SISTEM MONITORING *COLD STORAGE* BERBASIS PROGRESSIVE WEB APP DENGAN ARDUINO UNO R4

SKRIPSI

Jurusan Informatika

Program Studi Sarjana Informatika

Oleh:

IVANA HERMILI

NIM D1041221073

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

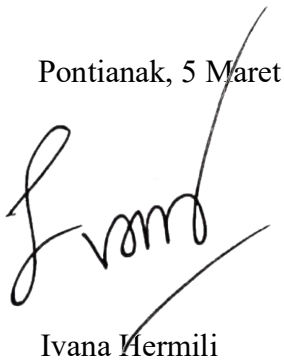
Nama : Ivana Hermili

NIM : D1041221073

menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul "Sistem Monitoring *Cold Storage* Berbasis Progressive Web App dengan Arduino UNO R4" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 5 Maret 2026



Ivana Hermili

NIM D1041221073

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

SISTEM MONITORING *COLD STORAGE* BERBASIS PROGRESSIVE WEB APP DENGAN ARDUINO UNO R4

Jurusan Informatika
Program Studi Sarjana Informatika

Oleh:

Ivana Hermili
NIM. D1041221073

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 3 Juni 2026
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Morteza Muthahhari, S.Kom., M.T.I. NIP. 198607092019031008
Dosen Pembimbing Kedua	: Ir. Rickhy Artha Octaviyana, S.Kom., M.M., M.Kom. NIP. 199510302024061002
Dosen Penguji Utama	: Haried Novriando, S.Kom., M.Eng. NIP. 198611132020121005
Dosen Penguji Kedua	: Ibnu Arif, S.Kom., M.Kom. NIP. 199811012024061001

Pontianak, 3 Juni 2026

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama,

Morteza Muthahhari, S.Kom., M.T.I.
NIP. 198607092019031008

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih, penyertaan, berkat, serta kekuatan yang senantiasa diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Karya sederhana ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta dan kedua adik laki-laki penulis yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, nasihat, serta pengorbanan yang tidak pernah berhenti hingga saat ini. Terima kasih karena selalu menjadi tempat pulang, sumber kekuatan, dan alasan penulis untuk terus berjuang menyelesaikan pendidikan ini.

Kepada keluarga, sahabat, teman-teman seperjuangan, dosen, serta seluruh pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, terima kasih atas segala bantuan, dukungan, doa, dan pengalaman berharga yang telah diberikan selama masa perkuliahan.

Untuk penulis sendiri, terima kasih karena sudah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah meskipun banyak tantangan, rasa lelah, serta keraguan yang harus dihadapi. Terima kasih karena sudah melakukan yang terbaik hingga mampu menyelesaikan perjalanan ini. Semoga setiap usaha yang telah dilakukan menjadi langkah awal menuju masa depan yang lebih baik.

"*Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku*"

(Filipi 4:13)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Sistem Monitoring *Cold Storage* Berbasis Progressive Web App dengan Arduino UNO R4". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

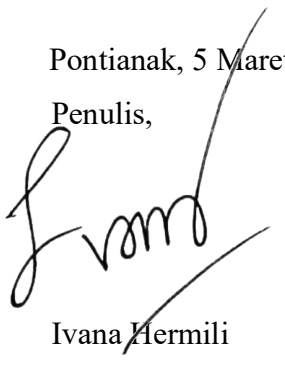
1. Kedua orang tua penulis yang telah membesarkan, merawat, serta senantiasa memberikan dukungan dan doa di setiap langkah penulis. Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Wilin Hermili yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk membantu proses pembuatan alat penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Saudara serta keluarga penulis yang telah menemani, memberikan semangat, dan dukungan selama masa studi maupun penyusunan skripsi penulis.
3. Ibu Niken Candraningrum, S.T., M.Cs. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa studi penulis.
4. Bapak Morteza Muthahhari, S.Kom., M.T.I. selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan dukungan, arahan, dan bimbingan dalam penyusunan skripsi penulis.
5. Bapak Ir. Rickhy Artha Octaviyana, S.Kom., M.M., M.Kom. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan dukungan, arahan, dan bimbingan dalam penyusunan skripsi penulis.
6. Bapak Haried Novriando, S.Kom., M.Eng. selaku dosen penguji pertama yang telah berkenan memberikan masukan dan saran yang berharga dalam penyusunan skripsi penulis.
7. Bapak Ibnu Arif, S.Kom., M.Kom. dosen penguji kedua yang telah berkenan memberikan masukan dan saran yang berharga dalam penyusunan skripsi penulis.

8. Segenap tenaga pendidik dan administrasi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang telah membantu dalam kelancaran masa studi dan proses penyusunan skripsi penulis.
9. Teman-teman seperjuangan penulis sejak awal masa perkuliahan, Fiona Zarifha, Sesilia Noviani Holy, Nova Citra Kharisma, Nabilah Adani Koagouw dan Debby Seftia, yang selalu menemani, memberikan semangat, serta dukungan selama studi hingga proses penyusunan skripsi ini.
10. Sahabat-sahabat penulis sejak masa sekolah, yaitu Senia, Hanny, Amanda, Carissa, Yopita, Ayumi, Jennifer, Vanessa, dan Cynthia, yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, doa, serta menjadi tempat berbagi cerita selama masa studi dan proses penyusunan skripsi ini.
11. Teman-teman Mahasiswa Program Studi Informatika Angkatan 2022 yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama menempuh pendidikan di bangku perkuliahan.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, dan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Informatika.

Pontianak, 5 Maret 2026

Penulis,



Ivana Hermili

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring prototipe cold storage berbasis Progressive Web App (PWA) yang mampu memantau suhu serta status komponen utama, yaitu kompresor, kondensor, dan evaporator secara *real-time*. Permasalahan yang sering terjadi pada cold storage adalah keterlambatan dalam mengetahui perubahan suhu dan kondisi sistem yang dapat memengaruhi kualitas penyimpanan. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode waterfall dengan memanfaatkan mikrokontroler Arduino UNO R4 WiFi dan sensor suhu DS18B20, serta antarmuka berbasis PWA untuk visualisasi data, penyimpanan histori, dan pengiriman *push notification*. Pengujian sistem dilakukan melalui black box testing, pengujian notifikasi, dan pengujian interval pembaruan data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Sistem berhasil memvisualisasikan data suhu dan status komponen, menyimpan konfigurasi batas suhu, serta mengirimkan notifikasi saat terjadi hal di luar batas normal baik dari suhu maupun komponen. Selain itu, hasil pengujian interval pembaruan data menunjukkan rata-rata waktu pembaruan sebesar 7,64 detik sehingga sistem mampu menyediakan informasi pemantauan secara *real-time* dengan rata-rata interval pembaruan data sebesar 7,64 detik kepada pengguna.

Kata Kunci: Arduino UNO R4 WiFi, *cold storage*, *Internet of Things*, monitoring, *push notification*, *progressive web app*

ABSTRACT

This study aims to design and implement a Progressive Web App (PWA)-based monitoring system for a cold storage prototype capable of monitoring temperature and the status of key components, namely the compressor, condenser, and evaporator, in real time. A common issue in cold storage systems is the delay in detecting temperature changes and system conditions that may affect storage quality. The system was developed using the waterfall method by utilizing an Arduino UNO R4 WiFi microcontroller and a DS18B20 temperature sensor, along with a PWA-based interface for data visualization, historical data storage, and push notification delivery. System testing was conducted through black box testing, notification testing, and data update interval testing. The test results showed that all system functions operated according to the specified requirements. The system successfully visualized temperature data and component status, stored temperature threshold configurations, and delivered notifications when abnormal conditions were detected in either temperature values or system components. Furthermore, the data update interval test produced an average update time of 7.64 seconds, indicating that the system is capable of providing real-time monitoring information to users.

Keywords: Arduino UNO R4 WiFi, cold storage, Internet of Things, monitoring, push notification, progressive web app

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERSEMBAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xv
GLOSARIUM xvi
DAFTAR LAMPIRAN xx
BAB I 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Pembatasan Masalah 4
1.5 Sistematika Penulisan 5
BAB II 6
2.1 Landasan Teori 6
2.1.1 Sistem 6
2.1.2 Monitoring 7
2.1.3 Internet of Things (IoT) 8
2.1.4 *Cold Storage* 8
2.1.5 Kompresor 9
2.1.6 Kondensor 9
2.1.7 Evaporator 10
2.1.8 Blower 11
2.1.9 Panel Listrik 11
2.1.10 Programmable Logic Controller Mitsubishi MELSEC 12
2.1.11 Miniature Circuit Breaker 13
2.1.12 Relay Omron MY2N 13

2.1.13 Fuse 14
2.1.14 Power Supply 15
2.1.15 Terminal Block 16
2.1.16 Kabel Duct 17
2.1.17 Mikrokontroler 17
2.1.18 Arduino 18
2.1.19 Arduino UNO R4 WiFi 19
2.1.20 Arduino IDE 20
2.1.21 Kabel Jumper 21
2.1.22 Modul Relay 4 Channel 21
2.1.23 Resistor Pull-up 22
2.1.24 Active Low 23
2.1.25 DS18B20 24
2.1.26 Thermocouple 25
2.1.27 Temperature Controller REX-C100 26
2.1.28 Digital Power Meter Peacefair PZEM-022 27
2.1.29 Pilot Lamp 28
2.1.30 Modul Peltier TEC1-12706 29
2.1.31 *Push notification* 30
2.1.32 Visualisasi Data 31
2.1.33 Progressive Web App (PWA) 31
2.1.34 HyperText Markup Language (HTML) 32
2.1.35 Cascading Style Sheets (CSS) 33
2.1.36 Figma 34
2.1.37 ReactJS 35
2.1.38 NodeJS 36
2.1.39 JavaScript Object Notation (JSON) 36
2.1.40 REST API 37
2.1.41 HTTP GET & POST 38
2.1.42 PostgreSQL 39
2.1.43 Firebase 40
2.1.44 Supabase 40

2.1.45 Edge Functions 41
2.1.46 FCM (Firebase Cloud Messaging) Token 42
2.1.47 Service Worker 43
2.1.48 Basis Data 44
2.1.49 Unified Modelling Language (UML) 44
2.1.49.1 Use Case Diagram 45
2.1.49.2 Activity Diagram 48
2.1.49.3 Sequence Diagram 50
2.1.49.4 Entity Relationship Diagram 52
2.1.49.5 Class Diagram 56
2.1.50 Metode Waterfall 57
2.1.51 Diagram Alir 58
2.1.52 *Black Box Testing* 58
2.2 Penelitian Terkait 58
BAB III 60
3.1 Metodologi Penelitian 60
3.1.1 Pendekatan Penelitian 61
3.1.2 Metode Pengumpulan Data 61
3.1.3 Model Pengembangan Sistem 62
3.2 Analisis Pengembangan 65
3.2.1 Deskripsi Sistem 65
3.2.2 Kebutuhan Sistem 67
3.2.3 Kebutuhan Pengguna (*User Requirement*) 68
3.3 Perancangan Sistem 69
3.3.1 Use Case Diagram 69
3.3.2 Activity Diagram 71
3.3.3 Sequence Diagram 77
3.3.4 *Entity Relationship Diagram* 83
3.3.5 Kamus Data 84
3.3.6 *Class Diagram* 87
3.4 Perancangan Antarmuka Pengguna 88
3.4.1 Analisis Pengguna 88

3.4.2 Perancangan Informasi 89
3.4.3 Low Fidelity Prototipe 91
3.4.4 High Fidelity Prototipe 92
3.5 Arsitektur Sistem 94
3.6 Protokol Komunikasi IoT 95
3.7 Infrastruktur Backend dan Hosting 96
3.8 Infrastruktur Server dan Aplikasi 97
3.9 Validasi Sistem 98
3.10 Skema Pengujian 100
3.11 Pengujian Interval Pembaruan Data 101
BAB IV 103
4.1 Implementasi Sistem 103
4.1.1 Implementasi Perangkat Keras 103
4.1.1.1 Prototipe Cold Storage 103
4.1.1.2 Panel Listrik Sistem 104
4.1.1.3 Integrasi Arduino UNO R4 WiFi dan Wiring Sistem 107
4.1.2 Implementasi Database 109
4.1.3 Implementasi Backend dan API 111
4.1.4 Implementasi PWA 114
4.1.5 Implementasi Sistem Notifikasi 119
4.2 Pengujian Sistem 121
4.2.1 Pengujian Fungsional Sistem (Blackbox) 121
4.2.2 Pengujian Sistem Notifikasi 123
4.2.3 Pengujian Interval Pembaruan Data 124
4.3 Analisis Hasil Pengujian 125
4.3.1 Analisis Fungsionalitas dan Komunikasi Data 125
4.3.2 Analisis Keandalan Sistem Notifikasi Peringatan 126
4.3.3 Analisis Hasil Pengujian Interval Pembaruan Data 126
BAB V 127
5.1 Kesimpulan 127
5.2 Saran 128
DAFTAR RUJUKAN 129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cold Storage 9
Gambar 2.2 Panel Listrik 12
Gambar 2.3 PLC Mitsubishi MELSEC 13
Gambar 2.4 MCB 13
Gambar 2.5 Relay Omron MY2N 14
Gambar 2.6 Fuse 15
Gambar 2.7 Power Supply JX-300W-12V 16
Gambar 2.8 Terminal Block 16
Gambar 2.9 Kabel Duct 17
Gambar 2.10 Arduino UNO R4 WiFi 20
Gambar 2.11 Arduino IDE 21
Gambar 2.12 Kabel Jumper 21
Gambar 2.13 Modul Relay 4 Channel 22
Gambar 2.14 DS18B20 25
Gambar 2.15 Thermocouple 26
Gambar 2.16 Temperature Controller REX C-100 27
Gambar 2.17 Pilot Lamp 29
Gambar 2.18 Modul Peltier TEC1-12706 30
Gambar 2.19 HTML 33
Gambar 2.20 CSS 33
Gambar 2.21 Figma 34
Gambar 2.22 ReactJS 35
Gambar 2.23 NodeJS 36
Gambar 2.24 PostgreSQL 39
Gambar 2.25 Firebase 40
Gambar 2.26 Supabase 41
Gambar 2.27 Metode Waterfall 57
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian 60
Gambar 3.2 Metodologi Waterfall 63
Gambar 3.3 Use Case Diagram 69
Gambar 3.4 Activity Diagram Melihat Data Monitoring 71

Gambar 3.5 Activity Diagram Mengatur Batas Suhu 72
Gambar 3.6 Activity Diagram Menerima Notifikasi 73
Gambar 3.7 Activity Diagram Melihat Grafik Monitoring 74
Gambar 3.8 Activity Diagram Melihat Histori Data 75
Gambar 3.9 Activity Diagram Mengekspor Data 76
Gambar 3.10 Sequence Diagram Melihat Data Monitoring 77
Gambar 3.11 Sequence Diagram Mengatur Batas Suhu 78
Gambar 3.12 Sequence Diagram Menerima Notifikasi 79
Gambar 3.13 Sequence Diagram Melihat Grafik Monitoring 80
Gambar 3.14 Sequence Diagram Melihat Histori Data 81
Gambar 3.15 Sequence Diagram Mengekspor Data 82
Gambar 3.16 Entity Relationship Diagram 83
Gambar 3.17 Class Diagram 87
Gambar 3.18 Lo-Fi Prototipe 92
Gambar 3.19 Hi-Fi Prototipe 93
Gambar 3.20 Arsitektur Sistem 94
Gambar 3.21 Infrastruktur Server dan Aplikasi 98
Gambar 4.1 Tampak Belakang Prototipe Cold Storage 103
Gambar 4.2 Tampak Dalam Prototipe Cold Storage 104
Gambar 4.3 Tampak Luar Antarmuka Panel Box 105
Gambar 4.4 Tata Letak Keseluruhan Bagian Dalam Panel Listrik 107
Gambar 4.5 Wiring Diagram Sistem Monitoring Cold Storage 108
Gambar 4.6 Tampilan Data pada Tabel cold_storage 110
Gambar 4.7 Tampilan Data pada Tabel system_settings 110
Gambar 4.8 Tampilan Data pada Tabel fcm_tokens 111
Gambar 4.9 Tampilan Halaman Dashboard pada Handphone 115
Gambar 4.10 Tampilan Halaman Dashboard pada Laptop 115
Gambar 4.11 Tampilan Pop-up Validasi PIN 116
Gambar 4.12 Tampilan Pop-up Validasi Keamanan dan Validasi Input pada Pengaturan Batas Suhu (a) Pop-up input PIN berhasil, (b) Pop-up input PIN gagal, (c) Pop-up kesalahan input suhu. 116

Gambar 4.13 Tampilan Halaman Grafik pada Handphone 117
Gambar 4.14 Tampilan Halaman Grafik pada Laptop.....117
Gambar 4.15 Tampilan Halaman Histori pada Handphone.....118
Gambar 4.16 Tampilan Halaman Histori pada Laptop.....118
Gambar 4.17 Tampilan Notifikasi pada Aplikasi Monitoring 120

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol Use Case Diagram 46
Tabel 2.2 Simbol Activity Diagram 49
Tabel 2.3 Simbol Sequence Diagram 51
Tabel 2.4 Simbol Entity Relationship Diagram 54
Tabel 2.5 Simbol Class Diagram 56
Tabel 2.6 Penelitian Terkait 59
Tabel 3.1 Keterangan Use Case Diagram 70
Tabel 3.2 Skenario Kasus Uji 100
Tabel 4.1 Komponen Penyusun Panel Listrik 105
Tabel 4.2 Konfigurasi Pin Arduino UNO R4 WiFi 108
Tabel 4.3 Pengujian BlackBox 121
Tabel 4.4 Pengujian Sistem Notifikasi 123
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Interval Pembaruan Data 124

GLOSARIUM

activity diagram	diagram uml yang menggambarkan alur aktivitas atau proses sistem secara grafis menyerupai flowchart
active low	kondisi ketika suatu komponen aktif saat menerima sinyal logika rendah (0)
api	antarmuka yang memungkinkan komunikasi dan pertukaran data antar sistem atau aplikasi secara terstruktur
arduino	platform elektronik open-source untuk mengembangkan perangkat interaktif berbasis mikrokontroler
arduino ide	perangkat lunak untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke papan mikrokontroler arduino
arduino UNO r4 wifi	papan mikrokontroler arduino seri terbaru dengan prosesor arm cortex-m4 dan konektivitas wifi serta bluetooth
backend-as-a-service	layanan berbasis cloud yang menyediakan fitur backend seperti database, autentikasi, dan API tanpa perlu membangun server secara mandiri
black box testing	metode pengujian perangkat lunak yang memeriksa fungsi sistem tanpa melihat struktur kode internalnya
breadboard	papan uji untuk merakit rangkaian elektronik tanpa perlu penyolderan
css	bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengatur tampilan dan gaya elemen pada halaman web
class diagram	diagram uml yang menunjukkan struktur kelas, atribut, operasi, dan relasi antar kelas dalam sistem
client server	arsitektur sistem di mana client (pengguna atau perangkat) mengirim permintaan, dan server memproses serta memberikan respons terhadap permintaan tersebut
cold storage	ruang atau mesin pendingin untuk menyimpan produk agar tetap segar dengan mengatur suhu dan kelembaban
cross-platform	kemampuan suatu aplikasi atau sistem untuk berjalan pada berbagai perangkat atau sistem operasi yang berbeda tanpa memerlukan perubahan signifikan
defrost	proses pencairan bunga es (frost) yang terbentuk pada komponen sistem pendingin, seperti evaporator, untuk menjaga kinerja pendinginan tetap optimal.
digital power meter	alat ukur listrik digital yang digunakan untuk menampilkan dan memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan energi secara *real-time*
ds18b20	sensor suhu digital yang digunakan untuk mengukur temperatur lingkungan dan menghasilkan data dalam bentuk digital yang dapat dibaca langsung oleh mikrokontroler
edge functions	fungsi serverless yang dijalankan di sisi jaringan terdekat pengguna untuk memproses data dengan latensi rendah

endpoint	alamat atau URL spesifik yang digunakan untuk mengakses suatu layanan atau API dalam sistem client-server
erd	diagram yang menggambarkan hubungan antar entitas dalam sistem basis data
evaporator	bagian sistem pendingin yang menyerap panas dari udara atau benda di sekitarnya
fault	kondisi kesalahan atau gangguan pada sistem, baik pada perangkat keras maupun perangkat lunak, yang menyebabkan sistem tidak berfungsi sebagaimana mestinya
fcm token	kode identitas unik yang diberikan oleh firebase untuk mengenali perangkat pengguna dalam pengiriman *push notification*
figma	aplikasi berbasis web untuk merancang dan memprototipe antarmuka pengguna secara kolaboratif
firebase	platform layanan backend dari Google yang digunakan untuk mendukung pengembangan aplikasi, seperti penyimpanan data, autentikasi pengguna, dan pengiriman *push notification*
fuse	komponen pengaman listrik yang akan putus ketika arus melebihi batas untuk mencegah kerusakan
html	bahasa markup untuk membuat struktur dasar dan konten halaman web
http	protokol komunikasi yang digunakan untuk pertukaran data antara client dan server di internet
https	versi aman dari HTTP yang menggunakan enkripsi SSL/TLS untuk melindungi data selama transmisi
internet of things	konsep konektivitas antar perangkat melalui internet untuk pertukaran data secara otomatis dan *real-time*
interval	selang atau jeda waktu antara satu kejadian dengan kejadian lainnya
json	format pertukaran data ringan berbasis teks yang mudah dibaca dan digunakan untuk mengirim dan menerima data antara client dan server
kabel duct	saluran atau pelindung kabel dalam panel listrik yang berfungsi merapikan dan melindungi jalur pengkabelan
kabel jumper	kabel penghubung pada breadboard untuk menyusun rangkaian elektronik tanpa penyolderan
kamus data	kumpulan metadata yang menjelaskan struktur, entitas, atribut, dan hubungan antar data untuk menjaga konsistensi dalam perancangan basis data
kondensor	komponen yang berfungsi mengubah refrigeran dari gas menjadi cair dengan membuang panas ke lingkungan
kompresor	alat yang menekan refrigeran gas untuk meningkatkan tekanan dan suhu dalam sistem pendingin
mcb	alat pengaman listrik yang memutus arus secara otomatis saat terjadi beban lebih atau hubung singkat

mikrokontroler	chip komputer mini yang berfungsi mengendalikan peran gkat elektronik secara otomatis
modul peltier tec1-12706	modul pendingin termoelektrik berbasis efek peltier yang menghasilkan sisi panas dan dingin untuk pengendalian suhu secara efisien tanpa fluida kerja
modul relay 4 channel	modul relay yang memiliki empat saluran untuk mengendalikan beberapa perangkat listrik secara bersamaan
monitoring	proses pengawasan dan pengumpulan data secara berkelanjutan untuk mengetahui perubahan kondisi serta mendeteksi penyimpangan sejak dini
multicast	metode pengiriman data atau pesan dari satu sumber ke banyak perangkat tujuan secara bersamaan dalam satu proses pengirima
native	istilah yang merujuk pada pendekatan pengembangan perangkat lunak yang dibuat khusus untuk sistem operasi tertentu (seperti Android atau iOS) menggunakan bahasa dan teknologi bawaan platform tersebut, sehingga dapat berjalan secara optimal dan memanfaatkan fitur perangkat secara maksimal.
nodejs	platform javascript server-side berbasis mesin v8 yang mendukung pemrograman asinkron
over-the-air	metode pembaruan perangkat lunak yang dilakukan secara jarak jauh melalui jaringan internet tanpa perlu koneksi fisik langsung ke perangkat
panel listrik	wadah atau tempat untuk merangkai dan melindungi komponen kelistrikan dalam suatu sistem
payload	data utama yang dikirim dalam suatu komunikasi jaringan, biasanya dalam format tertentu seperti JSON, yang berisi informasi yang ingin diproses oleh sistem penerima
peramban	aplikasi yang digunakan untuk mengakses, menampilkan, dan berinteraksi dengan halaman atau layanan yang tersedia di internet
pilot lamp	lampu indikator pada panel listrik yang menunjukkan status operasi atau kondisi sistem
plc	perangkat kontrol industri berbasis program yang digunakan untuk mengotomatisasi proses mesin
postgresql	sistem manajemen basis data relasional open-source dengan performa tinggi dan dukungan skala besar
power supply (catudaya)	perangkat yang mengubah arus listrik ac menjadi dc untuk menyuplai daya ke komponen elektronik
progressive web app	aplikasi web yang berperilaku seperti aplikasi mobile dengan dukungan offline dan *push notification*
prototipe	model awal yang dibuat untuk merepresentasikan sistem sebenarnya dan digunakan sebagai media pengujian sebelum sistem diterapkan secara penuh
push notification	notifikasi yang dikirim dari server ke perangkat pengguna secara *real-time* tanpa permintaan dari client

reactjs	library javascript untuk membangun antarmuka pengguna berbasis komponen yang efisien
relay	saklar elektronik yang bekerja menggunakan prinsip elektromagnet untuk mengendalikan rangkaian listrik
resistor	komponen elektronika yang berfungsi untuk membatasi arus listrik dalam rangkaian
rest api	layanan web berbasis arsitektur rest yang digunakan untuk pertukaran data menggunakan metode http
sequence diagram	diagram uml yang menampilkan urutan interaksi antar objek dalam suatu proses
service worker	skrip javascript yang berjalan di background browser untuk mengelola cache, jaringan, dan *push notification*
sistem	kesatuan elemen yang saling berinteraksi secara terstruktur melalui mekanisme input, proses, dan output untuk mencapai suatu tujuan tertentu
supabase	platform backend berbasis cloud yang menyediakan layanan basis data, autentikasi, dan API untuk mendukung pengembangan aplikasi web dan mobile
temperature controller	alat pengendali suhu yang digunakan untuk menjaga temperatur sesuai nilai yang ditentukan
terminal block	komponen penghubung kabel pada panel listrik yang berfungsi sebagai titik distribusi arus
thermocouple	sensor suhu yang bekerja berdasarkan perbedaan tegangan dari dua logam berbeda untuk mendeteksi temperatur
uml	bahasa standar untuk memodelkan, memvisualisasikan, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak
use case diagram	diagram uml yang memperlihatkan interaksi antara aktor dan sistem untuk mencapai tujuan tertentu
visualisasi data	penyajian data dalam bentuk grafis untuk mempermudah pemahaman dan analisis informasi

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A TRANSKRIP WAWANCARA 136
Lampiran B DOKUMENTASI IMPLEMENTASI 138

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cold storage adalah ruangan yang dirancang untuk menjaga suhu tetap dingin dan stabil, biasanya digunakan sebagai penyimpanan untuk mengawetkan produk atau makanan yang mudah rusak. *Cold storage* merupakan komponen penting dalam berbagai industri, yang menjamin kualitas produk dan memperpanjang umur simpan produk. *Cold storage* memiliki kelebihan utama dalam penyimpanan produk, terutama yang mudah rusak seperti makanan dan minuman [1]. Suhu dingin yang terkontrol di dalam *cold storage* membantu dalam mempertahankan kualitas produk agar tetap optimal, mencegah pembusukan dan kerusakan akibat suhu tinggi. Selain menjaga kesegaran, *cold storage* juga membantu mempertahankan kandungan nutrisi produk, terutama pada makanan dan minuman.

Cold storage memiliki risiko terjadinya gangguan pada sistem. Salah satu masalah yang sering muncul adalah ketidakstabilan suhu akibat kerusakan pada komponen utama, seperti kompresor, kondensor, evaporator, dan blower. Kompresor berfungsi sebagai jantung sistem pendingin, yaitu mengompresi refrigeran (zat pendingin) sehingga tekanannya meningkat dan memungkinkan refrigeran bersirkulasi untuk mendinginkan ruangan. Kompresor dapat mengalami masalah apabila terjadi *overload*, yaitu kondisi ketika kompresor mengalami panas berlebih dan/atau tarikan arus listrik yang berlebihan hingga menyebabkan sistem berhenti bekerja. Selain itu, kondensor berperan dalam melepaskan panas dari refrigeran ke lingkungan sehingga refrigeran dapat berubah dari fase gas menjadi cair. Selanjutnya, evaporator berperan dalam menyerap panas dari dalam ruangan untuk kemudian diubah menjadi udara dingin. Sedangkan blower berfungsi mengalirkan udara dingin ke seluruh ruangan sehingga distribusi suhu menjadi merata dan tidak menimbulkan titik panas.

Apabila salah satu komponen *cold storage* mengalami kerusakan, suhu di dalam *cold storage* dapat meningkat dan menjadi tidak stabil. Jika hal ini terlambat terdeteksi dan tidak segera diperbaiki, maka berisiko menyebabkan kerusakan pada barang yang disimpan. Berdasarkan hasil wawancara dengan teknisi cold storage, diperoleh informasi bahwa pemeriksaan kondisi cold storage masih dilakukan secara manual. Proses pemantauan umumnya dilakukan dengan pengecekan langsung ke lokasi untuk melihat kondisi suhu dan status komponen. Metode ini cukup sulit diterapkan secara rutin karena terkendala jarak lokasi cold storage yang mungkin jauh dari tempat tinggal teknisi sehingga membutuhkan waktu tempuh yang lama. Selain itu, tidak memungkinkan adanya pengawasan secara terus-menerus selama 24 jam penuh. Oleh karena itu, diperlukan solusi berupa sistem monitoring berbasis Progressive Web App (PWA) yang terintegrasi dengan Arduino UNO R4 agar proses pemantauan dapat dilakukan secara lebih efisien dan *real-time*.

Progressive Web App (PWA) dipilih karena memiliki sejumlah keunggulan yang mendukung sistem monitoring *cold storage*, antara lain desain responsif yang dapat menyesuaikan pada berbagai perangkat, kemampuan beroperasi pada jaringan berkualitas rendah bahkan secara luring melalui fitur Service Worker, serta kemudahan instalasi tanpa perlu mengunduh dari toko aplikasi sehingga kompatibel di berbagai sistem operasi. Selain itu, PWA mudah dibagikan hanya dengan tautan (URL), bersifat multi-platform karena didukung peramban populer, dan dapat diakses pada berbagai perangkat tanpa perlu instalasi melalui toko aplikasi serta dilengkapi fitur tambahan seperti *push notification* yang menjadi komponen penting dalam sistem monitoring ini, karena mampu memberikan peringatan secara langsung ketika terjadi masalah pada suhu *cold storage*, di mana pun teknisi atau pemilik berada [2].

Arduino UNO R4 merupakan versi terbaru dari seri Arduino UNO yang hadir dalam dua tipe, yaitu Arduino UNO R4 Minima dan Arduino UNO R4 WiFi [3]. Dalam penelitian ini digunakan tipe R4 WiFi karena dilengkapi dengan konektivitas WiFi dan Bluetooth, sehingga ideal untuk proyek IoT dan aplikasi nirkabel. Adanya konektor I2C Qwiic dan Matriks LED Merah 12x8 memungkinkan pengembangan proyek tanpa perlu penyolderan, pengkabelan

manual, maupun penggunaan breadboard. R4 WiFi juga dibekali mikrokontroler 32-bit ARM Cortex-M4 yang memiliki kecepatan lebih tinggi serta kapasitas memori (RAM dan Flash) lebih besar dibandingkan dengan Arduino UNO R3 yang menggunakan mikrokontroler 8-bit ATmega328P. Peningkatan daya pemrosesan, kapasitas memori, dan kemampuan I/O ini menjadikan Arduino UNO R4 pilihan yang sangat baik untuk proyek yang lebih kompleks dan menuntut, namun tetap mempertahankan karakteristik ramah pengguna serta kompatibilitas perangkat keras dan kelistrikan yang memudahkan adaptasi dari versi sebelumnya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun aplikasi monitoring cold storage berbasis PWA yang mampu menampilkan data suhu serta status komponen secara *real-time* yang diperoleh dari sistem IoT?
2. Bagaimana mengimplementasikan fitur visualisasi data, penyimpanan data historis, serta ekspor data pada aplikasi PWA untuk mendukung proses monitoring?
3. Bagaimana mengimplementasikan sistem *push notification* untuk memberikan peringatan secara otomatis ketika terjadi anomali pada suhu atau komponen?
4. Bagaimana melakukan pengujian terhadap sistem monitoring yang telah dibangun untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang dan membangun aplikasi monitoring cold storage berbasis PWA yang mampu menampilkan data suhu serta status komponen secara *real-time* yang diperoleh dari sistem IoT.

2. Mengimplementasikan fitur visualisasi data, penyimpanan data historis, serta ekspor data pada aplikasi PWA.
3. Mengimplementasikan sistem *push notification* untuk memberikan peringatan secara otomatis ketika terjadi anomali pada suhu atau komponen.
4. Melakukan pengujian terhadap sistem monitoring yang telah dibangun untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan.

1.4 Pembatasan Masalah

Agar penulisan laporan skripsi ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari permasalahan, maka penulis membuat batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan Arduino UNO R4 WiFi sebagai mikrokontroler utama.
2. Pengujian sistem dilakukan pada model prototipe *cold storage* sebagai simulasi dari kondisi sebenarnya, bukan pada *cold storage* skala industri yang sebenarnya.
3. Sistem monitoring hanya difokuskan pada parameter suhu ruang penyimpanan dan status komponen utama melalui kontak bantu panel.
4. Prototipe *cold storage* menggunakan modul Peltier dan kipas sebagai pengganti kompresor, kondensor, dan evaporator pada sistem real.
5. Sistem monitoring yang dikembangkan mencakup pembacaan status komponen yang direpresentasikan dalam bentuk kompresor, kondensor, dan evaporator, serta status daya (power) sebagai indikator utama kondisi ON/OFF sistem secara keseluruhan.
6. Penelitian ini tidak membahas fitur defrost karena prototipe yang digunakan tidak dirancang untuk bekerja pada suhu di bawah 0°C.
7. Fokus penelitian terletak pada perancangan sistem monitoring berbasis PWA dan validasi fungsi sistem melalui prototipe, bukan pada aspek rekayasa pendinginan skala industri.
8. Sistem konektivitas pada Arduino UNO R4 WiFi dalam penelitian ini masih menggunakan jaringan WiFi yang sudah ditentukan, sehingga pengujian

hanya dilakukan pada jaringan tersebut dan belum mencakup kondisi jaringan yang lebih luas seperti di lingkungan industri.

9. Proses upload program pada Arduino UNO R4 WiFi dalam penelitian ini masih dilakukan menggunakan kabel USB, sehingga metode upload tanpa kabel (Over-The-Air) melalui Arduino IoT Cloud tidak diimplementasikan.
10. Rentang suhu prototipe cold storage dibatasi pada 14°C–18°C sesuai standar penyimpanan pisang berdasarkan hasil wawancara dengan teknisi.
11. Aplikasi PWA belum sepenuhnya mendukung browser Safari, sehingga penggunaan difokuskan pada Google Chrome.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan tugas akhir ini tersusun atas lima bab dengan urutan sebagai berikut:

a) BAB I Pendahuluan adalah bab yang berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan dasar dilakukannya penelitian serta gambaran umum sistem yang dikembangkan.
b) BAB II Tinjauan Pustaka adalah bab yang berisi kajian terkait yang membahas mengenai penelitian terkait dan landasan teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian yang dilakukan.
c) BAB III Metodologi Penelitian adalah bab yang berisi metode penelitian yang digunakan, meliputi alat dan bahan, tahapan penelitian, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, perancangan basis data, serta metode pengujian sistem.
d) BAB IV Hasil Penelitian adalah bab yang berisi hasil implementasi sistem, hasil pengujian, serta analisis terhadap kinerja sistem berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan.
e) BAB V Penutup adalah bab yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya.