



SISTEM *PREDICTIVE MAINTENANCE* UNTUK DETEKSI ANOMALI KINERJA POMPA *LOOPING* MENGGUNAKAN KLASIFIKASI *ONE-CLASS* SVM TERINTEGRASI IOT

FAWAZ ALFATAMA PUTRA



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



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN PROYEK AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Proyek Akhir dengan judul “Sistem *Predictive Maintenance* untuk Deteksi Anomali Kinerja Pompa *Looping* Menggunakan Klasifikasi *One-Class SVM* Terintegrasi IoT” 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 Proyek Akhir ini.

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

Bogor, Mei 2026

Fawaz Alfatama Putra
J0404221027

@fawazputra@ipb.ac.id



ABSTRAK

FAWAZ ALFATAMA PUTRA. Sistem *Predictive Maintenance* untuk Deteksi Anomali Kinerja Pompa *Looping* Menggunakan Klasifikasi *One-Class SVM* Terintegrasi IoT. Dibimbing oleh SOFIYANTI INDRIASARI.

Pemantauan operasional pompa *looping* di lingkungan industri saat ini masih bergantung pada metode manual yang rentan terhadap *human error* dan tidak mampu memberikan peringatan dini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *predictive maintenance* terintegrasi *Internet of Things* (IoT) guna mengidentifikasi penyimpangan operasional pada pompa *looping Water for Injection* (WFI). Sistem akuisisi data dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32-S3 dan modul Ethernet W5500 untuk menjamin stabilitas transmisi di area industri, didukung oleh sensor PZEM-004T yang telah divalidasi (MAPE 0,54%) untuk membaca parameter tegangan dan arus. Proses deteksi anomali dirancang menggunakan arsitektur *hybrid* yang mengkombinasikan filter *rule-based* (ambang batas arus $< 2A$) sebagai mitigasi indikasi *dry running*, serta algoritma klasifikasi *One-Class Support Vector Machine* (OC-SVM). Algoritma OC-SVM terbukti efektif memetakan profil beban operasional normal tanpa memerlukan proses normalisasi data, sehingga integritas nilai fisika asli tetap terjaga dalam membentuk *decision boundary* yang presisi. Berdasarkan pengujian operasional lapangan terhadap 2.812 sampel data uji, sistem menunjukkan tingkat keandalan yang sangat tinggi dengan capaian *Precision* sebesar 95,76% dan *Recall* sebesar 97,41%. Ketika sistem mengidentifikasi adanya indikasi anomali, mekanisme peringatan dini akan terpicu secara otomatis melalui notifikasi WhatsApp, *dashboard* pemantauan, serta alarm *buzzer* di lokasi. Sinergi perangkat keras dan perangkat lunak ini terbukti mampu meminimalkan risiko kerusakan mekanis fatal dan mencegah terjadinya *unplanned downtime* pada operasional pabrik.

Kata kunci: IoT, OC-SVM, pompa *looping water for injection*, *predictive maintenance*



ABSTRACT

FAWAZ ALFATAMA PUTRA. Predictive Maintenance System for Detecting Performance Anomalies in Looping Pumps using Integrated IoT One-Class SVM Classification. Supervised by SOFIYANTI INDRIASARI.

Operational monitoring of looping pumps in industrial settings currently relies on manual methods that are prone to human error and unable to provide early warnings. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-integrated predictive maintenance system to identify operational anomalies in Water for Injection (WFI) looping pumps. The data acquisition system was built using an ESP32-S3 microcontroller and a W5500 Ethernet module to ensure transmission stability in industrial areas, supported by a validated PZEM-004T sensor (MAPE 0.54%) to read voltage and current parameters. The anomaly detection process was designed using a hybrid architecture that combines a rule-based filter (current threshold $< 2A$) to mitigate indications of dry running, along with the One-Class Support Vector Machine (OC-SVM) classification algorithm. The OC-SVM algorithm has proven effective at mapping normal operational load profiles without requiring data normalization, thereby preserving the integrity of the original physical values in forming a precise decision boundary. Based on field operational testing of 2,812 test data samples, the system demonstrated a very high level of reliability with a Precision of 95.76% and a Recall of 97.41%. When the system identifies an anomaly indication, the early warning mechanism is automatically triggered via WhatsApp notifications, the monitoring dashboard, and on-site buzzer alarms. Synergy of the OC-SVM algorithm has proven effective at mapping normal operational load profiles without requiring data normalization, thereby preserving the integrity of the original physical values to form precise decision boundaries. Based on field operational testing of 2,812 test data samples, the system demonstrated a very high level of reliability, achieving a Precision of 95.76% and a Recall of 97.41%. When the system identifies indications of an anomaly, the early warning mechanism is automatically triggered via WhatsApp notifications, the monitoring dashboard, and on-site buzzer alarms. This synergy between hardware and software has proven capable of minimizing the risk of catastrophic mechanical failure and preventing unplanned downtime in plant operations.

Keywords: IoT, looping water pump for injection, OC-SVM, predictive maintenance



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.

SISTEM *PREDICTIVE MAINTENANCE* UNTUK DETEKSI ANOMALI KINERJA POMPA *LOOPING* MENGGUNAKAN KLASIFIKASI *ONE-CLASS SVM* TERINTEGRASI IOT

FAWAZ ALFATAMA PUTRA

Laporan Proyek 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 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 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: Faldiena Marcelita, S.T., M.Kom.

Judul Proyek Akhir : Sistem *Predictive Maintenance* untuk Deteksi Anomali
Kinerja Pompa *Looping* Menggunakan Klasifikasi
One-Class SVM Terintegrasi IoT
Nama : Fawaz Alfatama Putra
NIM : J0404221027

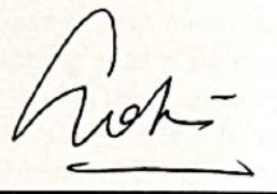
Nama
NIM

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing:

Dr. Sofiyanti Indriasari, S.Kom., 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



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga laporan proyek akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2025 sampai bulan Mei 2026 ini ialah *Internet of Things*, dengan judul “Sistem *Predictive Maintenance* untuk Deteksi Anomali Kinerja Pompa *Looping* Menggunakan Klasifikasi *One-Class SVM* Terintegrasi IoT”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dosen Pembimbing, Dr. Sofiyanti Indriasari, S.Kom, M.Kom. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Arif Mulyanto, S.T., selaku Manajer *Maintenance Engineering* dan Bapak Teguh Ramdani selaku Manajer PPIC yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2026

Fawaz Alfatama Putra



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Studi Relevan	3
2.2 <i>Internet of Things dan Predictive Maintenance</i>	3
2.3 <i>Sistem Pompa Looping Water for Injection</i>	4
2.4 <i>One-Class Support Vector Machine (OC-SVM)</i>	5
2.5 <i>Confusion Matrix</i>	5
2.6 Mikrokontroler ESP32-S3	6
2.7 Sensor PZEM-004T	6
2.8 Ethernet W5500	7
2.9 OLED 1.5 Inch L2C	7
2.10 <i>Buzzer Aktif</i>	8
METODOLOGI	9
3.1 Lokasi dan Waktu	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Kerja	10
HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 <i>Business Understanding</i>	14
4.2 <i>Data Understanding</i>	14
4.3 <i>Data Preparation</i>	21
4.4 <i>Modeling</i>	22
4.5 <i>Evaluation</i>	23
4.6 <i>Deployment</i>	26
KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1. Kesimpulan	31
5.2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	34
RIWAYAT HIDUP	42

DAFTAR TABEL

1	Daftar kebutuhan alat	9
2	Daftar kebutuhan bahan	9
3	Daftar kebutuhan perangkat lunak	10
4	Kalibrasi sensor PZEM-004T terhadap Tang Ampere	21
5	Struktur data latih	22
6	Komparasi performa evaluasi latih dan uji	25

DAFTAR GAMBAR

1	<i>Internet of Things</i> dan <i>predictive maintenance</i>	4
2	Pompa <i>looping water for injection</i>	4
3	<i>One-class support vector machine</i>	5
4	ESP32-S3	6
5	Sensor PZEM-004T	6
6	Ethernet W5500	7
7	OLED 1.5 Inch I2C	7
8	<i>Buzzer</i> aktif	8
9	<i>Flowchart</i> sistem perangkat keras	15
10	<i>Flowchart</i> sistem perangkat lunak	16
11	<i>Use case diagram</i>	17
12	Blok diagram sistem	18
13	Rancangan skematik rangkaian	18
14	Rancangan desain 3D <i>casing</i> perangkat IoT	19
15	Realisasi fisik alat	20
16	Hasil klasifikasi OC-SVM dan <i>decision boundary</i>	22
17	<i>Confusion matrix</i> - evaluasi data latih	23
18	<i>Confusion matrix</i> - evaluasi data uji lapangan	24
19	Kondisi OLED normal	26
20	Kondisi OLED awas	27
21	Kondisi OLED bahaya	27
22	<i>Dashboard website</i>	28
23	<i>Pump card</i> saat kondisi normal	29
23	<i>Pump card</i> saat mendeteksi adanya anomali	29
23	Notifikasi kondisi <i>warning</i>	30
23	Notifikasi kondisi kritis	30

DAFTAR LAMPIRAN

1	Rincian kegiatan penelitian	35
2	Kode program perangkat IoT ESP32-S3	35