

PENGEMBANGAN DAN VALIDASI SISTEM PEMANTAUAN *REAL-TIME* BERBASIS IOT UNTUK PROSES PENGERINGAN INDUSTRI

SATIA KAMILA RACHMANIA



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan dan Validasi Sistem Pemantauan *Real-Time* Berbasis IoT untuk Proses Pengeringan Industri” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juli 2026

Satia Kamila Rachmania
G7401221006

- 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.

Perpustakaan IPB University

ABSTRAK

SATIA KAMILA RACHMANIA. Pengembangan dan Validasi Sistem Pemantauan Real-Time Berbasis IoT untuk Proses Pengeringan Industri. Dibimbing oleh HERIYANTO SYAFUTRA dan IRMANSYAH.

Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan *Internet of Things* (IoT) untuk mengevaluasi efisiensi termal oven pengering melalui komparasi energi teoretis dan aktual. Instrumen mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor suhu PT100, dan sensor aliran fluida. Data lapangan ditransmisikan secara nirkabel, diakuisisi via Data Streamer Microsoft Excel, diotomatisasi oleh Power Automate, dan divisualisasikan pada Power BI. Pengujian membuktikan sistem beroperasi stabil tanpa kehilangan data. Kalkulasi otomatis mencatat suplai energi aktual rata-rata 151.291 kkal/jam, melampaui kebutuhan teoretis produk sebesar 115.920 kkal/jam. Komparasi ini berhasil mendeteksi kehilangan panas ke lingkungan sebesar 35.371 kkal/jam. Sistem terintegrasi ini efektif memfasilitasi evaluasi termodinamika seketika guna mengoptimalkan pengaturan pemanas pabrik.

Kata kunci: Data Streamer, efisiensi termal, *Internet of Things*, kehilangan panas, neraca energi

ABSTRACT

SATIA KAMILA RACHMANIA. Development and Validation of an IoT Based Real-Time Monitoring System for Industrial Drying Processes. Supervised by HERIYANTO SYAFUTRA and IRMANSYAH.

This study develops an Internet of Things (IoT) monitoring system to evaluate the thermal efficiency of drying ovens through theoretical and actual energy comparisons. The instrument integrates an ESP32 microcontroller, PT100 temperature sensors, and a fluid flow sensor. Field data is transmitted wirelessly, acquired via Microsoft Excel Data Streamer, automated by Power Automate, and visualized on Power BI. Testing proved the system operates stably without data loss. Automated calculations recorded an average actual energy supply of 151.291 kcal/hour, exceeding the product's theoretical requirement of 115.920 kcal/hour. This comparison successfully detected a heat loss to the environment of 35.371 kcal/hour. The integrated system effectively facilitates instantaneous thermodynamic evaluation to optimize factory heater settings.

Keywords: Data Streamer, energy balance, heat loss, Internet of Things, thermal efficiency



- 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 DAN VALIDASI SISTEM PEMANTAUAN *REAL-TIME* BERBASIS IOT UNTUK PROSES PENGERINGAN INDUSTRI

SATIA KAMILA RACHMANIA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Departemen Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Ardian Arif Setiawan, S.Si., M.Si.
2. Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si.

Judul Skripsi : Pengembangan dan Validasi Sistem Pemantauan *Real-Time*
Berbasis IoT untuk Proses Pengeringan Industri

Nama : Satia Kamila Rachmania

NIM : G7401221006

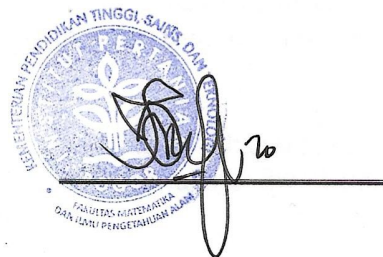
Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Heriyanto Syafutra, M.Si.

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.
NIP. 1968091619940301001



Tanggal Ujian: 22 September 2026

Tanggal Lulus:



@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.

Perpustakaan IPB University



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, petunjuk, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua Tercinta, Bapak Taufiqurrochman, S.T, M.M. dan Ibu Wetty Cahyaningrum Bayuwangsa, S.Psi. adik, Hilmi Auliya Rahman, Kenzie Haidar Rahman, Sarah Amira Rachmania yang menjadi rumah untuk berpulang tiada hentinya memberikan doa yang tulus, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta motivasi yang luar biasa kepada penulis sepanjang menempuh pendidikan.
2. Dr. Heriyanto Syafutra, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pertama dan Dr. Ir. Irmansyah, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, arahan, ilmu yang sangat berharga, serta kesabaran yang luar biasa selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Teman-teman penulis Figra SA, F Meutia A, F Yumna, Melinda MR, Thala F, Ajrina S, Davina AH, dan Bhaskara Aksara yang telah memberikan kebersamaan, bantuan, keceriaan, dan dukungan semangat dalam setiap proses akademik maupun non-akademik yang dilalui penulis.
4. Febrian Raffles Aditama, S.Tr.T. sebagai rekan *intern* yang telah memberikan bantuan dan berbagi ilmu pengetahuan selama penelitian dan *internship*.
5. Teman-teman Fisika angkatan 59.
6. Satia Kamila Rachmania sebagai penulis. Terima kasih karena tidak pernah menyerah, terus bertahan, dan selalu berusaha memberikan yang terbaik hingga akhir.

Bogor, September 2026

Satia Kamila Rachmania



@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.

Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sistem Pengeringan Industri dan Kebutuhan Energi Termal	4
2.2 Keseimbangan Energi Termal pada Sistem Sirkulasi Air Panas	5
2.3 Mekanisme Perpindahan Panas dalam Oven Pengering	5
2.4 Pemodelan Kinetika Pengeringan	6
2.5 Sistem Pemantauan Industri Berbasis IoT	6
2.6 Karakteristik Sensor dan Ketidakpastian Pengukuran	6
2.7 Identifikasi <i>Gap</i> Penelitian	7
III METODE PENELITIAN	8
3.1 Pendekatan Penelitian	8
3.2 Sistem Pengeringan Industri	9
3.3 Konfigurasi Instrumen dan Sensor	10
3.3.1 Perangkat Keras Instrumentasi (<i>Instrumentation Hardware</i>)	10
3.3.2 Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	12
3.4 Kalibrasi dan Validasi Sensor	12
3.5 Pemodelan Keseimbangan Energi Termal	12
3.5.1 Pendekatan Psikometrik Udara Pengering	12
3.5.2 <i>Heat Transfer Rate</i> (Laju Perpindahan Panas Air)	13
3.6 Arsitektur IoT dan Transmisi Data	13
3.7 Prosedur Eksperimen dan Pengumpulan Data (Berdasarkan Waterfall Model)	13
3.7.1 Analisis Kebutuhan	13
3.7.2 Desain Arsitektur Sistem	14
3.7.3 Implementasi Sistem dan Pemograman	15
3.7.4 <i>Testing</i>	16
3.7.5 Penerapan	16
3.7.6 Pengoperasian dan Pemeliharaan Sistem	17
3.8 Integrasi Data dan Visualisasi Data	17
3.8.1 Pemantauan Tren Parameter (<i>Trend Monitoring</i>)	17
3.8.2 Evaluasi Kesesuaian Set-Point (<i>Set-Point Evaluation</i>)	18
3.9 Evaluasi Kinerja	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Implementasi Sistem Pemantauan Otomatis	19
4.2 Profil Suhu dan Kelembapan Udara Oven	21
4.3 Profil Kinerja Sirkulasi Air Panas (<i>Hot Water Loop</i>)	22

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



V

Hak cipta milik IPB University

4.4	Analisa Kebutuhan Energi Pengeringan	23
V	SIMPULAN DAN SARAN	29
5.1	Simpulan	29
5.2	Saran	29
	DAFTAR PUSTAKA	30
	LAMPIRAN	32
	RIWAYAT HIDUP	37

DAFTAR TABEL

1	Spesifikasi oven	10
2	Spesifikasi media pengering	10
3	Spesifikasi instrumentasi sensor sistem	11
4	Spesifikasi instrumentasi data akuisisi sistem	12
5	Spesifikasi <i>coil</i> sesuai standar	23
6	<i>Summary lab scale 1 pcs coil</i>	24
7	<i>Summary lab scale 24.000 pcs coil</i>	24
8	Data suplai energi oven	26
9	<i>Heat loss data supply energi oven</i>	28

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir data akuisisi	8
2	Skema sistem pengeringan	9
3	Panel antarmuka visual 1	11
4	Panel antarmuka visual 2	11
5	Arsitektur sistem integrasi <i>IoT</i>	15
6	Rangkaian mikrokontroler data akuisisi	16
7	Sensor PT100 pipa outlet	16
8	<i>Vortex water flow sensor</i>	17
9	Sensor udara dan humidity	17
10	<i>Collect data streamer</i>	19
11	Proses <i>power automate</i>	20
12	<i>Report power automate</i>	20
13	Profil udara oven PowerBI	20
14	Profil <i>hot water loop oven</i>	21
15	Temperatur udara oven	21
16	Kelembapan udara oven	22
17	Temperatur air inlet dan outlet oven	22
18	Laju alir air panas oven	23
19	Monitoring energi oven PowerBI	25
20	Monitoring energi oven	25
21	<i>Heat loss suplai energi oven</i>	27



DAFTAR LAMPIRAN

1	Dokumentasi Penelitian	33
2	Perhitungan pendekatan <i>lab scale</i>	34
3	Tabel spesifikasi oven memmert <i>lab scale</i>	34
4	Nilai kalor laten	35
5	Surat keterangan penerimaan magang	36