IMPLEMENTASI MONITORING DAN ALERTING RUANG SERVER BERBASIS ESP32, PROMETHEUS, DAN GRAFANA

TUGAS AKHIR

HASAN AL HAIDAR

NIM: 22106050013

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2026

HALAMAN PENGESAHAN

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2080/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : Implementasi Monitoring Dan Alerting Ruang Server Berbasis ESP32, Prometheus, Dan Grafana.

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : HASAN AL HAIDAR
Nomor Induk Mahasiswa : 22106050013
Telah diujikan pada : Kamis, 13 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Ir. Muhammad Taufiq Nuruzzaman, S.T. M.Eng., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 6a880e0c8a0d3

Penguji I

Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, M.T., IPU., ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 6a86c8cc021ad

Penguji II

Ir. Muhammad Didik Rohmad Wahyudi, S.T., MT.
SIGNED

Valid ID: 6a87ea4f19e3d

Yogyakarta, 13 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a8bb372ac98f

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Hasan Al Haidar
NIM	: 22106050013
Program Studi	: Informatika
Fakultas	: Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul **Implementasi Monitoring dan Alerting Ruang Server Berbasis ESP32, Prometheus, dan Grafana** merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta,4 Agustus 2026



Hasan Al Haidar
NIM. 22106050013

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

LEMBAR PERSETUJUAN

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama	:	Hasan Al Haidar
NIM	:	22106050013
Judul Skripsi	:	Implementasi Monitoring dan Alerting Ruang Server Berbasis ESP32, Prometheus, dan Grafana

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Informatika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 31 Juli 2026
Pembimbing

Ir. Muhammad Taufiq Nuruzzaman, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 9791118 200501 1 003

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK

Implementasi Monitoring dan Alerting Ruang Server Berbasis ESP32, Prometheus, dan Grafana
Oleh: Hasan Al Haidar (NIM: 22106050013)

Ketersediaan infrastruktur server menjadi aspek kritis dalam mendukung layanan teknologi informasi pada lingkungan perguruan tinggi. Kondisi lingkungan ruang server seperti suhu, kelembapan, dan *dew point* perlu dipantau secara kontinu untuk menjaga stabilitas operasional perangkat keras server. Penelitian ini mengimplementasikan sistem *monitoring* dan *alerting* lingkungan ruang server menggunakan ESP32 dengan sensor SHT31 sebagai *node* pemantauan, Prometheus sebagai *platform* pengumpul metrik berbasis *pull-based monitoring*, Grafana sebagai visualisasi dasbor, serta Alertmanager dan Telegram Bot API sebagai mekanisme notifikasi otomatis. Sistem diimplementasikan dengan pendekatan *single-node containerized deployment* berbasis *Docker Compose*. Pengujian validasi fungsional menunjukkan sistem dapat melakukan pengumpulan data secara kontinu, menampilkan visualisasi *real-time*, serta mengirimkan notifikasi otomatis ketika kondisi lingkungan melampaui ambang batas yang ditetapkan.

Kata Kunci: *monitoring*, *alerting*, ESP32, Prometheus, Grafana, ruang server.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRACT

Implementation of Server Room Monitoring and Alerting Based on ESP32, Prometheus, and Grafana
By: Hasan Al Haidar (NIM: 22106050013)

The availability of server infrastructure is a critical aspect in supporting information technology services in higher education environments. Environmental conditions in server rooms such as temperature, humidity, and dew point need to be continuously monitored to maintain the operational stability of server hardware. This research implements a server room environmental monitoring and alerting system using ESP32 with SHT31 sensor as a monitoring node, Prometheus as a pull-based metrics collection platform, Grafana as dashboard visualization, and Alertmanager with Telegram Bot API as an automated notification mechanism. The system is implemented using a single-node containerized deployment approach based on Docker Compose. Functional validation testing shows that the system can collect data continuously, display real-time visualizations, and send automatic notifications when environmental conditions exceed defined thresholds.

Keywords: *monitoring, alerting, ESP32, Prometheus, Grafana, server room.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

”Iki uripku, dalanku. Pinginku, karepku, menengo.”

— Bayu Skak

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

"Yeah, I'm grown now, took me a while to see the bigger picture
'Cause if you were here today and I was talking with ya
There'd be a lot of tears of joy fallin' on my sweatshirt
Prolly followed by some apologies and: Mom, I missed ya
Yeah, I pray you see me down here lookin' up
Still got a lot of things that I need healin' from
But I'll get there eventually, so don't you worry none
I just hope you finally got some peace and you feel happy, Mom, I love you"

— NF, MAMA

Karya sederhana dan seluruh lembar perjuangan Tugas Akhir ini, seutuhnya kupersembahkan khusus untuk:

1. **Almarhumah Ibu Tercinta (Almh. Ninik Hiyastini)**
   Ibu, anakmu telah berhasil menyelesaikan sidang hasil ini. Kehilanganmu tepat di garis finis adalah patah hati terbesar dan rasa rindu paling berat dalam hidupku. Terima kasih atas setiap doa, kasih sayang, dan pengorbanan tanpa batas yang Ibu berikan sepanjang hidupku hingga aku bisa berada di titik ini. Tugas akhir ini selesai untukmu, Bu. Selamat istirahat dengan tenang di surga terindah-Nya, doaku akan selalu mengalir untukmu.

2. **Ayah dan Keluarga Besar Tercinta**
   Terima kasih atas kekuatan, dukungan moril, materi, serta doa yang tiada henti yang selalu menjadi fondasi utama bagiku untuk tetap tegar, melangkah maju, dan menyelesaikan pendidikan ini.

3. **Sahabat dan Teman-teman Seperjuangan**
   Terima kasih untuk tawa, bantuan, diskusi malam, dan kebersamaan kalian yang selalu menguatkan saat aku mulai jenuh. Keberadaan kalian membuat perjalanan kuliah yang berat ini menjadi jauh lebih bermakna.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Selawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa selesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Rektor UIN Sunan Kalijaga (Prof. Noorhaidi Hasan), Dekan Fakultas Sains dan Teknologi (Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.), serta Ketua Program Studi Informatika (Dr. Muhammad Mustakim) atas kesempatan, arahan, dan fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan.

Secara khusus, rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga penulis persembahkan kepada:

1. **Ir. Muhammad Taufiq Nuruzzaman, S.T., M.Eng., Ph.D.**, selaku Dosen Pembimbing yang telah mengorbankan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan teknis yang sangat berharga, serta motivasi yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan riset Tugas Akhir ini dengan baik.

2. **Eko Hadi Gunawan, M.Eng.**, selaku dosen yang selalu hadir memberikan semangat, dukungan moral, dan kepercayaan kepada penulis di setiap momen penuh tekanan selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

3. **Bapak Frendi Yusroni Romadhona, S.Kom.**, beserta segenap tim PTIPD UIN Sunan Kalijaga, yang telah memberikan bantuan teknis yang luar biasa, ruang diskusi, serta solusi nyata di kala penulis menemui kendala infrastruktur sistem selama proses penelitian.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Informatika.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 31 Juli 2026

Hasan Al Haidar

NIM. 22106050013

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN . . . . . **ii**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR . . . . . **iii**

LEMBAR PERSETUJUAN . . . . . **iv**

ABSTRAK . . . . . **v**

ABSTRACT . . . . . **vi**

MOTTO . . . . . **vii**

PERSEMBAHAN . . . . . **viii**

KATA PENGANTAR . . . . . **ix**

DAFTAR ISI . . . . . **xiii**

DAFTAR TABEL . . . . . **xiv**

DAFTAR GAMBAR . . . . . **xvi**

DAFTAR LAMPIRAN . . . . . **xvii**

DAFTAR SINGKATAN . . . . . **xviii**

I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Tugas Akhir 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Batasan Masalah 4

II KAJIAN PUSTAKA **5**

2.1 Penelitian Terkait 5

2.2 Sistem Monitoring 7

2.3 Monitoring Lingkungan Ruang Server 7

2.3.1 Analisis Dew Point dan Risiko Kondensasi 8

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2.3.2 Standar Lingkungan Perangkat TI 9
2.4 Alerting dan Deteksi Dini 11
2.5 Containerized Deployment 12
2.6 Komponen Sistem 13

III METODE PENGEMBANGAN SISTEM 15
3.1 Gambaran Umum Sistem 15
3.2 Analisis Kebutuhan Sistem 16
3.3 Arsitektur Sistem 16

IV PERANCANGAN DAN EVALUASI SISTEM 19
4.1 Perancangan Node Monitoring 19
4.2 Konfigurasi Prometheus 21
4.3 Konfigurasi Grafana 22
4.4 Konfigurasi Alerting 23
4.4.1 Inhibisi 27
4.5 Konfigurasi Docker Compose 28
4.6 Skenario Pengujian 29
4.6.1 Validasi Endpoint `/metrics` 31
4.6.2 Validasi Endpoint `/` 32
4.6.3 Validasi Scraping Prometheus 33
4.6.4 Validasi Visualisasi Grafana 34
4.6.5 Validasi Alert High Temperature Critical 35
4.6.6 Validasi Alert HighHumidityCritical 39
4.6.7 Validasi Alert ESP32Offline 43
4.6.8 Validasi Inhibisi Alert 47
4.6.9 Validasi Persistensi Data dan Recovery 50
4.6.10 Kalibrasi Treshold Empiris 52
4.7 Analisis Hasil 55
4.7.1 Analisis Kontinuitas Pengumpulan dan Visualisasi Data . . . 55
4.7.2 Analisis Kuantitatif Efisiensi Filter Temporal dan Mekanisme Inhibisi 56
4.7.3 Analisis Reduksi Blind Spot Monitoring 57
4.7.4 Analisis Validasi Kesesuaian Rancangan 57

V PENUTUP 59
5.1 Kesimpulan 59

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

5.2 Saran 60

DAFTAR PUSTAKA **62**

LAMPIRAN **65**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komparasi Karya Ilmiah Terkait 7
Tabel 2.2 Standar Lingkungan Termal ASHRAE TC 9.9 (Kelas A1) . . 10
Tabel 2.3 Komponen Perangkat Keras Sistem 14
Tabel 2.4 Komponen Perangkat Lunak Sistem 14

Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat Keras 16
Tabel 3.2 Spesifikasi Perangkat Lunak 16

Tabel 4.1 Konfigurasi threshold warna Grafana 23
Tabel 4.2 Konfigurasi *threshold* Alertmanager 26
Tabel 4.3 Volume Data Persisten Layanan Monitoring 28
Tabel 4.4 Ringkasan Skenario Pengujian 30
Tabel 4.5 Ringkasan Hasil Pengujian High Temperature Critical 36
Tabel 4.6 Ringkasan Hasil Pengujian High Humidity Critical 40
Tabel 4.7 Ringkasan Hasil Pengujian ESP32Offline 44
Tabel 4.8 Ringkasan Statistik Evaluasi Filter Temporal (`for: 15m`) . . 54

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik *Psychrometric* ASHRAE untuk Amplop Lingkungan Perangkat IT [1]. 10

Gambar 3.1 Diagram Arsitektur Sistem 17

Gambar 4.1 Node Monitoring ESP32 WROOM-32 dan Sensor SHT31 . 19
Gambar 4.2 Posisi Node Monitoring (ESP32 + SHT31) di antara server 20
Gambar 4.3 Dashboard Grafana 23
Gambar 4.4 Alert Telegram 27
Gambar 4.5 Output curl endpoint metrics esp32 31
Gambar 4.6 Output endpoint /metrics 32
Gambar 4.7 Dasbor HTML ESP32 33
Gambar 4.8 Halaman Targets Prometheus 33
Gambar 4.9 Dashboard Grafana — Dew Point melampaui *threshold* 15°*C* 34
Gambar 4.10 Alert temperature saat metrik suhu Grafana spike 36
Gambar 4.11 Alert temperature saat Prometheus pending 37
Gambar 4.12 Alert temperature saat Prometheus firing 37
Gambar 4.13 Alert temperature saat notifikasi Telegram *firing* 38
Gambar 4.14 Alert temperature saat metrik suhu Grafana turun 38
Gambar 4.15 Alert temperature saat notifikasi Telegram *resolved* 39
Gambar 4.16 Alert humidity saat metrik Grafana *spike* 41
Gambar 4.17 Alert humidity saat Prometheus *pending* 41
Gambar 4.18 Alert humidity saat Prometheus *firing* 42
Gambar 4.19 Alert humidity saat notifikasi Telegram *firing* 42
Gambar 4.20 Alert humidity saat metrik Grafana turun 43
Gambar 4.21 Alert humidity saat notifikasi Telegram *resolved* 43
Gambar 4.22 Alert ESP32Offline saat Node Status OFFLINE pada Grafana 45
Gambar 4.23 Alert ESP32Offline saat Prometheus pending 45
Gambar 4.24 Alert ESP32Offline saat Prometheus firing 46
Gambar 4.25 Alert ESP32Offline saat notifikasi Telegram *firing* 46
Gambar 4.26 Alert ESP32Offline saat Node Status ONLINE pada Grafana 47
Gambar 4.27 Alert ESP32Offline saat notifikasi Telegram *resolved* . . . 47
Gambar 4.28 Inhibisi alert: Prometheus Alerts saat ESP32Offline *firing* uji 1 — tidak ada alert *environment* aktif 48

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

Gambar 4.29 Inhibisi alert: Prometheus Alerts saat ESP32Offline *firing* uji 2 — tidak ada alert *environment* aktif 49
Gambar 4.30 Inhibisi alert: Prometheus Alerts saat ESP32Offline *firing* uji 3 — tidak ada alert *environment* aktif 49
Gambar 4.31 Inhibisi alert: Telegram saat ESP32Offline *firing* — tidak ada notifikasi *environment* terkirim 50
Gambar 4.32 Docker compose ps sebelum reboot 51
Gambar 4.33 Perintah sudo reboot, docker compose ps setelah reboot . . 51
Gambar 4.34 Dasbor Grafana dengan data kontinu 51
Gambar 4.35 Prometheus Targets UP 52
Gambar 4.36 Tren Perbandingan Metrik Lingkungan Selama Periode Kalibrasi Awal (26 Mei–1 Juni) dan Simulasi Anomali Fisik (2–3 Juni) Berdasarkan Data 9 Hari pada TSDB Grafana. . 54

Gambar E.1 Tampilan Fisik Server Monitoring (Host Container Docker). 77

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

A KODE SUMBER NODE ESP32 65
B KONFIGURASI ORKESTRASI DOCKER COMPOSE 71
C KONFIGURASI PROMETHEUS 73
D KONFIGURASI ATURAN PERINGATAN (ALERT RULES) 74
E DOKUMENTASI PERANGKAT KERAS DAN RUANG SERVER . . . 77
F KONFIGURASI ALERTMANAGER DAN TELEGRAM BOT 78

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR SINGKATAN

API	:	*Application Programming Interface*
CPU	:	*Central Processing Unit*
ESP32	:	*Espressif Systems 32-bit Microcontroller*
HTTP	:	*Hypertext Transfer Protocol*
IoT	:	*Internet of Things*
PTIPD	:	Pusat Teknologi Informasi dan Pangkalan Data
RAM	:	*Random Access Memory*
SMTP	:	*Simple Mail Transfer Protocol*
SHT31	:	*Sensirion Humidity and Temperature Sensor*
TLS	:	*Transport Layer Security*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PTIPD UIN Sunan Kalijaga mengelola layanan kritikal seperti sistem akademik, pembelajaran daring, dan aplikasi autosurat yang menuntut ketersediaan infrastruktur server secara kontinu [2]. Berdasarkan standar klasifikasi Uptime Institute [3], infrastruktur ruang server PTIPD beroperasi pada kapasitas dasar atau setara Tier I. Walaupun telah memiliki beberapa komponen redundan ala Tier II seperti 2 unit *Uninterruptible Power Supply* (UPS) dan 2 unit Pendingin Udara Presisi (*Precision Air Conditioning* / PAC) yang beroperasi bergantian setiap 12 jam, fasilitas ini masih sangat rentan terhadap gangguan. Hal ini dikarenakan sistem menggunakan jalur distribusi daya tunggal (*single path*) dengan 1 unit *Automatic Transfer Switch* (ATS). Jika terjadi masalah pada jalur kelistrikan utama (*busbar*) atau saat ATS membutuhkan perawatan rutin, seluruh operasional server terpaksa harus dimatikan secara total. Karakteristik *single point of failure* ini juga pernah menyebabkan pemadaman tidak terencana ketika *genset* gagal menyala akibat persoalan tata kelola. Kondisi infrastruktur Tier I inilah yang membuat pengawasan parameter lingkungan menjadi parameter kritis untuk meminimalkan potensi kegagalan berganda.

Stabilitas kinerja perangkat keras server sangat bergantung pada kondisi lingkungan fisik ruangan, sebab fluktuasi iklim mikro yang ekstrem dapat mengakibatkan kerusakan fatal pada perangkat. Parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan potensi kondensasi perlu dijaga dalam batas aman secara ketat. Berdasarkan standar terbaru dari The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), rentang suhu operasional yang direkomendasikan adalah $18°C$ hingga $27°C$, dengan kelembapan relatif maksimal 70%, serta batas titik embun (dew point) maksimal $15°C$ [1]. Suhu yang terlalu tinggi meningkatkan risiko overheating, sedangkan kelembapan ekstrem memicu risiko kondensasi cairan yang dapat merusak komponen elektronik di dalam server.

Kondisi eksisting di PTIPD UIN Sunan Kalijaga menunjukkan bahwa proses monitoring suhu dan kelembapan saat ini masih mengandalkan observasi langsung oleh administrator dengan memeriksa layar unit Precision Air Conditioning (PAC) Liebert PEX di lokasi ruang server. Metode konvensional ini memiliki keterbatasan karena menciptakan blind spot atau titik buta pemantauan di luar hari dan jam kerja resmi. Akibatnya, potensi anomali lingkungan yang terjadi pada malam hari, akhir

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

pekan, atau hari libur tidak dapat diketahui secara cepat, sehingga meningkatkan risiko keterlambatan penanganan saat terjadi kegagalan sistem pendingin.

Beberapa penelitian terdahulu telah mencoba mengatasi masalah ini menggunakan mikrokontroler berbasis Internet of Things (IoT) dengan protokol komunikasi MQTT atau HTTP, namun sering kali terkendala pada skalabilitas penyimpanan data sejarah (historical data) dan visualisasi metrik yang kurang fleksibel [4]. Oleh karena itu, diperlukan arsitektur monitoring yang lebih andal dengan memisahkan fungsi pengumpulan data (data collection), penyimpanan berbasis deret waktu (time-series storage), dan visualisasi data yang interaktif.

Pada penelitian ini, dirancang sebuah sistem monitoring menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor lingkungan untuk mengukur suhu, kelembapan, dan menghitung nilai dew point secara langsung. Untuk mengatasi masalah penyimpanan data dan mekanisme peringatan (alerting), digunakan Prometheus yang bekerja dengan model menarik data (pull-based) dari endpoint ESP32 secara periodik. Data deret waktu tersebut kemudian divisualisasikan secara dinamis melalui dashboard Grafana untuk mempermudah pemantauan oleh administrator PTIPD. Seluruh komponen perangkat lunak ini dideploy menggunakan kontainerisasi Docker untuk menjamin kemudahan konfigurasi dan konsistensi sistem di lingkungan server. Melalui kombinasi teknologi ini, diharapkan PTIPD UIN Sunan Kalijaga dapat melakukan pengawasan ruang server secara near real-time dan meminimalkan risiko kerusakan akibat anomali lingkungan.

Pengamanan aset fisik server dari potensi kerusakan akibat suhu maupun kondensasi yang tidak terkendali merupakan bentuk implementasi perlindungan aset harta dan data institusi secara sistematis. Upaya preventif ini krusial dalam menjamin keberlangsungan layanan teknologi informasi bagi civitas akademika, baik mahasiswa maupun dosen, agar tetap tersedia secara optimal.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mengimplementasikan sistem monitoring lingkungan ruang server berbasis ESP32, Prometheus, dan Grafana untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara kontinu?

2. Bagaimana cara mengimplementasikan mekanisme alerting untuk membantu deteksi dini kondisi abnormal pada lingkungan ruang server?

3. Bagaimana implementasi sistem monitoring dan alerting dapat membantu

mengurangi blind spot monitoring pada lingkungan PTIPD?

4. Bagaimana hasil pengujian validasi fungsional (pengumpulan data, visualisasi, dan alerting) sistem dapat diverifikasi berjalan sesuai dengan rancangan?

5. Bagaimana konfigurasi parameter pemantauan dan mekanisme *alerting* disesuaikan untuk memenuhi standar operasional *data center* (ASHRAE TC 9.9) pada lingkungan infrastruktur yang masih berkapasitas dasar (Tier I)?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

1. Mengimplementasikan sistem monitoring lingkungan ruang server berbasis ESP32, Prometheus, dan Grafana untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara kontinu.

2. Mengimplementasikan mekanisme alerting untuk membantu deteksi dini kondisi abnormal pada lingkungan ruang server.

3. Mengidentifikasi kontribusi sistem monitoring dan alerting dalam membantu mengurangi blind spot monitoring pada lingkungan PTIPD.

4. Melakukan dan menganalisis validasi fungsional terhadap proses monitoring, visualisasi, dan alerting sistem yang diimplementasikan.

5. Menyesuaikan dan memvalidasi konfigurasi *threshold* pemantauan beserta mekanisme *alerting* berdasarkan pedoman standar operasional *data center* (ASHRAE TC 9.9) dalam konteks keterbatasan infrastruktur Tier I.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1.4 Manfaat Penelitian

1. **Bagi PTIPD**
   Penelitian ini diharapkan dapat membantu proses monitoring lingkungan ruang server secara lebih kontinu melalui visualisasi monitoring dan mekanisme alerting sehingga kondisi abnormal lingkungan dapat diketahui lebih cepat.

2. **Bagi Institusi**
   Penelitian ini diharapkan dapat mendukung keberlangsungan layanan teknologi informasi melalui implementasi monitoring dan alerting pada lingkungan ruang server.

3. **Bagi Akademik**
   Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi implementasi sistem monitoring dan alerting ruang server berbasis ESP32, Prometheus, dan Grafana pada lingkungan institusi pendidikan.

1.5 Batasan Masalah

1. Monitoring difokuskan pada parameter lingkungan ruang server berupa suhu, kelembapan, dan dew point.
2. Sistem monitoring menggunakan ESP32 sebagai node monitoring lingkungan dan sensor SHT31 sebagai sensor pembacaan suhu serta kelembapan.
3. Sistem monitoring menggunakan pendekatan monitoring berbasis metrik dengan mekanisme pull monitoring melalui Prometheus.
4. Visualisasi monitoring dilakukan menggunakan Grafana dan mekanisme alerting menggunakan Alertmanager serta Telegram Bot API.
5. Monitoring hanya mencakup kondisi lingkungan ruang server dan tidak mencakup monitoring performa internal server seperti CPU, memori, dan penyimpanan.
6. Sistem diimplementasikan menggunakan pendekatan single-node containerized deployment berbasis Docker Compose.
7. Pengujian sistem difokuskan pada validasi fungsional terhadap proses monitoring, visualisasi, dan alerting.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. **Implementasi Monitoring**: Sistem berhasil diimplementasikan menggunakan arsitektur *pull-based* dalam *single-node container* Docker. ESP32 secara persisten mengekspos enam metrik lingkungan (termasuk kalkulasi *dew point* Magnus-Tetens) yang ditarik oleh Prometheus setiap 15 detik, dan divisualisasikan secara *near real-time* oleh Grafana dengan kontinuitas data yang terjamin oleh *persistent volume*.

2. **Mekanisme Alerting**: Mekanisme *alerting* berhasil mendeteksi anomali secara presisi menggunakan konfigurasi berbasis *threshold* dan *for duration*. Parameter durasi tunggu 15 menit terbukti secara kuantitatif mampu mereduksi 74,46% *false alarm* akibat fluktuasi transien AC, sementara aturan inhibisi sukses mencegah *alert storm* saat *node offline*. Notifikasi berhasil dirutekan ke Telegram administrator.

3. **Reduksi Blind Spot**: Sistem secara efektif mengeliminasi titik buta pemantauan di luar jam kerja dengan merekam ribuan titik data secara kontinu. Keterbatasan akibat dependensi jaringan lokal diantisipasi dengan mengubah *blind spot* fisik menjadi peringatan *Node Down* (ESP32Offline) secara instan, sehingga pengawasan PTIPD tetap berjalan 24/7.

4. **Validasi Fungsional**: Pengujian fungsional secara *end-to-end* mencatatkan tingkat keberhasilan 100%. Seluruh skenario mulai dari ketersediaan *endpoint* metrik, *scraping* data, visualisasi ambang batas, hingga pengiriman dan resolusi *alert* berjalan konsisten. Sistem juga terbukti tangguh memulihkan diri secara otomatis (*auto-recovery*) dan menjaga rekam jejak TSDB pasca-reboot.

5. **Adaptasi Standar (ASHRAE)**: Sistem berhasil diselaraskan dengan standar operasional ASHRAE TC 9.9 pada lingkungan infrastruktur yang masih berada di tingkat Tier I. Konfigurasi parameter *alerting* tidak hanya mendeteksi anomali secara statis, tetapi memadukan *threshold* rekomendasi global dengan parameter *for duration* (berkisar antara 30 detik hingga 15 menit) yang divalidasi secara empiris. Hal ini menjamin bahwa sistem tetap akurat dan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

relevan mendeteksi ancaman nyata di tengah fluktuasi inersia termal ruang server tanpa memicu *false alarm*.

5.2 Saran

1. **Implementasi Mekanisme Deadman's Switch**: Menambahkan mekanisme pengawasan eksternal berbasis *deadman's switch* (seperti pemanfaatan layanan *heartbeat monitoring* pihak ketiga). Langkah ini diperlukan untuk mendeteksi kegagalan total (*total outage*) pada server monitoring utama secara instan, sehingga administrator tetap mendapatkan notifikasi darurat apabila seluruh sistem Prometheus dan Grafana mengalami crash atau padam.

2. **Optimasi Konektivitas Node**: Mengganti antarmuka konektivitas mikrokontroler dari modul nirkabel (Wi-Fi) ke koneksi fisik Ethernet (misalnya menggunakan modul W5500). Langkah ini direkomendasikan untuk meniadakan dampak deviasi RSSI akibat interferensi frekuensi tinggi dari perangkat server, serta menghindari risiko *packet loss* secara permanen.

3. **Integrasi Penyimpanan Data Jangka Panjang (*Long-Term Storage*)**: Mengintegrasikan *Time-Series Database* sekunder berbasis *long-term storage* (seperti InfluxDB, VictoriaMetrics, atau Thanos). Langkah ini direkomendasikan karena TSDB lokal Prometheus difokuskan untuk retensi 30 hari operasional, sehingga integrasi basis data sekunder diperlukan agar data historis dapat disimpan dan dianalisis dalam jangka panjang untuk kebutuhan audit infrastruktur.

4. **Penerapan Kecerdasan Buatan (AI) untuk Analisis dan Mitigasi**: Menambahkan modul Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence* / *Machine Learning*) pada sistem pemantauan. Langkah ini berguna untuk melakukan analisis tren lingkungan secara prediktif (*predictive maintenance*) serta menyajikan rekomendasi tindakan mitigasi kontekstual yang lebih kompleks bagi administrator saat terjadi anomali iklim mikro.

5. **Penyediaan Catu Daya Cadangan (UPS/Baterai) pada Node Monitoring**: Menambahkan sistem catu daya cadangan (*Uninterruptible Power Supply* / modul baterai) khusus pada *node monitoring* ESP32. Langkah ini direkomendasikan agar ketika terjadi pemadaman listrik total (*power outage*), *node*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

monitoring dipastikan tetap beroperasi lebih lama dibandingkan server untuk terus memancarkan status kondisi lingkungan terakhir secara kontinu.

6. **Penambahan Jumlah *Node Monitoring***: Memperbanyak jumlah titik sensor yang ditempatkan pada berbagai area strategis di dalam ruang server (seperti pada lorong udara dingin dan udara panas secara terpisah). Penambahan densitas sensor secara spasial ini sangat direkomendasikan untuk meningkatkan akurasi pemetaan profil termal ruangan secara menyeluruh, mengeliminasi variasi suhu lokal (*hotspots*), serta memastikan redundansi data apabila salah satu sensor mengalami kerusakan fisik.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

[1] ASHRAE Technical Committee 9.9, *Thermal Guidelines for Data Processing Environments*, 5th ed. Atlanta, GA, USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2021.

[2] R. Dewantara, "Analisis availability sistem informasi akademik uin sunan kalijaga yogyakarta menggunakan metode failover computer cluster," Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta, Indonesia, 2017.

[3] Uptime Institute, "Data center tier classification," 2026, https://uptimeinstitute.com/tiers.

[4] D. A. Subekti, H. Purwadi, and D. T. Maesaroh, "Sistem monitoring suhu dan kelembaban ruangan berbasis internet of things menggunakan esp32 dan dht22," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, vol. 14, no. 2, pp. 2501–2510, 2026.

[5] A. K. Susilo, I. N. Fathoni, and I. G. D. Majaya, "Sistem monitoring suhu dan kelembapan ruangan server dengan esp32," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis (SENATIB)*, 2024, pp. 271–277.

[6] M. S. Bakare and K. Abubaker, "Iot-based indoor environmental monitoring system using multi-parameter sensing and esp32-wroom integration," *Discover Electronics*, vol. 3, no. 6, p. 157, 2026.

[7] D. Rahman, H. Amnur, and I. Rahmayuni, "Monitoring server dengan prometheus dan grafana serta notifikasi telegram," *JITSI: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, vol. 1, no. 4, pp. 133–138, 2020.

[8] B. Rasyidi and F. Pratama, "Sistem monitoring server di pt. xyz media indonesia berbasis grafana dan prometheus," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 4, pp. 1240–1248, 2024.

[9] F. Saory, J. H. Jaman, and Carudin, "Sistem monitoring server menggunakan prometheus dan grafana dengan integrasi slack di pt. atlas lintas indonesia," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, vol. 13, no. 3S1, pp. 1150–1157, 2025.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

[10] R. Inayati, "Monitoring server menggunakan nagios dengan notifikasi melalui telegram sebagai pembelajaran praktikum mahasiswa pada laboratorium sjk uin sunan kalijaga," Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta, Indonesia, 2025.

[11] M. Fadli S., "Sistem monitoring ruang server berbasis internet of things (iot) menggunakan android dan nodemcu esp8266 (studi kasus ptipd uin suska riau)," Skripsi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Riau, Indonesia, 2022.

[12] M. Y. E. Saputra, Noprianto, S. N. Arief, V. N. Wijayaningrum, and Y. W. Syaifudin, "Real-time server monitoring and notification system with prometheus, grafana, and telegram integration," in *2024 ASU International Conference in Emerging Technologies for Sustainability and Intelligent Systems (ICETSIS)*. IEEE, 2024.

[13] L. J. Klein, P. J. Singh *et al.*, "Corrosion management for data centers," IBM Research, Tech. Rep. RC25124, 2011. [Online]. Available: https://ibm.com

[14] I. Manousakis, S. Sankar, G. McKnight, T. D. Nguyen, and R. Bianchini, "Environmental conditions and disk reliability in free-cooled datacenters," in *14th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST)*, 2016, pp. 325–338.

[15] C. Borgnakke and R. E. Sonntag, *Fundamentals of Thermodynamics*, 10th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2019.

[16] M. G. Lawrence, "The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air: A simple conversion and applications," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 86, no. 2, pp. 225–234, 2005.

[17] G. Rathor, "Observability: anomaly detection at scale with prometheus," *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, vol. 11, no. 4, pp. 10 048–10 053, 2025.

[18] M. Kummert, W. Dempster, and K. McLean, "Thermal analysis of a data centre cooling system under fault conditions," in *Eleventh International IBPSA Conference*, Glasgow, Scotland, 2009, pp. 1851–1858.

[19] Prometheus Authors, *Prometheus - Monitoring system & time series database*, 2025, https://prometheus.io/docs/.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

[20] J. Sindewald, R. Latini, and J. Rice, “Alert lifecycle and best practices for predictive maintenance alert lifecycle management,” in *Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society*, vol. 16, no. 1, 2025, p. 4374.

[21] Docker Inc., *Docker Documentation*, 2025, https://docs.docker.com/.

[22] Espressif Systems, *ESP32-WROOM-32 Datasheet Version 3.6*, 2025, https://www.espressif.com.

[23] Sensirion AG, *Datasheet SHT3x-DIS Humidity and Temperature Sensor*, 2022, version 7.

[24] A. Gaddam, T. Wilkin, M. Angelova, and J. Gaddam, “Detecting sensor faults, anomalies and outliers in the internet of things: A survey on the challenges and solutions,” *Electronics*, vol. 9, p. 511, 2020.

[25] Mist Systems, “Rssi values for good/bad signal strength,” 2025, https://www.mist.com/.

[26] Ubiquiti Inc., “Understanding and implementing minimum rssi,” 2025, https://help.ui.com/.

[27] Telegram Messenger Inc., *Telegram Bot API*, 2025, https://core.telegram.org/bots/api.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA