

SKRIPSI

***PROTOTYPE SMART MONITORING SYSTEM* PENDINGIN
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK TRUK
REFRIGERASI**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

IDA BAGUS ARISUDHA KRISHNA KANAKA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

SKRIPSI

***PROTOTYPE SMART MONITORING SYSTEM* PENDINGIN
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK TRUK
REFRIGERASI**



Oleh

IDA BAGUS ARISUDHA KRISHNA KANAKA
NIM. 2015234045

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

PROTOTYPE SMART MONITORING SYSTEM PENDINGIN BERBASIS INTERNET OF THINGS UNTUK TRUK REFRIGERASI

Oleh

IDA BAGUS ARISUDHA KRISHNA KANAKA
NIM. 2015234045

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas
Pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh :

Pembimbing I


Ketut Bangse, S.T., MT
NIP. 19661213191031003

Pembimbing II


Dr. Adi Winarta, S.T., M.T
NIP. 197610102008121003

Disahkan oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg.
NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

PROTOTYPE SMART MONITORING SYSTEM PENDINGIN BERBASIS INTERNET OF THINGS UNTUK TRUK REFRIGERASI

Oleh

IDA BAGUS ARISUDHA KRISHNA KANAKA

NIM. 2015234045

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat dilanjutkan sebagai Buku Skripsi pada hari/tanggal:

Rabu, 28 Agustus 2024

Tim Penguji

Penguji I : Dr. Luh Putu Ike Midiani, S.T., MT

NIP : 197206021999032002

Penguji II : Achmad Wibolo, S.T., M.T.

NIP : 196405051991031002

Penguji III : I Wayan Suastawa, S.T., MT

NIP : 197809042002121001

Tanda Tangan

(.....)
(.....)
(.....)

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ida Bagus Arisudha Krishna Kanaka
NIM : 2015234045
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas
Judul Skripsi : *Prototype Smart Monitoring* Pendingin Berbasis
Internet Of Things untuk Truk Refrigerasi

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang-undangan yang berlaku.

Badung, 28 Agustus 2024

Yang Membuat pernyataan



Ida Bagus Arisudha Krishna Kanaka

NIM. 2015234045

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Buku Skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom, selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST., MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Bapak Ketut Bangse, ST, MT, selaku dosen pembimbing utama yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Buku Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Bapak Dr. Adi Winarta, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat, dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulisan hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Buku Skripsi.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Buku Skripsi ini.
9. Kemudian terima kasih banyak untuk adik yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Buku Skripsi tahun 2024 yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
11. Sahabat-sahabat yang telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, dan motivasi hingga penulis dapat menyelesaikan Buku Skripsi ini.
12. Serta masih banyak lagi pihak – pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, semoga senantiasa dibalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Semoga Buku Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademika Politeknik Negeri Bali.

Badung, 28 Agustus 2024
Ida Bagus Arisudha Krishna Kanaka

ABSTRAK

Sistem monitoring berbasis IoT telah memperluas kemungkinan monitoring dan kontrol dalam berbagai bidang, termasuk transportasi dan industri pendingin. Cold chain ini sangatlah penting untuk dipantau agar tidak merusak bahan baku yang akan distribusikan. Penelitian ini menyajikan sebuah sistem monitoring untuk truk refrigerasi dengan berbasis IoT. Sistem ini memungkinkan pemantauan real-time terhadap kondisi suhu, kelembaban, power meter, dan juga posisi gps dalam truk refrigerasi selama pengiriman barang. Melalui integrasi sensor-sensor yang terhubung dengan internet, data dapat diakses dan dianalisis secara efisien dari jarak jauh. Implementasi sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga meningkatkan kemudahan dan keselamatan produk yang dikirim.

Hasil penelitian ini mencakup penggunaan sensor temperatur dan kelembaban jenis XY-MD02, sensor power meter dengan PZEM-017, dan modul gps menggunakan GPS NEO6M. Untuk pemantauan dapat diakses melalui web secara real-time. Semua komponen tersebut akan terhubung dengan mikrokontroler ESP32 dan diprogram menggunakan menggunakan *software* Arduino Ide menggunakan bahasa C++.

Kata kunci: Cold chain, internet of things, mikrokontroler.

PROTOTYPE OF INTERNET OF THINGS-BASED SMART MONITORING SYSTEM FOR REFRIGERATED TRUCKS

ABSTRACT

IoT-based monitoring systems have expanded the possibilities for monitoring and control across various fields, including transportation and the refrigeration industry. Monitoring the cold chain is crucial to prevent damage to raw materials during distribution. This research presents a monitoring system for refrigerated trucks based on IoT. The system enables real-time monitoring of temperature, humidity, power meter, and GPS position within refrigerated trucks during the transportation of goods. By integrating sensors connected to the internet, data can be accessed and analyzed efficiently from a remote location. The implementation of this system not only enhances operational efficiency but also improves the convenience and safety of the products being delivered.

The results of this research include the use of XY-MD02 temperature and humidity sensors, a PZEM-017 power meter sensor, and a GPS module using GPS NEO6M. Monitoring can be accessed via the web in real-time. All these components are connected to an ESP32 microcontroller and programmed using the Arduino IDE software with C++.

Keywords: *Cold chain, internet of things, microcontroller.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Skripsi ini yang berjudul Prototype Smart Monitoring System Pendingin Berbasis Internet Of Things Untuk Truk Refrigerasi tepat pada waktunya. Penyusunan Buku Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program Pendidikan pada jenjang Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

Penulis menyadari Buku Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai pembelajaran demi penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis di masa yang akan datang.

Badung, 28 Agustus 2024

Ida Bagus Arisudha Krishna Kanaka

DAFTAR ISI

Sampul	i
Halaman Judul.....	ii
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Persetujuan.....	iii
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	iv
Ucapan Terima Kasih.....	v
Abstrak	vii
<i>Abstract</i>	viii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel	xvi
Daftar Gambar.....	xvii
Daftar Lampiran	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan umum.....	3
1.4.2 Tujuan khusus.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Bagi penulis.....	4
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali	4
1.5.3 Bagi masyarakat	4

BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Sistem Refrigerasi	5
2.2 Refrigerasi Transportasi	5
2.2.1 Truk refrigerasi.....	6
2.3 Sistem Pendingin Termoelektrik	7
2.3.1 Prinsip kerja termoelektrik	7
2.4 <i>Internet of Things</i>	8
2.4.1 Jenis-jenis implementasi <i>internet of things</i> (IoT)	9
2.4.2 Sistem kerja <i>internet of things</i> (IoT)	10
2.4.3 Manfaat <i>internet of things</i> (IoT).....	11
2.4 PZEM-017	12
2.5 XY-MD02.....	12
2.6 GPS NEO-6M.....	13
2.7 GSM Modul SIM-800L	14
2.8 Power Supply 12V DC	15
2.9 Mikrokontroler ESP 32.....	16
2.10 Arduino IDE	18
2.11 Visual Studio Code	19
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Jenis Penelitian	20
3.1.1 Skematik perancangan <i>sensor</i>	20
3.1.2 Penempatan alat ukur	21
3.2 Alur Penelitian	22
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.4 Penentuan Sumber Data.....	24
3.5 Sumber Daya Penelitian	25
3.6 Instrumen Penelitian	25
3.7 Prosedur Penelitian	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Perancangan Alat	29
4.1.1 Perancangan sensor dan modul.....	29
4.1.2 Perancangan modul PCB	36
4.1.3 Hasil perancangan <i>hardware</i>	39
4.2 Integrasi Sensor dan Pengiriman Data dengan Mikrokontroler ESP 32.....	41
4.2.1 Program pembacaan sensor XY-MD02.....	41
4.2.2 Program pembacaan sensor PZEM-017	43
4.2.3 Program pembacaan modul GPS-NEO6M.....	44
4.2.4 Program aktivasi modul GSM-SIM800L	45
4.2.5 Program pengiriman data thingspeak	46
4.2.6 Program data logger menggunakan spreadsheet.....	49
4.2.7 Program pengambilan data thingspeak ke website.....	51
4.3 Hasil Tampilan dan Pengujian Alat <i>Monitoring</i>	53
4.3.1 Hasil tampilan <i>monitoring</i> website.....	53
4.3.2 Hasil pengujian kinerja sistem.....	55
BAB V PENUTUP.....	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu penelitian	24
Tabel 3. 2 Data pengujian sistem monitoring	25
Tabel 4. 1 Konfigurasi modul alat ukur temperatur (Modbus XY-MD02).....	31
Tabel 4. 2 Konfigurasi modul alat ukur power meter (Modbus PZEM 017)...	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Truk refrigerasi.....	6
Gambar 2. 2 Termoelektrik.....	7
Gambar 2. 3 Aliran listrik termoelektrik.....	8
Gambar 2. 4 Internet of things	9
Gambar 2. 5 PZEM - 017	12
Gambar 2. 6 XY-MD02	13
Gambar 2. 7 GPS-NEO6M	14
Gambar 2. 8 GSM Modul SIM800L.....	15
Gambar 2. 9 <i>Power supply</i>	15
Gambar 2. 10 Mikrokontroler ESP 32	16
Gambar 2. 11 Bagian-bagian pin out dan pin input ESP 32	17
Gambar 3. 1 Skematik perancangan alat.....	21
Gambar 3. 2 Penempatan alat ukur	21
Gambar 3. 3 Alur penelitian.....	23
Gambar 3. 4 Power supply	26
Gambar 3. 5 Multimeter	26
Gambar 3. 6 Thermocouple.....	27
Gambar 4. 1 Letak sensor temperatur pada ruangan.....	30
Gambar 4. 2 Pin sensor XY-MD02.....	31
Gambar 4. 3 Skematik rangkaian sensor XY-MD02	32
Gambar 4. 4 Pin sensor PZEM-017	33
Gambar 4. 5 Skematik rangkaian sensor PZEM-017.....	34
Gambar 4. 6 Pin modul GPS-NEO6M.....	35
Gambar 4. 7 Skematik rangkaian modul GPS-NEO6M	36
Gambar 4. 8 Desain layout PCB	37
Gambar 4. 9 Hasil cetak PCB	38
Gambar 4. 10 Wiring diagram sensor dan modul	39

Gambar 4. 11 Hasil panel box.....	40
Gambar 4. 12 Library sensor XY-MD02	42
Gambar 4. 13 Kode program sensor XY-MD02.....	42
Gambar 4. 14 Library sensor PZEM-017.....	43
Gambar 4. 15 Kode program sensor PZEM-017	44
Gambar 4. 16 Library modul GPS-NEO6M	44
Gambar 4. 17 Kode program modul GPS-NEO6M.....	45
Gambar 4. 18 API KEY dan Channel Number thingspeak.....	47
Gambar 4. 19 Library thingspeak	47
Gambar 4. 20 Kode program thingspeak	48
Gambar 4. 21 Hasil penerimaan data thingspeak.....	49
Gambar 4. 22 ID spreadsheet	49
Gambar 4. 23 Library data logger spreadsheet	50
Gambar 4. 24 Kode program data logger spreadsheet	50
Gambar 4. 25 Hasil tampilan data logger spreadsheet.....	51
Gambar 4. 26 Kode program pengambilan data web.....	52
Gambar 4. 27 Hasil data terkirim pada web.....	53
Gambar 4. 28 Tampilan web monitoring	54
Gambar 4. 29 Hasil GPS tracking	54
Gambar 4. 30 Hasil tampilan parameter pada web	55
Gambar 4. 31 Dokumentasi pengambilan data	56
Gambar 4. 32 Grafik temperatur 1 dan 2	57
Gambar 4. 33 Grafik kelembaban 1 dan 2	58
Gambar 4. 34 Grafik daya listrik	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar bimbingan.....	64
Lampiran 2 Hasil data pengujian	64
Lampiran 3 Surat Pencatatan Ciptaan	89

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Truk refrigerasi merupakan komponen penting dalam *cold chain*, yang memastikan produk-produk yang sensitif terhadap temperatur lingkungan dapat didistribusikan dengan aman dan sesuai standar (Maiorino et al., 2021). Truk refrigerasi saat ini yang masih digunakan kebanyakan menggunakan motor bakar, termasuk juga pada sistem pendinginan yang digunakan, ini merupakan permasalahan yang akan menimbulkan emisi yang akan merusak lingkungan. Pada masa depan diperkirakan motor bakar ini akan mulai ditinggalkan dan akan digantikan oleh motor listrik, yang dimana motor listrik ini di tenagai oleh baterai, begitu juga sistem pendingin pada truk pun juga akan menggunakan baterai sebagai sumber energi yang digunakan, ini dapat menyebabkan lebih ramah terhadap lingkungan dan tidak menghasilkan gas emisi (Song et al., 2022).

Sistem *monitoring* truk refrigerasi saat ini masih banyak yang dipantau secara offline atau dengan cara melihat langsung ke lokasi, terkadang pemantauan dalam sistem pendingin pada truk refrigerasi hanya akan dipantau oleh pengendara, pengendara truk refrigerasi tidak akan begitu paham tentang permasalahan yang bisa terjadi pada sistem pendingin. Dengan sistem *monitoring internet of things* yang diimplementasikan pada truk refrigerasi, informasi suhu dan lokasi dari truk dapat dipantau secara *real-time* melalui jaringan internet. Adanya sistem ini memungkinkan untuk memantau temperatur dan lokasi truk dari mana saja tanpa harus hadir secara fisik ke lokasi.

Monitoring truk refrigerasi dengan berbasis IoT dapat mempercepat proses pengambilan data dan informasi secara online, sistem *monitoring* IoT pada truk refrigerasi membantu meningkatkan efisien waktu dan sumber daya. Sistem ini juga dapat membantu mengurangi risiko kerusakan produk, dan memastikan bahwa produk tetap terjaga kualitasnya selama proses distribusi. Dengan demikian, penggunaan teknologi ini tidak hanya meningkatkan kinerja truk refrigerasi, tetapi

juga mendukung tujuan utama dari cold chain dalam menjaga keamanan dan kualitas produk.

Internet Of Things adalah sebuah metode untuk menghubungkan sebuah objek fisik di kehidupan sehari-hari ke jaringan internet yang menggunakan sensor-sensor sebagai pembaca keadaan yang ingin di ketahui. *Internet Of Things* dalam penerapannya juga dapat mengidentifikasi, melacak, dan memantau objek secara otomatis dan *real-time* (Junaidi, 2015). Sensor-sensor yang akan di gunakan dalam penelitian ini yaitu sensor XY-MD02 sebagai sensor *temperatur* dan kelembaban untuk mengetahui kondisi dalam kabin truk, sensor PZEM-017 sebagai *power meter* untuk mengetahui daya yang digunakan untuk mendinginkan kabin, Neo-6M sebagai *module GPS (Global Positioning System)* untuk mengetahui lokasi dari truk, dan SIM-800L untuk *module simcard* yang akan menghasilkan jaringan internet untuk pengiriman data. Semua sensor-sensor yang digunakan pada sistem ini akan di kontrol menggunakan mikrokontroler.

Dari paparan diatas penulis ingin mengintegrasikan semua alat tersebut untuk pengambilan data secara *wireless* dan dapat dipantau dari mana saja yang dimana akan memudahkan pengguna untuk mengetahui kondisi dan lokasi dari truk yang dipantau. Alat ini akan dapat digunakan selama adanya jaringan internet di sekitarnya yang akan mengirimkan data secara *real-time*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dari itu dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan sistem *prototype monitoring berbasis internet of things* untuk truk refrigerasi?
2. Bagaimana cara mengkoneksikan dan mengintegrasikan berbagai sensor yaitu (XY-MD02, PZEM-017, dan Modul GPS NE0-6M) dan memonitoring kinerja sistem pendingin truk refrigerasi dengan menggunakan media *cooler box* dengan *thermoelectric* secara *wireless*?
3. Bagaimana hasil pengujian dan tampilan dari alat *monitoring* pada *device*?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang di atas maka batasan masalah yang dapat diuraikan yaitu sebagai berikut :

- a. *Monitoring* dilakukan dengan menggunakan prototype berupa *cooler box* dengan pendingin termoelektrik. Daya yang diukur menggunakan tegangan DC, sebagai asumsi kabin pada truk refrigerasi.
- b. Penelitian ini tidak menganalisa tentang kinerja *thermoelectric*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1.4.1 Tujuan umum

Tujuan umumnya yaitu sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan pada jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Agar dapat merancang bagaimana menggunakan sensor (XY-MD02, PZEM-017, dan Modul GPS NEO-6M) sehingga dapat terintegrasi menampilkan hasil data pada 1 tampilan yang sama secara remote.
- b. Mampu menampilkan integrasi dari berbagai alat ukur dan kontrol pada 1 *platform* yang sama untuk memudahkan dan mengefektifkan dalam proses *monitoring* dan analisa kerja alat.
- c. Agar dapat mendata hasil dari pengujian alat yang dilakukan dengan mengambil data-data dari sensor dan disimpan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diperoleh dari *monitoring* sistem yang berbasis *Internet Of Things* dengan menggunakan beberapa sensor untuk *monitoring* dari truk refrigerasi yang akan menggunakan *thermoelectric* sebagai sistem pendingin yaitu dapat menambah wawasan dan dapat mengetahui hasil dari penampilan data pada *device*. Selain itu penulis juga mendapatkan pengalaman dalam pembuatan sitem *monitoring* tersebut.

1.5.1 Bagi penulis

Manfaat bagi penulis ini di mana untuk mengembangkan dan menerapkan ilmu – ilmu dari perkuliahan yang didapat selama pembelajaran di Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali dan mempelajari konsep dari sistem *monitoring* yang berbasis *Internet Of Thing* sebagai syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas urusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali.

1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali

Sebagai sarana pendidikan dan ilmu di bidang pendingin, serta bisa di kembangkan kembali di kemudian hari.

1.5.3 Bagi masyarakat

Adapun manfaat yang di peroleh dari *monitoring* data akuisisi alat ukur ini yaitu sebagai bentuk untuk pengenalan *monitoring* truk es secara *wireless* dan dapat dipantau dari mana saja dan mempermudah pemantauan dan kondisi truk refrigerasi yang akan mengoptimalkan temperatur yang ada dalam truk. Untuk dikenalkan pada masyarakat dan dapat dikembangkan kembali.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada perancangan *prototype smart monitoring* sistem untuk truk refrigerasi ini, terdapat tiga kesimpulan utama yang dapat diambil, yaitu sebagai berikut :

1. Hasil dari perancangan alat *monitoring* dengan menggunakan sensor XY-MD02, PZEM-017, GPS-NEO6M, dan GSM-SIM800L dengan media *cooler box*. Sensor XY-MD02 berfungsi untuk mendeteksi kelembaban dan suhu, sedangkan PZEM-017 digunakan untuk memantau konsumsi daya listrik. GPS-NEO6M memberikan informasi lokasi secara real-time, yang dapat digunakan untuk melacak posisi alat, dan GSM-SIM800L memungkinkan pengiriman data ke server atau perangkat pengguna melalui jaringan seluler. Pembuatan PCB juga dilakukan untuk menempatkan komponen dan membuat rangkaian lebih rapi dan teratur, sehingga meningkatkan keamanan dan durabilitas alat dalam jangka panjang.
2. Pemrograman untuk *prototype smart monitoring* sistem untuk truk refrigerasi menggunakan ESP32 sebagai kontroler utama dan dibuat dengan Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++. Program ini mengintegrasikan sensor temperatur dan kelembaban XY-MD02, sensor tegangan, arus, daya PZEM-017 dan modul GPS-NEO6M sebagai pembaca titik koordinat. Inisialisasi library, variabel, dan pin GPIO dilakukan untuk konfigurasi input dan output sensor serta modul. Program yang di *upload* pada ESP 32 dapat dijalankan dengan baik, serta dapat melakukan penyimpanan data secara optimal. GPS tracking yang dibuat dapat berjalan dengan baik, dimana gps tracking ini dapat membuat garis atau polyline dengan benar sesuai dengan jalur yang dilalui oleh sistem ketika pengambilan data dilakukan selama 2 jam.

3. Kinerja *prototype smart monitoring* sistem untuk truk refrigerasi menunjukkan respons yang baik dalam membaca temperatur ruangan, daya yang digunakan serta membaca titik koordinat sistem. Sistem *monitoring* menunjukkan bahwa sistem ini mampu melaksanakan tugasnya dengan baik dalam mengukur dan mencatat perubahan temperatur dan kelembaban dalam kabin. Pengambilan data dimulai pada temperatur kabin *cooler box* sebesar 28°C, pengambilan data dilakukan setiap 1 menit selama durasi waktu 2 jam, dimulai pada pukul 21.25 WITA dengan kondisi awal temperatur *cooler box* sebesar 28,°C dan kelembaban ruangan yaitu 87,2% , temperatur lingkungan atau luar ruangan rata-rata sebesar 29,6°C dan beban pada *cooler box* menggunakan 4 gelas air mineral dengan ukuran 220ml . Sistem ini dapat mencatat penurunan suhu yang signifikan pada awal pengujian dan kemudian menunjukkan stabilitas ketika suhu mendekati titik 13 °C. Perbedaan kecil dalam pembacaan antar sensor disebabkan oleh perbedaan posisi sensor, namun hal ini tidak mempengaruhi kemampuan sistem dalam memantau suhu secara keseluruhan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan untuk pengembangan selanjutnya, penulis menyampaikan beberapa saran, antara lain :

1. Untuk meningkatkan *prototype smart monitoring* sistem untuk truk refrigerasi, perlu dilakukan peningkatan pada komponen *hardware* yang digunakan. Penggunaan sensor dan modul dengan akurasi dan presisi yang lebih tinggi sangat dianjurkan. Sensor dengan tingkat akurasi yang lebih baik akan memberikan data yang lebih tepat tentang kondisi lingkungan, seperti temperatur, kelembaban, dan modul gps. Data yang akurat ini memungkinkan sistem untuk melakukan penyesuaian yang lebih presisi, sehingga kualitas *monitoring* yang diinginkan dapat menjadi lebih baik dan akurat lagi.
2. Untuk meningkatkan pengalaman pengguna dan efisiensi sistem, pengembangan *web* yang lebih interaktif sangat diperlukan. Antarmuka yang lebih interaktif dapat dicapai dengan menambahkan fitur seperti grafik historis data, notifikasi, dan kontrol manual melalui layar sentuh atau aplikasi mobile.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrid setiani. 2015. Rancang Bangun *Power Supply* untuk Mesin *Electrical Discharge Machining* (EDM). Tugas Akhir Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Alyafi, M. A., Anifah, L., Asto B., I. G. P., & Nurhayati. (2022). *Pengembangan Trainer Kit Mikrokontroler Nodemcu Esp32 Berbasis Iot Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Pemrograman, Mikroprosesor, Dan Mikrokontroler Di Smk Negeri 1 Sidoarjo*. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 11, 203–211.
- Fezari, M., & Dahoud, A. Al. (2018). *Integrated Development Environment “IDE” For Arduino Integrated Development Environment “IDE” For Arduino Introduction to Arduino IDE*. <https://www.researchgate.net/publication/328615543>
- Agus Salim, A. T., & Indarto, B. (2018). Studi Eksperimental Karakterisasi Elemen Termoelektrik Peltier Tipe TEC. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 3(1), 179–182. <https://doi.org/10.32486/jeecae.v3i1.211>
- Djalmono, W. (2019). Sistem Pendingin Menggunakan Thermalelectric Cooler Guna Menstabilkan Temperatur Box Panel Kontrol Mesin Die Casting. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 146. <https://doi.org/10.32497/jrm.v14i3.1655>
- Firdaus, F., & Ismail, I. (2020). Komparasi Akurasi Global Position System (GPS) Receiver U-blox Neo-6M dan U-blox Neo-M8N pada Navigasi Quadcopter. *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 12(1), 12–15. <https://doi.org/10.30630/eji.12.1.137>
- Firnando, J., Franko, B., Pratama Tanzil, S., Wilyanto, N., Christianto Tan, H., & Hartati Kom, E. M. (2023). Pembuatan Website Menggunakan Visual Studio Code. *Fordicate*, 3(1), 1–8.
- Haryadi, S. (2020). Analisa Pengaruh Pemeliharaan Terhadap Kinerja Sistem Pendingin Refrigerasi Kapal. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 2(1), 30–35. <https://doi.org/10.51578/j.sitektransmar.v2i1.16>
- Indra S. Dalimunthe. (2004). Pengantar Teknik Refrigerasi. *Universitas Sumatera Utara*, 1–33.
- Junaidi, A. (2015). Internet Of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya : Review. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, IV(3), 62–66.

- Kebos, C. E., Manafe, B. H. A., & Rantelobo, K. (2022). Analisis Pengukuran Performansi Jaringan 4G Lte Pada Area Lahan Kering Kepulauan (Studi Kasus Di Wilayah Amarasi, Kec. Tts, Ntt). *Jurnal Media Elektro, March*, 156–165. <https://doi.org/10.35508/jme.v0i0.8208>
- Kinsela, jati. (2023). Rancang Bangun Sistem Satelit Buatan Berbasis Esp32 Dengan Fitur Komunikasi Menggunakan Modul Gsm Sim800L. *Jurnal Elektro Dan Telekomunikasi Terapan*, 10(1), 4–10. <http://journals.telkomuniversity.ac.id/jett/article/view/6123>
- Maharani, T., Informasi, S., Sains, F., & Teknologi, D. (2023). Perkembangan Dan Penggunaan Internet of Things Untuk Masa Yang Akan Datang., 4(1), 1–19.
- Maiorino, A., Petruzzello, F., & Aprea, C. (2021). Refrigerated transport: State of the art, technical issues, innovations and challenges for sustainability. *Energies*, 14(21), 1–56. <https://doi.org/10.3390/en14217237>
- Megawati, S. (2021). Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 5(1), 19–26. <https://doi.org/10.26740/jieet.v5n1.p19-26>
- Randam, G. (2020). Sistem Pendingin Pada Kulkas Termoelektrik Dengan Variasi Pembebanan. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram*, 1–7.
- Slamet Purwo Santoso, & Fajar Wijayanto. (2022). Rancang Bangun Akses Pintu Dengan Sensor Suhu Dan Handsanitizer Otomatis Berbasis Arduino. *Jurnal Elektro*, 10(1), 1–14.
- Song, H., Cai, M., Cen, J., Xu, C., & Zeng, Q. (2022). Research on energy saving optimization method of electric refrigerated truck based on genetic algorithm. *International Journal of Refrigeration*, 137(February), 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.02.003>
- Solarduino. 2020. PZEM-017 DC Energy Meter with Arduino. Terdapat pada : <http://solarduino.com/pzem-017-dc-energy-meter-online-monitoring-with-blynk-app/>. Diakses Tanggal 2 februari 2023.