi penyimpangan dari standar yang telah ditetapkan.

Implementasi dari sistem monitoring suhu berbasis IoT ini memberikan solusi praktis untuk pemantauan suhu ruang cold storage secara real-time dan otomatis. Data suhu yang dikirimkan ke Firebase dan tersimpan di Google Sheets dapat langsung digunakan sebagai laporan audit sesuai standar Good Storage Practice (GSP) tanpa perlu pencatatan manual. Selain itu, notifikasi melalui aplikasi Android membantu pengguna mendeteksi penyimpangan suhu lebih cepat, sehingga risiko kerusakan produk dapat diminimalkan. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mendukung keamanan dan kualitas penyimpanan produk farmasi secara lebih terukur dan terdokumentasi dengan baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sebelum melakukan penelitian ini, penulis terlebih dahulu melakukan studi literatur dengan menelusuri berbagai referensi terkait, baik berupa

buku, jurnal ilmiah, maupun sumber daring. Hal ini bertujuan untuk memahami konsep dasar dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik monitoring suhu berbasis Internet of Things (IoT).

Penelitian yang dilakukan oleh [3] berjudul “An IoT-Based Real-Time Intelligent Monitoring and Notification System of Cold Storage” menunjukkan bahwa penerapan IoT pada sistem pemantauan suhu cold storage mampu memberikan notifikasi suhu abnormal secara langsung. Namun, penelitian ini masih menggunakan platform cloud bawaan tanpa integrasi ke media pelaporan otomatis seperti Google Sheets.

Sementara itu, Nurhuda dan Khosyi'in pada tahun 2024 melalui penelitian “Perancangan Alat Uji Relay Thermal Trafo Tenaga Berbasis Arduino Mega 2560 dan Sensor Thermocouple Type K” berhasil membuktikan bahwa sensor Thermocouple tipe K memiliki tingkat akurasi yang baik untuk pengukuran suhu. Namun, sistem tersebut belum mendukung pemantauan jarak jauh karena hanya bersifat lokal.

Penelitian lain oleh [4] dalam “Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT pada Ruang Data Center” menggunakan NodeMCU ESP8266 yang terhubung ke Firebase. Hasilnya menunjukkan bahwa pengiriman data suhu ke cloud berjalan cepat dengan delay rendah, sehingga sistem efektif digunakan untuk monitoring secara real-time.

Berdasarkan referensi tersebut, penulis yakin untuk mengembangkan sistem monitoring suhu yang menggabungkan keunggulan beberapa penelitian sebelumnya. Sistem ini menggunakan sensor Thermocouple tipe K untuk akurasi suhu, NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama, Firebase sebagai basis data cloud, dan Google Sheets sebagai media pelaporan otomatis. Selain itu, aplikasi Android berbasis MIT App Inventor ditambahkan agar pengguna dapat melihat suhu dan menerima notifikasi secara real-time.

2.1. Board NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan board elektronik berbasis chip ESP8266 yang memiliki kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler sekaligus terhubung ke internet melalui WiFi. Board ini dilengkapi sejumlah pin I/O yang memungkinkan pengembangan aplikasi monitoring maupun kontrol pada proyek IoT. NodeMCU ESP8266 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE dengan compiler Arduino [5].



Gambar 1. NodeMCU ESP8266

Berikut adalah spesifikasi umum modul NodeMCU ESP8266:

a. Spesifikasi Utama:

- Mikrokontroler: ESP8266, 32-bit, Tensilica Xtensa LX106
- Tegangan Operasi: 3.3V
- Tegangan Input: 7-12V (disarankan 3.3V - 5V)
- Memori Flash: 4 MB Memori SRAM: 64 KB (beberapa sumber menyebutkan 160 KB)
- Kecepatan Clock: 80 MHz (beberapa sumber menyebutkan 40/26/24 MHz)
- WiFi: IEEE 802.11 b/g/n, 2.4 GHz Antena: PCB Antenna
- Port: Micro USB

b. Fitur Tambahan: PWM:

- Mendukung Pulse Width Modulation
- Interrupt: Mendukung interupsi pada pin I/O
- Lua Scripting: Dapat diprogram dengan bahasa Lua, namun juga mendukung Arduino IDE
- Open Source: Platform open-source untuk pengembangan IoT

c. Perlu diperhatikan:

- NodeMCU beroperasi pada tegangan 3.3V, hindari memberikan tegangan lebih dari 3.6V.
- Untuk interfacing dengan perangkat 5V, gunakan level shifter (logic level converter).
- Modul ini memiliki beberapa varian, pastikan untuk merujuk pada datasheet spesifik dari modul yang digunakan.

2.2. Sensor Thermocouple Type K

Termokopel (Thermocouple) merupakan sensor suhu yang berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur temperatur melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang disatukan pada ujungnya sehingga menghasilkan efek thermo-electric [6].



Gambar 2. Sensor Thermocouple Type K

Thermocouple tipe K terbuat dari nickel-chromium sebagai konduktor positif dan nickel-aluminium sebagai konduktor negatif, dengan rentang pengukuran suhu antara -200 hingga 1250 °C dan memiliki standar akurasi $\pm 0,5$ °C.

2.3. Arduino IDE

IDE disingkat dari Integrated Development Environment yang dalam bahasa Indonesia berarti lingkungan yang dikembangkan. Dikatakan sebagai “lingkungan” karena perangkat inilah Arduino dapat

diprogram. Arduino sendiri menggunakan bahasa pemrograman khusus yang hampir sama dengan bahasa pemrograman C [7].

2.4. Firebase

Firebase merupakan platform pengembangan aplikasi yang disediakan oleh Google menyediakan berbagai layanan yang mendukung pengembangan aplikasi mobile, termasuk database NoSQL real-time yang memungkinkan akses data yang cepat dan mudah melalui kode aplikasi [8].

2.5. Google Sheets

Google Sheets atau Spreadsheet adalah aplikasi yang dimiliki oleh Google Inc. dan dirancang untuk memenuhi keperluan organisasi yang dinamis. Dengan dukungan fitur kecerdasan buatan, pengguna dapat memperoleh kemudahan dalam mengambil keputusan yang lebih tepat. Selain itu, Spreadsheet memanfaatkan penyimpanan berbasis awan (Cloud Storage), sehingga dapat diakses kapan saja, di mana saja, dan oleh siapa saja [9].

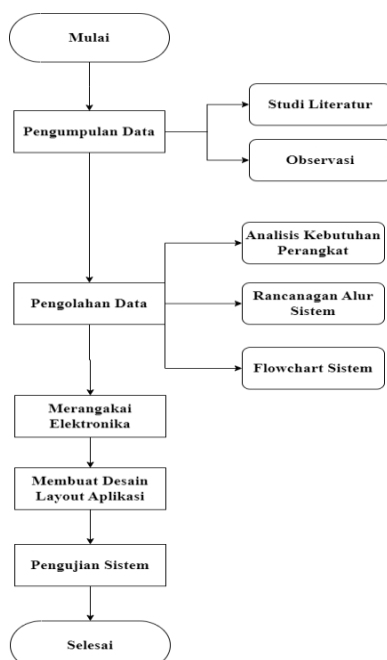
2.6. Mit App Inventor

MIT App Inventor merupakan platform pemrograman visual yang memungkinkan pembuatan aplikasi Android tanpa harus memiliki pengetahuan mendalam tentang coding. Platform ini dirancang untuk mempermudah siapa saja, termasuk yang tidak memiliki latar belakang teknis, dalam membuat aplikasi mobile yang fungsional [10].

3. METODE PENELITIAN

Sistem yang dibangun pada sistem monitoring suhu ini dapat digambarkan seperti ini :

3.1. Metodologi Penelitian



Gambar 3. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian pada sistem monitoring suhu ini terdapat 5 tahap proses dan sub proses yang harus dilalui. Berikut Gambaran dari metodologi penelitiannya.

3.2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data adalah proses memperoleh serta menghimpun data dengan memanfaatkan berbagai instrumen atau alat bantu pengumpulan data. Pada penelitian ini, proses pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu studi literatur, dan observasi.

3.3. Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data atau analisis data merupakan tahapan selanjutnya setelah berhasil melakukan pengumpulan data.

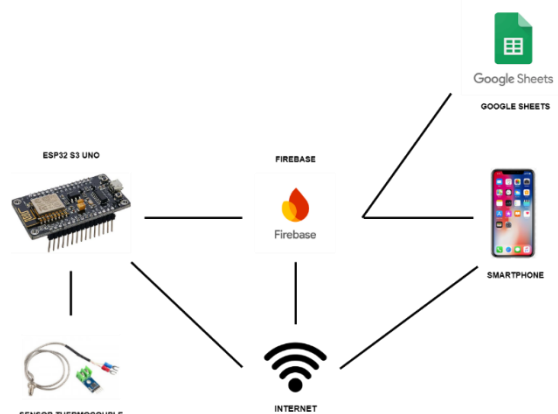
3.3.1. Analisis Kebutuhan Perangkat

Kebutuhan hardware (perangkat keras) dan software (perangkat lunak) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Kebutuhan Perangkat Keras (Hardware) :
 - Laptop/PC
 - NodeMCU ESP8266
 - Modul Max6675
 - Sensor Thermocouple Type K
- Kebutuhan Perangkat Lunak (Software) :
 - Windows 11 Pro
 - Arduino IDE
 - Google Sheets
 - Firebase
 - MIT APP Inventor

3.3.2. Rancangan Alur Sistem

Penulis merancang alur kerja sistem monitoring suhu berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor thermocouple yang terhubung pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266.



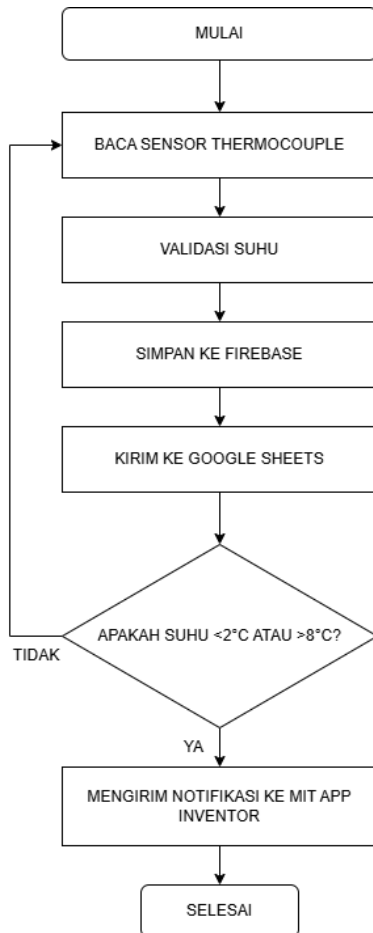
Gambar 4. Rancangan Alur Sistem

Mikrokontroler tersebut membaca data suhu dari sensor, lalu mengirimkannya melalui jaringan Wi-Fi ke Firebase sebagai pusat penyimpanan data secara real-time. Dari Firebase, data suhu diteruskan ke Google Sheets untuk keperluan pencatatan dan

pelaporan, serta ke aplikasi Android yang dibangun menggunakan MIT App Inventor untuk memberikan notifikasi suhu secara langsung ke pengguna.

3.3.3. Flowchart Sistem

Flowchart menjelaskan urutan logika dan proses sistem mulai dari pembacaan sensor hingga pengiriman data ke Google Sheets dan notifikasi ke pengguna.



Gambar 5. Flow Chart Sistem

Keterangan :

- Mulai
Proses dimulai ketika sistem diaktifkan.
- Baca Sensor Thermocouple
Sistem membaca data suhu dari sensor thermocouple tipe K yang terhubung ke mikrokontroler (misalnya NodeMCU ESP8266).
- Validasi Suhu
Data suhu yang dibaca divalidasi untuk memastikan bahwa nilainya sesuai dan tidak error atau out of range.
- Simpan ke Firebase
Setelah validasi berhasil, data suhu disimpan ke database real-time Firebase untuk pencatatan dan pemantauan secara cloud.
- Kirim ke Google Sheets
Data suhu yang sudah disimpan juga dikirim ke Google Sheets secara otomatis untuk pencatatan dan laporan.

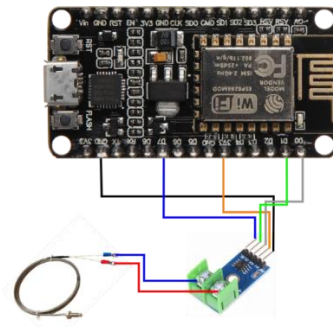
- Apakah Suhu $<2^{\circ}\text{C}$ atau $>8^{\circ}\text{C}$?

Sistem melakukan pengecekan apakah suhu berada di luar batas ambang yang ditentukan (kurang dari 2°C atau lebih dari 8°C). Ini adalah batas aman untuk cold storage.

- Jika Tidak: Proses kembali ke pembacaan sensor dan berjalan secara berulang.
 - Jika Ya: Sistem akan mengirimkan notifikasi.
- Mengirim Notifikasi ke MIT App Inventor
Apabila suhu melebihi batas aman, sistem akan mengirimkan notifikasi ke aplikasi Android yang dikembangkan menggunakan MIT App Inventor, sehingga pengguna dapat segera menerima peringatan.
 - Selesai
Proses selesai setelah notifikasi dikirimkan. Sistem kemudian dapat mengulangi proses dari awal secara berkala.

3.4. Rangkaian Elektronika

Berikut adalah rangkaian elektronik dari proyek sistem monitoring suhu.



Gambar 6. Rangkaian Elektronik

Gambar di atas adalah Gambaran untuk rangkaian elektronika ada 1 komponen yang terhubung pada NodeMCU dan sensor ke modul Max6675 yaitu :

Max6675 :

- Pin warna hitam terhubung pada pin GND pada NodeMCU ESP8266
- Pin warna oranye terhubung pada pin 3v3 pada NodeMCU ESP8266
- Pin warna abu abu terhubung pada pin D0 pada NodeMCU ESP8266
- Pin warna hijau terhubung pada pin I01 pada NodeMCU ESP8266
- Pin warna biru terhubung pada pin I07 pada NodeMCU ESP8266

Sensor Thermocouple Type K :

- Pin biru pada sensor dihubungkan ke socket negatif (-) pada Max6675
- Pin merah pada sensor dihubungkan ke socket positif (+) pada Max6675

3.5. Pengujian Sistem

Sistem akan melalui serangkaian pengujian dengan tahapan sebagai berikut:

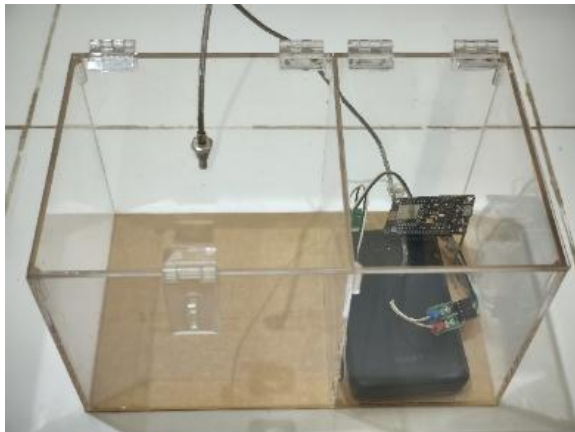
- Pengujian Sensor: Apakah thermocouple mampu mendeteksi suhu di kisaran 2–8°C secara akurat.
- Pengujian Koneksi: Apakah ESP8266 dapat mengirim data ke Firebase dan Google Sheets secara stabil.
- Pengujian Notifikasi: Apakah sistem mengirim notifikasi saat suhu keluar dari rentang normal.
- Pengujian Delay: Mengukur waktu dari pembacaan sensor hingga data muncul di Google Sheets dan aplikasi Android.
- Uji Validasi Akurasi Data: Membandingkan data sensor dengan thermometer digital sebagai alat kontrol.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah tahap tahap penyusunan perangkat dari hardware hingga software.

4.1. Merancang Perangkat Keras

Perangkat keras yang dikembangkan dalam penelitian ini disebut Monitoring Suhu Menggunakan Sensor Thermocouple. Komponen perangkat kerasnya terdiri dari ESP8266, modul MAX6675 dan sensor Thermocouple type K.



Gambar 7. Alat Secara Keseluruhan

Gambar di atas memperlihatkan rangkaian keseluruhan dari alat monitoring yang dimulai dari powerbank yang menyalurkan daya pada mikrokontroller, dilanjutkan dengan 5 kabel yang terhubung ke pin modul MAX6675 sebagai penghubung dengan sensor thermocouple kemudian kabel dan pin dipasangkan sesuai dengan source code yang dibuat. Berikut adalah gambar alat yang sudah berhasil terhubung dengan android dan Mit App Inventor.

4.2. Software Arduino IDE

Berikut adalah Gambaran dari source code yang digunakan untuk menjalankan alat sistem monitoring suhu.

```

1  #include <ESP8266WiFi.h>
2  #include <FirebaseArduino.h>
3  #define FIREBASE_HOST "arduinoyp.firebaseio.com"
4  #define FIREBASE_AUTH "I4ypeVihhiELxSk4J8wUB8qWp33Zcp5GsEm1v0i"
5  #define WIFI_SSID "ARDUINO"
6  #define WIFI_PASSWORD "123456789"
7
8  float suhu;
9  String nilai;
10
11 void setup() { //nodemcu
12   //pinMode(D2, INPUT); //lembab
13   pinMode(A0, INPUT); //suhu
14
15   // connect to wifi.
16   WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
17   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
18     delay(1000);
19   }
20   Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
21 }
22
23 void loop() {
24   //lembab=digitalRead(D2);
25   suhu = analogRead(A0); //membaca nilai sensor suhu
26   suhu = (suhu / 1024) * 5000;
27   suhu = (suhu / 10);
28   //Firebase.setFloat("jamur/suhu", suhu);
29   Firebase.setString("hamzah/suhu", String(suhu));
30
31   delay(1000);
32 }

```

Gambar 8. Source Code

Source code ini yang nantinya akan di upload pada mikrokontroller NodeMCU ESP8266.

4.3. Mit App Inventor

Dibawah ini adalah Gambaran dari tampilan login pada mit app inventor.



Gambar 9. Tampilan Login

Dari menu login tersebut kita login dan masuk dengan username dan password yang telah dibuat kemudian akan masuk ke tampilan menu utama.

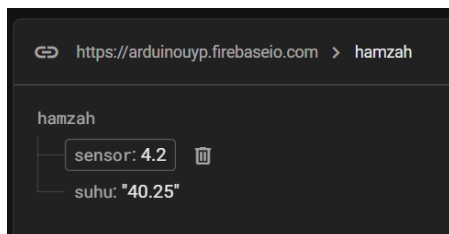


Gambar 10. Tampilan Menu Utama

Pada tampilan menu utama menunjukkan nilai suhu yang akan menampilkan suhu yang telah dibaca oleh sensor. Kemudian pada suhu minimal dan suhu maksimal dapat di setting sesuai dengan kebutuhan. Histori juga ditambahkan untuk memantau record dari suhu yang terbaca.

4.4. Data pada Firebase

Pada firebase data sensor ditunjukkan pada bar menu realtime database dengan nama penulis, kemudian suhu tampil di bawahnya seperti gambar dibawah.



Gambar 11. Tampilan Suhu Pada Firebase

Suhu yang telah dibaca oleh sensor akan masuk ke realtime database dan bisa digunakan pada aplikasi android dari mit app inventor.

4.5. Data pada Google Sheet

Berikut adalah Gambaran data yang disimpan pada google sheet.

	Timestamp	sensor
1	21/06/2025 20:48:20	5.44
2	22/06/2025 9:47:49	26.38
3	22/06/2025 9:48:19	26.38
4	22/06/2025 9:48:49	26.38
5	22/06/2025 9:49:19	26.38

Gambar 12. Tampilan Google Sheets

Pada google sheet dibuat sangat sederhana dengan menampilkan timestamp dan suhu aktual yang dibaca oleh sensor thermocouple dan diproses oleh mit app inventor, kemudian disimpan dalam bentuk data sheet pada google sheets.

4.6. Hasil

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi pembacaan suhu pada sistem dengan membandingkannya terhadap alat ukur standar, yakni termometer digital laboratorium.

Rumus Perhitungan

- a. Selisih Pengukuran (Error):

$$Error_i = |T_{sensor_i} - T_{standar_i}|$$

- b. Rata-rata Error per Hari:

$$Rata - rata Error Harian = \frac{\sum_{i=1}^n Error_i}{n}$$

- c. Persentase Error Rata-rata:

$$Presentase Error = \left(\frac{Rata - rata Error}{Rata - rata Suhu Standar} \right) \times 100\%$$

4.6.1. Pengujian Suhu Ruang

Tabel 1. Pengujian Suhu Ruang

Waktu	Termometer Digital (°C)	Thermocouple IoT (°C)	Selisih (°C)
07.00	4.1	4.2	0.1
10.00	5	5.1	0.1
13.00	6.2	6.3	0.1
16.00	6.7	6.6	0.1
19.00	5.4	5.5	0.1

Rata-rata Error :

$$0.5/5=0.1^{\circ}\text{C}$$

Rata-rata Suhu Standar :

$$(4.1+5.0+6.2+6.7+5.4)/5=5.48^{\circ}\text{C}$$

Persentase Error:

$$(0.1/5.48) \times 100\% = 1.82\%$$

4.6.2. Pengujian Delay Waktu

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kecepatan sistem dalam mengirimkan data dari sensor ke Firebase, yang kemudian diteruskan ke Google Sheets serta aplikasi Android.

Rumus Perhitungan Delay Rata-rata:

$$Rata - rata Delay = \frac{\sum Total Delay per Uji}{n}$$

Keterangan:

- $\sum$ Total Delay per Uji = total waktu jeda seluruh pengujian
- n = jumlah pengujian

Tabel 2. Pengujian Delay Waktu

Uji ke-	Waktu (Sensor)	Firebase	Google Sheets	Total Delay
1	10:00:00	10:00:02	10:00:05	5 detik
2	10:05:00	10:05:02	10:05:06	6 detik
3	10:10:00	10:10:01	10:10:04	4 detik
4	10:15:00	10:15:03	10:15:07	7 detik
5	10:20:00	10:20:02	10:20:05	5 detik

$$\text{Rata - rata Delay} = \frac{27}{5} = 5.4 \text{ detik}$$

Rata-rata waktu delay sistem dari sensor hingga tampil di Google Sheets adalah 5–6 detik. Ini masih tergolong cepat dan real-time untuk kebutuhan monitoring cold storage. Waktu delay dapat bervariasi tergantung kualitas jaringan internet.

4.6.3. Pengujian Alarm

Pengujian alarm dilakukan untuk memastikan bahwa sistem memberikan peringatan jika suhu berada di luar batas 2°C–8°C, sesuai standar GSP.

Tabel 3. Pengujian Alarm

Skenario	Suhu Terdeteksi	Batas Aman	Notifikasi	Waktu Respon
Suhu Rendah	1.7°C	< 2°C	Ya	3 Detik
Suhu Normal	4.4°C	2–8°C	Tidak	-
Suhu Tinggi	8.3°C	> 8°C	Ya	2 Detik

Alarm dan notifikasi pada aplikasi Android berjalan dengan baik. Sistem berhasil mendeteksi suhu di luar ambang batas dan memberikan peringatan dalam waktu kurang dari 5 detik. Ini membuktikan bahwa fitur respons darurat sistem bekerja sesuai harapan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem monitoring suhu berbasis IoT yang dikembangkan menggunakan sensor Thermocouple tipe K, NodeMCU ESP8266, dan Firebase sebagai cloud database berhasil diimplementasikan dengan baik. Data suhu dapat dipantau secara real-time melalui Google Sheets dan aplikasi Android berbasis MIT App Inventor, sehingga mempermudah pemantauan jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor cukup tinggi dengan rata-rata selisih hanya 0,1°C dan persentase error $\pm 1,81\%$, sementara delay pengiriman data ke cloud rata-rata 5–6 detik yang masih dapat diterima untuk kebutuhan real-time. Selain itu, fitur alarm dan notifikasi mampu memberikan peringatan cepat saat suhu berada di luar rentang aman 2°C–8°C, sehingga membantu deteksi dini dan mencegah kerusakan produk. Dengan demikian, sistem ini dinilai efektif, akurat, dan praktis untuk pemantauan suhu pada ruang cold storage farmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Y. Rangan, Amelia Yusnita, and Muhammad Awaludin, "Sistem Monitoring berbasis Internet of things pada Suhu dan Kelembaban Udara di Laboratorium Kimia XYZ," *J. E-Komtek*, vol. 4, no. 2, pp. 168–183, 2020, doi: 10.37339/e-komtek.v4i2.404.
- [2] M. K. Muhammad Nurhuda, "PERANCANGAN ALAT UJI RELAY THERMAL TRAFO TENAGA BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DAN SENSOR SUHU THERMOCOUPLE TYPE K," vol. 6, no. Table 10, pp. 4–6, 2024.
- [3] H. Afreen and I. S. Bajwa, "An IoT-Based Real-Time Intelligent Monitoring and Notification System of Cold Storage," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 38236–38253, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3056672.
- [4] R. Kusumah, H. I. Islam, and S. Sobur, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis Internet of Things (IoT) Pada Ruang Data Center," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 7, no. 1, pp. 82–88, 2023, doi: 10.30871/jaic.v7i1.5199.
- [5] Tri Sulistyorini, Nelly Sofi, and Erma Sova, "Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Alat Mematikan Dan Menghidupkan Lampu," *J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 3, pp. 40–53, 2022, doi: 10.56127/juit.v1i3.334.
- [6] C. Sulaeman and Kusnadi, "Kalibrasi Sensor Temperatur Dengan Metoda," *Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 131–137, 2011.
- [7] N. Nurlaila, S. Paembonan, and R. Suppa, "Rancang Pendeteksian Kecepatan Kendaraan Berbasis Arduino," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4771.
- [8] R. Siti Arofah and S. Fazrin Nasrulloh, "Rancang Bangun Aplikasi Manajemen Dan Kolaborasi Kelas Dalam Perkuliahan Menggunakan Flutter Dan Firebase," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 5, pp. 9865–9875, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.10751.
- [9] M. Asqia and T. Nabarian, "Pemanfaatan Google Sheets dan Google Form untuk Layanan Administrasi Mahasiswa Menggunakan Konsep Electronic Service Quality," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 7, no. 1, pp. 15–22, 2021, doi: 10.54914/jtt.v7i1.339.
- [10] S. Nurul Hidayat, "Jurnal Sains dan Teknolog Aplikasi To-Do List Berbasis Android dengan MIT App Inventor," *J. Sains Dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2024.