



PENGEMBANGAN SISTEM PROTEKSI ASET MEDIS DENGAN FITUR DETEKSI ANOMALI SUHU BERBASIS AUTOENCODER DAN SUMBER KEBOCORAN AIR BERBASIS *DECISION TREE*

ZAH DAN FAQIH RAHBANI



**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Pengembangan Sistem Proteksi Aset Medis dengan Fitur Deteksi Anomali Suhu Berbasis *Autoencoder* dan Sumber Kebocoran Air Berbasis *Decision Tree*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Zahdan Faqih Rahbani
J0404221026



ABSTRAK

ZAHDAN FAQIH RAHBANI. Pengembangan Sistem Proteksi Aset Medis dengan Fitur Deteksi Anomali Suhu Berbasis *Autoencoder* dan Sumber Kebocoran Air Berbasis *Decision Tree*. Dibimbing oleh FALDIENA MARCELITA.

Sistem peringatan dini pada gudang PT Synergy Dua Kawan Sejati sebelumnya hanya mengandalkan ambang batas suhu rata-rata statis dan deteksi genangan air secara biner, sehingga rentan menghasilkan alarm palsu akibat fluktuasi suhu *ambient* harian dan gagal mendeteksi anomali termal lokal berskala kecil seperti *hotspot* korsleting. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem proteksi aset medis melalui integrasi kecerdasan buatan pada arsitektur *Internet of Things* berbasis ESP32-S3, mencakup deteksi anomali suhu menggunakan *Convolutional Autoencoder* dan klasifikasi sumber kebocoran air menggunakan *Decision Tree*. Pengujian dilaksanakan pada lingkungan simulasi Tingkat Kesiapterapan Teknologi Level 6 menggunakan tiga tumpukan kardus berdimensi 35×26,5×96 cm yang merepresentasikan produk medis baru dalam kemasan aslinya, sesuai kondisi penyimpanan aktual gudang. Data termal dari sensor MLX90640 berupa matriks 32×24 piksel dikumpulkan selama 4 hari 6 jam menghasilkan 24.179 *frame*, diproses menggunakan *Zero-Mean Normalization*, dan digunakan untuk melatih model *Autoencoder* berkapasitas ringan (3.217 parameter) selama 50 *epoch* dengan ambang batas ganda berbasis kaidah tiga-sigma. Klasifikasi sumber genangan air dilakukan dengan mengintegrasikan pembacaan sensor K-0135 dan data cuaca *real-time* dari OpenWeatherMap API untuk membedakan kebocoran atap saat hujan dan kebocoran pipa internal saat cuaca cerah. Hasil pengujian menunjukkan model *Autoencoder* berhasil mereduksi alarm palsu sebesar 65% dan meningkatkan sensitivitas deteksi anomali lokal sebesar 100% dibandingkan sistem berbasis ambang batas statis, sementara logika *Decision Tree* berhasil mengklasifikasikan sumber kebocoran air dengan akurasi 100% dari 10 skenario pengujian. Seluruh komponen telah terintegrasi ke dalam *dashboard* web dengan visualisasi *heatmap* termal *real-time* dan notifikasi *Telegram Bot* disertai foto bukti, sehingga sistem ini terbukti layak diterapkan untuk mendukung manajemen risiko aset medis di lingkungan gudang.

Kata kunci: *Autoencoder*, *Decision Tree*, deteksi anomali, *Internet of Things*, klasifikasi sumber kebocoran air.



ABSTRACT

ZAHDAN FAQIH RAHBANI. Development of a Medical Asset Protection System with an Autoencoder-Based Temperature Anomaly Detection Feature and Decision Tree-Based Water Leakage Source Classification. Supervised by FALDIENA MARCELITA.

The early warning system previously deployed at PT Synergy Dua Kawan Sejati's warehouse relied solely on a static average temperature threshold and binary water detection, making it prone to false alarms from daily ambient temperature fluctuations and unable to detect small-scale local thermal anomalies such as short-circuit hotspots. This research aims to develop a medical asset protection system through the integration of artificial intelligence into an ESP32-S3-based Internet of Things architecture, encompassing temperature anomaly detection using a Convolutional Autoencoder and water leakage source classification using a Decision Tree. Testing was conducted in a Technology Readiness Level 6 simulation environment using three stacked cardboard boxes with total dimensions of 35×26.5×96 cm, representing newly packaged medical products in their original packaging, consistent with the actual warehouse storage condition. Thermal data from the MLX90640 sensor in the form of a 32×24 pixel matrix were collected over 4 days and 6 hours, yielding 24,179 frames, which were processed using Zero-Mean Normalization and used to train a lightweight Autoencoder model (3,217 parameters) for 50 epochs with a dual threshold based on the three-sigma rule. Water leakage source classification was performed by integrating readings from the K-0135 sensor with real-time weather data from the OpenWeatherMap API to distinguish between roof leaks during rain and internal pipe leaks under clear weather. Testing results showed that the Autoencoder model successfully reduced false alarms by 65% and increased local anomaly detection sensitivity by 100% compared to the previous static threshold system, while the Decision Tree logic achieved 100% accuracy in classifying water leakage sources across 10 test scenarios. All components were successfully integrated into a web dashboard featuring real-time thermal heatmap visualization and Telegram Bot notifications with photographic evidence, demonstrating that the system is feasible for supporting medical asset risk management in warehouse environments.

Keywords: Autoencoder, anomaly detection, Decision Tree, Internet of Things, water leakage source classification.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



PENGEMBANGAN SISTEM PROTEKSI ASET MEDIS DENGAN FITUR DETEKSI ANOMALI SUHU BERBASIS *AUTOENCODER* DAN SUMBER KEBOCORAN AIR BERBASIS *DECISION TREE*

ZAHDAN FAQIH RAHBANI

Laporan Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer

**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji pada ujian Laporan Akhir: Prof. Dr. Ir. Sri Nurdiati, M.Sc.

Perpustakaan IPB University

Judul Laporan : Pengembangan Sistem Proteksi Aset Medis dengan Fitur Deteksi Anomali Suhu Berbasis *Autoencoder* dan Sumber Kebocoran Air Berbasis *Decision Tree*

Nama : Zahdan Faqih Rahbani
NIM : J0404221026

Disetujui oleh

**Pembimbing :
Faldiena Marcelita, S.T., M.Kom.**



Diketahui oleh

**Ketua Program Studi:
Dr. Inna Novianty, S.Si., M.Si.
NPI 201811198611192014**

**Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP 196607171992031003**




**Tanggal Ujian:
21 Juli 2026**

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Laporan tugas akhir ini berjudul "Pengembangan Sistem Proteksi Aset Medis dengan Fitur Deteksi Anomali Suhu Berbasis *Autoencoder* dan Sumber Kebocoran Air Berbasis *Decision Tree*". Penelitian ini merupakan pengembangan lanjutan dari proyek yang telah dirintis penulis selama kegiatan magang industri di PT Synergy Dua Kawan Sejati, Cikupa, Kabupaten Tangerang, pada periode Agustus 2025 hingga Desember 2025. Tahap pengembangan perangkat lunak, pelatihan model kecerdasan buatan, dan penyusunan laporan dilaksanakan di Perumahan Grand Riscon Padjajaran, Kabupaten Bogor, pada periode Januari 2026 hingga April 2026.

Tujuan penulisan laporan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor. Menyadari bahwa penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Faldiena Marcelita, S.T., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, ilmu, dan masukan yang sangat berharga selama proses penelitian dan penyusunan laporan ini. Terima kasih kepada Ibu Dr. Inna Novianty, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor. Terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T., selaku Dekan Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor. Terima kasih kepada seluruh jajaran manajemen dan staf PT Synergy Dua Kawan Sejati yang telah memberikan izin penelitian, memfasilitasi pengambilan data di lapangan, serta memberikan informasi operasional yang sangat dibutuhkan dalam penelitian ini. Ayah, ibu, dan seluruh keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan moral, doa, dan kasih sayang yang tak ternilai selama penulis menempuh studi di Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor. Seluruh teman-teman mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer angkatan 59 atas kebersamaan, semangat, dan dukungannya selama ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang *Internet of Things* dan kecerdasan buatan, khususnya dalam penerapannya untuk proteksi aset di lingkungan industri kesehatan. Atas perhatiannya, penulis ucapkan terima kasih.

Bogor, Juli 2026

Zahdan Faqih Rahbani



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Internet of Things (<i>IoT</i>) dalam Monitoring Lingkungan Gudang	5
2.2 Sensor MLX90640 untuk Pencitraan Termal	6
2.3 Sensor K-0135 untuk Deteksi Genangan Air	7
2.4 Protokol MQTT dalam Arsitektur <i>IoT</i>	9
2.5 Mikrokontroler ESP32-S3	10
2.6 Notifikasi Melalui Telegram	11
2.7 <i>Autoencoder (Unsupervised Learning)</i>	13
2.8 <i>Decision Tree</i> untuk Klasifikasi Berbasis Aturan	14
2.9 Proteksi Aset Medis dalam Penyimpanan	15
2.10 OpenWeatherMap API	16
III METODE	18
3.1 Lokasi dan Waktu Proyek	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Teknik Pengumpulan Data	20
3.4 Analisis Data	20
3.5 Prosedur Kerja	24
3.6 Perancangan Sistem	27
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Implementasi Sistem Pada Lingkungan Simulasi (TKT Level 6)	41
4.2 Hasil Penyolderan dan Pemasangan Komponen Pada <i>Casing</i>	42
4.3 Pengumpulan dan Pra-Pemrosesan Data Sensor	45
4.4 Pelatihan Model <i>Autoencoder</i> dan Penentuan Ambang Batas	45
4.5 Integrasi Sistem Web <i>Dashboard Real-time</i>	47
4.6 Notifikasi Telegram	49
4.7 Validasi Hasil Pengujian dan Kinerja Perbandingan	51
V SIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Simpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
RIWAYAT HIDUP	74



DAFTAR TABEL

1	Daftar Perangkat Keras	18
2	Daftar Kebutuhan Perangkat Lunak	19
3	Simulasi Perhitungan Loss 1 Frame (768 Piksel)	23
4	Logika Klasifikasi Sumber Kebocoran Air	26
5	Distribusi Konfigurasi Daya Sistem	28
6	Konfigurasi Koneksi Pin Sinyal ESP32-S3	29
7	Perbandingan Sistem Generasi Pertama dan Generasi Kedua	52
8	Hasil Pengujian Deteksi Sumber Panas Lokal	53
9	Hasil Pengujian <i>False Alarm</i> Pada Siang Hari	54
10	Hasil Pengujian Deteksi Genangan Air dan Sumber Kebocoran	55
11	Rekapitulasi Lengkap Seluruh Metrik Pengujian	57

DAFTAR GAMBAR

1	MLX90640	7
2	K-0135	8
3	Protokol MQTT	9
4	ESP32-S3	11
5	Telegram	12
6	<i>Autoencoder</i>	13
7	Algoritma <i>Decision Tree</i>	15
8	OpenWeatherMap	17
9	Diagram Alir Tahap Pelatihan Model <i>Autoencoder</i>	23
10	Blok Diagram Sistem	27
11	Skematik Rangkaian Elektronik	28
12	Desain 3D <i>Casing</i> dan Tripod	31
13	Tampilan Sisi Depan Keseluruhan Sistem	32
14	Tampilan Sisi Kanan Keseluruhan Sistem	32
15	Tampilan Sisi Kiri Keseluruhan Sistem	33
16	Tampilan Sisi Belakang Keseluruhan Sistem	33
17	Tampilan Sisi Atas Keseluruhan Sistem	34
18	Tampilan Sisi Bawah Keseluruhan Sistem	34
19	Arsitektur Sistem	35
20	Diagram Alir Kerja Sistem	39
21	Penempatan Sistem Pada Lingkungan Tiruan	41
22	Tumpukan Kardus Sedemikian Rupa Dengan Aset Gudang	42
23	Hasil Penyolderan Pada PCB	43
24	Kepala <i>Casing</i> Sistem Berisi Sensor, Modem, dan Mikrokontroler	43
25	UPS Sistem Sebagai Daya Cadangan	44
26	<i>Casing</i> Kaki Sistem Berisi Water Level Sensor K0135	44
27	Foto Alat Dari Sisi Depan	45
28	Grafik Pembelajaran Model <i>Autoencoder</i>	46
29	Halaman <i>Login Website</i>	48



30	Tampilan Tangkapan Foto dan <i>Heatmap</i>	48
31	Tampilan Grafik Sensor dan <i>Log</i> Aktivitas	49
32	Pengaturan Pergantian <i>Password</i> dan Sesi <i>Login</i> Aktif	49
33	Notifikasi Telegram Terdeteksi Anomali	50
34	Notifikasi Telegram Genangan Air	51
35	Pengujian Pada Kertas Yang Dibakar	54
36	Pengujian Menuangkan Air Disekitar <i>Water Level Sensor</i>	57

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kode Program Pelatihan Model <i>Autoencoder</i>	63
2	Kode Program ESP32-S3	65
3	Sebagian Tampilan <i>Dataset</i> Suhu Mentah CSV	69
4	Panduan Penggunaan	70
5	Analisis Kebutuhan Daya	72
6	Dokumentasi Dengan Pihak PT Synergy Dua Kawan Sejati	73
7	Gudang PT Synergy Dua Kawan Sejati	73