

**SISTEM *MONITORING* KUALITAS UDARA DAPUR UMKM BERBASIS
IoT MENGGUNAKAN KONTROL *ON-OFF* HISTERESIS DAN ANALISIS
*RANDOM FOREST***



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Disusun Oleh:
AHMAD SAYYIDUL ANUGGRAH
062240342199**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan :

Nama : Ahmad Sayyidul Anuggrah
NPM : 0622403432199
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Bengkulu, 26 Juli 2004
Alamat : Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Kel. Bukit Lama,
Kec. Ilir Barat I, Palembang.
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Elektro
Jurusan : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Sistem *Monitoring* Kualitas Udara Dapur UMKM
Berbasis IOT Menggunakan Kontrol *ON-OFF*
Histeresis dan Analisis *Random Forest*

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri serta bebas dari tindakan plagiasi dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.
2. Dapat menyelesaikan segala urusan terkait pengumpulan revisi Tugas Akhir yang sudah disetujui oleh dewan penguji paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.
3. Dapat menyelesaikan segala urusan peminjaman/penggantian alat/buku dan lainnya paling lama 1 bulan setelah ujian Tugas Akhir.

Apabila di kemudian hari diketahui ada pernyataan yang terbukti tidak benar dan tidak dapat dipenuhi, maka saya siap bertanggung jawab dan menerima sanksi tidak diikutsertakan dalam prosesi wisuda serta dimasukkan dalam daftar hitam oleh jurusan Teknik Elektro sehingga berdampak tertundanya pengambilan Ijazah & Transkrip (ASLI & COPY). Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan dalam keadaan sadar tanpa paksaan



Palembang, Juli 2026
Yang Menyatakan



Ahmad Sayyidul Anuggrah

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DAPUR UMKM BERBASIS
IoT MENGGUNAKAN KONTROL *ON-OFF* HISTERESIS DAN ANALISIS
*RANDOM FOREST***



Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Sriwijaya

Disusun Oleh:

AHMAD SAYYIDUL ANUGGRAH

062240342199

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Yudi Wijanarko, S.T., M.T.
NIP. 196705111992031003

Dosen Pembimbing II

Tegar Prasetyo, S.Pd., M.Eng
NIP. 199301122022031006

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
Sarjana Terapan Teknik Elektro

Ir. Renny Maulidda, S.T., M.T.
NIP. 198910022019032013

Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., IPM.
NIP. 197907222008011007

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

"It does not matter how slowly you go as long as you do not stop."

-(Confusius)-

"Success is the sum of small efforts, repeated day in and day out."

-(Robert Collier)-

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak Karim Amrullah, S.Pd. dan Ibu Suhartini, kedua orang tua tercinta yang senantiasa menjadi alasan saya untuk terus berjuang. Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah putus, pengorbanan yang tak terhitung, serta kepercayaan yang selalu diberikan. Tugas Akhir ini saya persembahkan sebagai wujud rasa syukur dan terima kasih atas setiap langkah yang Ayah dan Ibu iringi hingga saya mampu berada di titik ini.
2. Bapak Yudi Wijanarko, S.T., M.T. dan Bapak Tegar Prasetyo, S.Pd., M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta arahan yang sangat berharga dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas waktu, kesabaran, dan dedikasi yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung.
3. Dang dan Donga, saudara dan saudara terbaik yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan kebahagiaan dalam setiap perjalanan akademik saya. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam proses ini.
4. Sahabat-sahabat terbaik dan orang-orang terdekat, yang selalu hadir dalam setiap proses perjalanan ini. Terima kasih atas doa, dukungan, perhatian, kebersamaan, serta semangat yang telah diberikan. Kehadiran kalian menjadi bagian penting yang menguatkan setiap langkah hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan..

ABSTRAK

SISTEM *MONITORING* KUALITAS UDARA DAPUR UMKM BERBASIS IoT MENGGUNAKAN KONTROL *ON-OFF* HISTERESIS DAN ANALISIS *RANDOM FOREST*

(2026: xv + 99 Halaman + 35 Gambar + 30 Tabel + Daftar Pustaka + Lampiran)

AHMAD SAYYIDUL ANUGGRAH

062240342199

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Aktivitas memasak pada dapur UMKM menghasilkan gas LPG, gas hasil pembakaran, serta peningkatan suhu yang dapat menurunkan kualitas udara. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32, sensor MQ-6, MQ-135, dan DHT22 dengan metode kontrol *ON-OFF* histeresis, serta menganalisis data hasil pengujian menggunakan algoritma *Random Forest*. Sistem mampu memantau kualitas udara secara *real-time*, mengendalikan *exhaust fan* secara otomatis, menampilkan informasi pada LCD, serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram Bot dan ESP32-CAM. Data hasil pengujian sebanyak 775 data dianalisis menggunakan *Random Forest* melalui tahapan *preprocessing*, pembagian data *training* dan *testing* (80:20), pelatihan model, serta evaluasi menggunakan *confusion matrix*, *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *feature importance*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontrol *ON-OFF* histeresis mampu menjaga kestabilan kerja *exhaust fan* dan mengurangi fenomena *chattering*. Model *Random Forest* menghasilkan akurasi sebesar 98,71% dengan nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang tinggi dalam mengklasifikasikan kondisi Normal, Waspada, dan Bahaya. Analisis *feature importance* menunjukkan bahwa parameter suhu memiliki kontribusi terbesar (53,68%), diikuti MQ-135 (29,73%), MQ-6 (13,04%), dan kelembapan (3,55%). Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu melakukan monitoring kualitas udara dapur UMKM secara efektif dan mendukung evaluasi kondisi udara berbasis data.

Kata kunci: *Internet of Things*, kualitas udara dapur, kontrol *ON-OFF* histeresis, *Random Forest*, ESP32.

ABSTRACT

IoT-BASED AIR QUALITY MONITORING SYSTEM FOR MSME KITCHENS USING ON-OFF HYSTERESIS CONTROL AND RANDOM FOREST ANALYSIS

(2026: xv + 99 Pages + 35 Figures + 30 Tables + References + Appendices)

AHMAD SAYYIDUL ANUGGRAH

062240342199

BACHELOR OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT

STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA

Cooking activities in Micro, Small, and Medium Enterprises (MSME) kitchens generate LPG gas, combustion gases, and increased temperature, which may reduce indoor air quality and pose safety risks. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based kitchen air quality monitoring system using an ESP32 microcontroller integrated with MQ-6, MQ-135, and DHT22 sensors, employing the ON-OFF hysteresis control method and Random Forest algorithm for data analysis. The proposed system performs real-time air quality monitoring, automatically controls exhaust fans, displays information on an LCD, and sends notifications through Telegram Bot and ESP32-CAM. A total of 775 sensor records were analyzed using the Random Forest algorithm through data preprocessing, an 80:20 training-testing split, model training, and performance evaluation using a confusion matrix, accuracy, precision, recall, F1-score, and feature importance. The results demonstrate that the ON-OFF hysteresis control effectively maintains exhaust fan stability and minimizes the chattering phenomenon. The Random Forest model achieved an accuracy of 98.71%, with high precision, recall, and F1-score in classifying air quality into Normal, Warning, and Danger conditions. Feature importance analysis revealed that temperature was the most influential parameter (53.68%), followed by MQ-135 (29.73%), MQ-6 (13.04%), and humidity (3.55%). Therefore, the proposed system provides an effective solution for real-time air quality monitoring in MSME kitchens while supporting data-driven evaluation of indoor air quality.

Keywords: *Internet of Things, kitchen air quality, ON-OFF hysteresis control, Random Forest, ESP32.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas limpahan karunia-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DAPUR UMKM BERBASIS IoT MENGGUNAKAN KONTROL *ON-OFF* HISTERESIS DAN ANALISIS *RANDOM FOREST***” dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya. Laporan Tugas Akhir ini berisi Bab I Pendahuluan, Bab II Tinjauan Pustaka, Bab III Metodologi Penelitian, Bab IV Hasil dan Pembahasan, dan Bab V Penutup..

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, arahan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih:

1. Bapak Yudi Wijanarko, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Tegar Prasetyo, S.Pd., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II

Kemudian dengan segala ketulusan hati penulis juga berterimakasih atas dukungan, bimbingan, bantuan, dan kemudahan dari berbagai pihak, antara lain:

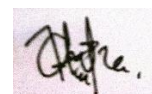
1. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T. Selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. Selamat Muslimin, S.T., M.Kom., IPM. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Lindawati, S.T., M.T.I. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Ir. Renny Maulidda, S.T., M.T. Selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu, yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memberikan kasih sayang tanpa henti kepada penulis. Terima kasih atas setiap pengorbanan, kepercayaan, serta semangat yang telah diberikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu wujud dari

perjuangan yang tidak hanya penulis tempuh sendiri, tetapi juga hasil dari doa dan dukungan Ayah dan Ibu di setiap langkahnya..

6. Dang dan Donga yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
7. Rekan satu tim Ayatullah Khomeini, yang telah bekerja sama saling membantu selama proses perancangan alat, pengambilan data, hingga penyusunan skripsi.
8. Dylan dan Jordan, yang telah menjadi teman seperjuangan sejak awal perkuliahan. Terima kasih atas setiap kebersamaan, bantuan, dan dukungan yang diberikan selama menjalani kehidupan sebagai anak rantau.
9. Valdi, Romi, Ali, Fairuz, dan Baruna, yang telah menjadi teman berbagi cerita dan kebersamaan selama semester-semester akhir perkuliahan. Terima kasih atas dukungan, semangat, kebersamaan, serta setiap momen yang telah dilalui bersama. Kehadiran kalian telah memberikan warna dan menjadi penyemangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Seseorang yang selalu hadir dalam setiap proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas doa, perhatian, dan dukungan yang tidak pernah berhenti diberikan. Layaknya sebuah *feature* dalam algoritma Random Forest, kehadiranmu memberikan kontribusi yang berarti dalam setiap proses hingga penelitian ini dapat terselesaikan.
11. Teman-teman kelas ELB22 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, teman seperjuangan yang dari awal masuk perkuliahan hingga saat ini telah berjuang bersama-sama.
12. Semua pihak yang telah membantu dan menyelesaikan laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran mendukung dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Terima kasih atas perhatiannya.

Palembang, Juli 2026



Ahmad Sayyidul Anugrah

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	6
1.4.1 Tujuan.....	6
1.4.2 Manfaat	6
1.5 Metode Penelitian.....	7
1.5.1 Metode Literatur.....	7
1.5.2 Metode Observasi.....	7
1.5.3 Metode Wawancara	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 <i>State of the Art</i>	9
2.2 <i>Indoor Air Quality</i> (IAQ) pada Dapur Rumah Tangga.....	14
2.2.1 Definisi dan Standar Acuan IAQ.....	14
2.2.2 Diagram Konsep IAQ Dapur	15
2.2.3 Karakteristik Polutan Udara pada Dapur	16
2.2.4 Klasifikasi Kondisi IAQ: Normal, Waspada, dan Bahaya	16
2.3 Kontrol <i>ON-OFF</i> Histeresis	18

2.3.1	Prinsip Dasar Kontrol <i>ON-OFF</i>	18
2.3.2	Fenomena <i>Chattering</i> dan Dampaknya pada Sistem	18
2.3.3	Prinsip Kerja Kontrol <i>ON-OFF</i> Histeresis.....	18
2.3.4	Grafik Kontrol <i>ON-OFF</i> Histeresis	19
2.3.5	Logika Kontrol <i>ON-OFF</i> Histeresis.....	20
2.3.6	Rencana Nilai <i>Threshold</i> dan <i>Deadband</i> untuk Setiap Sensor	20
2.3.7	Perbandingan Kontrol <i>ON-OFF</i> Histeresis dengan Metode Lain...	21
2.3.8	Keterbatasan Kontrol Histeresis dan Solusinya	21
2.4	<i>Machine Learning</i>	21
2.5	Algoritma <i>Random Forest</i>	22
2.1	Konsep <i>Ensemble Learning</i>	22
2.2	Arsitektur Algoritma <i>Random Forest</i>	22
2.3	Mekanisme Klasifikasi.....	23
2.4	Fitur Input dan Target Kelas.....	24
2.5	Perbandingan <i>Random Forest</i> dengan Algoritma Lain	25
2.6	<i>Preprocessing</i> dan Evaluasi Model	25
2.6.1	<i>Preprocessing</i> Data: Normalisasi <i>Min-Max Scaling</i>	25
2.6.2	<i>Confusion Matrix</i> Model Klasifikasi.....	25
2.6.3	Metrik Evaluasi Performa Model Klasifikasi	26
2.6.4	<i>Feature importance</i> untuk Mengetahui Sensor Paling Berpengaruh 27	
2.7	Sensor MQ-6 (Gas LPG)	27
2.8	Sensor MQ-135	31
2.9	Sensor DHT22	33
2.10	Mikrokontroler ESP32 DevKit V1	35
2.11	Modul ESP32-CAM (AI-Thinker)	37
2.12	Relay 2-Channel	38
2.13	<i>Exhaust fan</i> 220V.....	40
2.14	LCD 20×4 I2C	41
2.15	Buzzer	42
2.16	<i>Internet of Things</i> (IoT)	43
2.17	<i>Telegram Bot</i>	43

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	45
3.1 Kerangka Proposal Tugas Akhir.....	45
3.1.1 Studi Literatur	46
3.1.2 Perancangan Pembuatan Alat.....	46
3.1.3 Pembuatan Alat	46
3.1.4 Pengujian Alat	46
3.1.5 Evaluasi	47
3.1.6 Pembuatan Laporan.....	47
3.2 Perancangan Sistem.....	47
3.2.1 Perancangan Mekanik	47
3.2.2 Blok Diagram Sistem	49
3.2.3 Skema Rangkaian Sistem.....	49
3.3 Perancangan Perangkat Lunak	51
3.3.1 <i>Flowchart</i> Sistem	51
3.3.2 Algoritma Kontrol Histeresis	53
3.3.3 Logika Multi Sensor <i>Decision</i>	55
3.3.4 Algoritma Notifikasi Telegram	55
3.3.5 Perancangan Analisis Data Menggunakan Algoritma <i>Random Forest</i> 56	
3.3.6 Pengambilan Data <i>Random Forest</i>	57
3.3.7 <i>Training Model Random Forest</i>	59
3.4 Metode Pengujian Sistem.....	60
3.4.1 Pengujian Sensor.....	60
3.4.2 Pengujian Kontrol Histeresis.....	61
3.4.3 Pengujian Notifikasi Telegram.....	62
3.4.4 Pengujian <i>Random Forest</i>	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	64
4.1 Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem.....	64
4.1.1 Implementasi Sistem pada Lokasi Pengujian.....	64
4.1.2 Hasil Rangkaian Aktual dan Fungsi Komponen	66
4.2 Hasil Pengujian Sistem.....	70
4.2.1 Pengujian Sensor.....	70

4.2.2	Pengujian Kontrol <i>ON-OFF</i> Histeresis.....	75
4.2.3	Pengujian Notifikasi dan Monitoring IoT	79
4.3	Analisis <i>Random Forest</i>	81
4.3.1	Pengolahan Dataset	81
4.3.2	Implementasi <i>Random Forest</i>	83
4.3.3	Evaluasi Kinerja Model <i>Random Forest</i>	87
4.3.4	Analisis <i>Feature importance</i>	90
4.4	Pembahasan	93
BAB V PENUTUP		95
5.1	Kesimpulan.....	95
5.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA.....		97
LAMPIRAN.....		100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram Konsep IAQ Dapur	15
Gambar 2. 2	Grafik Kontrol ON-OFF Histeresis	19
Gambar 2. 3	Arsitektur Algoritma Random Forest	23
Gambar 2. 4	Confusion matrix Model Klasifikasi	26
Gambar 2. 5	Sensor MQ-6.....	28
Gambar 2. 6	Skema Sensor MQ-6 ke ESP32	30
Gambar 2. 7	Sensor MQ-135.....	32
Gambar 2. 8	Sensor DHT22	33
Gambar 2. 9	Skema Rangkaian DHT22 ke ESP32	35
Gambar 2. 10	ESP32 DevKit V1	36
Gambar 2. 11	ESP CAM.....	37
Gambar 2. 12	Relay 2-Channel	39
Gambar 2. 13	Exhaust fan	40
Gambar 2. 14	LCD	41
Gambar 2. 15	Buzzer 12v	42
Gambar 2. 16	Tampilan Telegram Bot.....	44
Gambar 3. 1	Kerangka Pelaksanaan Tugas Akhir	45
Gambar 3. 2	Desain 3D Sistem Monitoring Kualitas Udara	48
Gambar 3. 3	Blok Diagram Sistem Monitoring Kualitas Udara Dapur	49
Gambar 3. 4	Wiring Sistem	50
Gambar 3. 5	Skema Rangkaian	51
Gambar 3. 6	Flowchart Sistem	52
Gambar 3. 7	Alur Random Forest	53
Gambar 4. 1	Panel Kontrol Sistem	64
Gambar 4. 2	Implementasi Sistem pada Dapur UMKM	65
Gambar 4. 3	Bagian Dalam Kontrol Panel	66
Gambar 4. 4	Bagian Luar Kontrol Panel	67
Gambar 4. 5	Posisi Sensor DHT22.....	67
Gambar 4. 6	Posisi Sensor MQ-6 dan sensor MQ-135	68
Gambar 4. 7	Posisi ESP-CAM	68
Gambar 4. 8	Grafik Sensor MQ-6	72
Gambar 4. 9	Grafik Sensor MQ-135	73
Gambar 4. 10	Grafik Suhu.....	74
Gambar 4. 11	Grafik Kelembapan.....	74
Gambar 4. 12	Tampilan LCD Saat Sistem Aktif	79
Gambar 4. 13	Notifikasi Kondisi Waspada	80
Gambar 4. 14	Notifikasi Kondisi Bahaya.....	80
Gambar 4. 15	Hasil Potret ESP-CAM.....	81
Gambar 4. 16	Tahapan Implementasi Random Forest.....	86
Gambar 4. 17	Confusion Matrix Random Forest	89
Gambar 4. 18	Grafik Feature importance Random Forest	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel State Of Art	9
Tabel 2. 2 Kategori Polutan Udara di Dapur	16
Tabel 2. 3 Klasifikasi Kondisi IAQ Dapur	17
Tabel 2. 4 Alur Logika Kontrol ON-OFF Histeresis	20
Tabel 2. 5 Rencana Nilai Threshold dan Deadband Kontrol Histeresis	20
Tabel 2. 6 Fitur Input Model Random Forest	24
Tabel 2. 7 Metrik Evaluasi Performa Model Klasifikasi	26
Tabel 2. 8 Spesifikasi Teknis Sensor MQ-6.....	28
Tabel 2. 9 Hubungan Konsentrasi, Rasio, Nilai, dan Kategori.....	29
Tabel 2. 10 Tabel Spesifikasi Sensor MQ-135	32
Tabel 2. 11 Spesifikasi Sensor DHT22	34
Tabel 2. 12 Spesifikasi ESP32	36
Tabel 2. 13 Spesifikasi teknis modul ESP32-CAM.....	38
Tabel 2. 14 Spesifikasi Relay	39
Tabel 3. 1 Nilai Threshold Kontrol Histeresis	54
Tabel 3. 2 Nilai Histeresis Sistem.....	54
Tabel 3. 3 Tabel Dataset Random Forest	57
Tabel 3. 4 Skenario Pengumpulan Dataset Random Forest.....	58
Tabel 4. 1 Lokasi Pemasangan Komponen.....	65
Tabel 4. 2 Identifikasi dan Fungsi Komponen Sistem.....	69
Tabel 4. 3 Hasil Pembacaan Sensor	71
Tabel 4. 4 Statistik Nilai Pembacaan Sensor	71
Tabel 4. 5 Variabel Dataset	82
Tabel 4. 6 Label Kondisi.....	82
Tabel 4. 7 Dataset Analisa Random Forest.....	83
Tabel 4. 8 Jumlah Dataset Setelah Preprocessing.....	85
Tabel 4. 9 Pembagian Dataset.....	85
Tabel 4. 10 Hasil Evaluasi Model Random Forest	88
Tabel 4. 11 Nilai <i>Feature importance Random Forest</i>	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kesepakatan Bimbingan Tugas Akhir.....	101
Lampiran 2. Pengajuan Judul Tugas Akhir	102
Lampiran 3. Lembar Pengesahan Judul Tugas Akhir.....	103
Lampiran 4. Lembar Konsultasi Tugas Akhir Pembimbing 1	104
Lampiran 5. Lembar Konsultasi Tugas Akhir Pembimbing 2.....	105
Lampiran 6. Rekomendasi Ujian Tugas Akhir	106
Lampiran 7. Surat Pernyataan Penyelesaian Publikasi Jurnal.....	107
Lampiran 8. Surat Mitra Penelitian Tugas Akhir	108
Lampiran 9. Dataset Pengujian	109
Lampiran 10. Kode Python Analisis Random Forest	136
Lampiran 11. Denah Sistem	140
Lampiran 12. Hasil Potrest ESP-CAM	141
Lampiran 13 . Dokumentasi	141