



umsura
Universitas Muhammadiyah Surabaya

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
DETEKSI DINI GANGGUAN *OVERLOAD* DAN
POWER FLUCTUATION PADA SISTEM
LISTRIK 1 FASA BERBASIS *THRESHOLD*,
SIMPLE MOVING AVERAGE, DAN *FUZZY*
*SUGENO***

RIO JANUAR IDHA

NIM. 20221330020

DOSEN PEMBIMBING:

RIDHO AKBAR, S.ST., M.T.

Dr. TINING HARYANTI, S.KOM., M.M., M.KOM.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA**

2026



UMSURA
Universitas Muhammadiyah Surabaya

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
DETEKSI DINI GANGGUAN *OVERLOAD* DAN
POWER FLUCTUATION PADA SISTEM LISTRIK
1 FASA BERBASIS *THRESHOLD*, *SIMPLE
MOVING AVERAGE*, DAN *FUZZY SUGENO***

RIO JANUAR IDHA

NIM. 20221330020

DOSEN PEMBIMBING:

RIDHO AKBAR, S.ST., M.T.

Dr. TINING HARYANTI, S.KOM., M.M., M.KOM.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

2026

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DETEKSI DINI GANGGUAN *OVERLOAD* DAN *POWER FLUCTUATION* PADA SISTEM LISTRIK 1 FASA BERBASIS *THRESHOLD*, *SIMPLE* *MOVING AVERAGE* DAN *FUZZY SUGENO*

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Rio Januar Idha
NIM. 20221330020

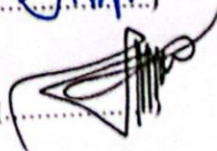
Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing :

1. Ridho Akbar, S.ST., M.T.


(.....)

2. Dr. Tining Haryanti, S.Kom., M.M., M.Kom.


(.....)

LEMBAR PENGUJI SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DETEKSI DINI GANGGUAN *OVERLOAD* DAN *POWER FLUCTUATION* PADA SISTEM LISTRIK 1 FASA BERBASIS *THRESHOLD*, *SIMPLE* *MOVING AVERAGE* DAN *FUZZY SUGENO*

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Rio Januar Idha
NIM. 20221330020

Disetujui Oleh:

Dosen Penguji :

1. Ridho Akbar, S.ST., M.T.

(.....)

2. Rudi Irmawanto, S.T., M.T.

(.....)

3. Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.

(.....)

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DETEKSI DINI
GANGGUAN *OVERLOAD* DAN *POWER FLUCTUATION* PADA
SISTEM LISTRIK 1 FASA BERBASIS *THRESHOLD*,*SIMPLE*
MOVING AVERAGE DAN *FUZZY SUGENO***

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:
Rio Januar Idha
NIM. 20221330020

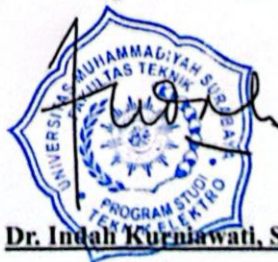
Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Vippy Dharmawan., M. Ars.

NIDN. 07.2509.6402

Disetujui Oleh,
Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.

NIDN. 001.606.8101

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Rio Januar Idha

NIM : 20221330020

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya sendiri bukan hasil plagiasi, baik sebagian maupun keseluruhan. Bila dikemudian hari terbukti hasil plagiasi, maka saya menerima sanksi akademik sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, Juli 2026

Yang membuat pernyataan



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Deteksi Dini Gangguan *Overload* Dan *Power Fluctuation* Pada Sistem Listrik 1 Fasa Berbasis *Threshold*, *Simple Moving Average*, Dan *Fuzzy Sugeno*” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah Surabaya

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

1. Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa memberikan kesehatan, kekuatan, dan hikmat kepada penulis.
2. Bapak Dr. Mundakir, S.Kep., Ns., M.Kep. FISQua., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Bapak Ir Vippy Dharmawan, M.Ars., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
4. Ibu Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Ridho Akbar, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan telah meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, kritik, serta saran yang membangun selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Dr. Tining Haryanti, S.KOM., M.M., M.KOM. selaku dosen pembimbing kedua dan telah meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, kritik, serta saran yang membangun selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan di Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan pelayanan selama masa perkuliahan.

8. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, motivasi, serta dukungan moral maupun material kepada penulis.
9. Sahabat, rekan-rekan mahasiswa, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, semangat, dan dukungan selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun bagi para pembaca serta pihak-pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rio Januar Idha', with a long horizontal stroke extending to the right.

Rio Januar Idha

ABSTRAK

Peningkatan penggunaan energi listrik pada sektor rumah tangga maupun industri menyebabkan risiko terjadinya gangguan seperti *overload* dan *power fluctuation* yang dapat menurunkan keandalan sistem serta berpotensi merusak peralatan listrik. Sistem proteksi konvensional umumnya hanya bekerja ketika gangguan telah terjadi secara langsung, sehingga diperlukan suatu sistem *early warning* yang mampu mendeteksi perubahan kondisi beban secara lebih dini. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring serta deteksi dini gangguan *overload* dan *power fluctuation* pada instalasi listrik satu fasa berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan metode *hybrid Threshold*, *Simple Moving Average* (SMA), dan *Fuzzy Sugeno*. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T untuk akuisisi data kelistrikan, OLED sebagai media tampilan lokal, serta platform Blynk untuk monitoring jarak jauh. Metode *Threshold* digunakan sebagai klasifikasi awal kondisi sistem, SMA untuk menghitung nilai acuan dan deviasi daya sebagai indikator fluktuasi, serta *Fuzzy Sugeno* untuk menghasilkan keputusan status akhir sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil melakukan monitoring parameter kelistrikan secara *real-time* dengan rata-rata *error* pengukuran tegangan yang sangat kecil, yaitu sebesar 0,55% pada OLED dan 0,56% pada *dashboard* Blynk. Integrasi metode *hybrid* terbukti andal dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan kondisi sistem menjadi Normal, Waspada, dan Kritis. Sistem berhasil memberikan peringatan dini (*early warning*) dengan mendeteksi kondisi Waspada Fluktuasi Daya pada rentang deviasi daya 9,5% hingga 19%, dan Waspada *Overload* pada rentang arus 2,96 A hingga 3,79 A, sebelum akhirnya berubah menjadi status *Overload* (Kritis) pada arus 4,05 A. Output kondisi sistem tersebut berhasil divisualisasikan dengan akurat melalui LED indikator, *buzzer*, layar OLED, serta *dashboard* Blynk.

Kata Kunci: *Early Warning System*, *Fuzzy Sugeno*, *Internet of Things*, Mikrokontroler ESP32, Sensor PZEM-004T.

ABSTRACT

Rising electricity consumption in both the household and industrial sectors increases the risk of faults such as overloads and power fluctuations, which can compromise system reliability and potentially damage electrical equipment. Conventional protection systems typically operate only after a fault has already occurred; therefore, an early warning system capable of detecting changes in load conditions at an earlier stage is required. This research aims to design and implement an IoT-based monitoring and early warning system for overload and power fluctuation faults in single-phase electrical installations, utilizing a hybrid method combining Threshold, Simple Moving Average (SMA), and Fuzzy Sugeno logic. The system was developed using an ESP32 microcontroller, a PZEM-004T sensor for electrical data acquisition, an OLED display for local monitoring, and the Blynk platform for remote monitoring. The Threshold method serves as the initial system condition classifier; SMA calculates reference values and power deviations to indicate fluctuations; and Fuzzy Sugeno determines the final system status. Research results demonstrate that the system successfully monitors electrical parameters in real-time with minimal measurement error averaging 0.55% on the OLED display and 0.56% on the Blynk dashboard. The integration of these hybrid methods proved reliable in detecting and classifying system conditions into Normal, Alert, and Critical states. The system successfully provided early warnings by detecting Power Fluctuation Alert conditions within a power deviation range of 9.5% to 19% and Overload Alert conditions within a current range of 2.96 A to 3.79 A, prior to transitioning to an Overload (Critical) status at a current of 4.05 A. These system status outputs were accurately visualized via indicator LEDs, a buzzer, the OLED screen, and the Blynk dashboard.

Keywords: Early Warning System, Fuzzy Sugeno, Internet of Things, ESP32 Microcontroller, PZEM-004T Sensor.

DAFTAR ISI

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGUJI SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iv
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	11
2.1 Penelitian Terdahulu.....	11
2.2 Sistem Tenaga Listrik Satu Fasa dan Karakteristik,Beban.	23
2.2.1 Sistem Distribusi Satu Fasa.....	23
2.2.2 Karakteristik Beban	23
2.2.3 Implikasi Karakteristik Beban terhadap Sistem Distribusi	24
2.3 Parameter Kinerja Sistem Listrik.....	24
2.3.1 Tegangan (Voltage).....	25

2.3.2	Arus (Current).....	25
2.3.3	Daya Aktif (Active Power)	25
2.3.4	Faktor Daya (Power Factor).....	26
2.3.5	Harmonisa dan Fluktuasi Tegangan	26
2.4	Deviasi Daya	26
2.5	Jenis Gangguan pada Sistem Listrik 1 Fasa.....	27
2.5.1	Overload (Beban Lebih)	27
2.5.2	Power Fluctuation (Fluktuasi Daya).....	28
2.5.3	Voltage Sag dan Swell	29
2.5.4	Pemadaman Sementara (Interruption).....	29
2.5.5	Harmonik (Harmonics)	30
2.6	<i>Early Warning System</i> (Sistem Peringatan Dini).....	30
2.6.1	Konsep Threshold Pada Early Warning System	30
2.6.2	Klasifikasi Kondisi Sistem.....	31
2.7	Threshold (Ambang Batas).....	31
2.7.1	Threshold Overload	32
2.7.2	Threshold Power Fluctuation	32
2.8	Simple Moving Average.....	33
2.9	Fuzzy Sugeno	34
2.9	Konsep Internet of Things (IoT) untuk Monitoring Listrik	35
2.10	Komponen Sistem	36
2.10.1	Komponen Perangkat Keras (Hardware).....	36
2.10.2	Komponen Perangkat Lunak (Software).....	40
2.11	Landasan Skenario Pengujian Sistem	41
2.11.2	Pengujian Pengukuran Sensor.....	41
2.11.1	Landasan Pengujian Kondisi Normal.....	42

2.11.2	Landasan Pengujian <i>Overload</i> (Beban Lebih)	42
2.11.3	Landasan Pengujian <i>Power Fluctuation</i> (Fluktuasi Daya)	43
BAB III METODE PENELITIAN		45
3.1	Metodologi Penelitian.....	45
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	48
3.2.1	Waktu Penelitian	48
3.2.2	Tempat Penelitian.....	48
3.3	Jadwal Penelitan	48
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	49
3.4.1	Alat Penelitian.....	50
3.4.2	Bahan Penelitian	50
3.5	Perancangan Sistem.....	51
3.5.1	Arsitektur Sistem	52
3.5.2	Diagram Blok Sistem.....	54
3.5.3	Prototype Perangkat Keras.....	56
3.5.4	Alur Kerja Sistem	58
3.6	Perancangan Perangkat Keras	61
3.6.1	Perancangan Rangkaian Sistem	61
3.6.2	Diagram Blok Perangkat Keras.....	62
3.6.3	Wiring Diagram Perangkat Keras	63
3.7	Perancangan Perangkat Lunak.....	67
3.7.1	Flowchart Alur Program	68
3.7.2	Perancangan Antarmuka (User Interface) Monitoring.....	70
3.8	Perancangan Metode Hybrid	72
3.8.1	Perancangan Metode Simple Moving Average	72

3.8.2	Perancangan Metode Threshold	73
3.8.3	Perancangan Metode Fuzzy Sugeno	75
3.9	Skenario Pengujian Sistem	81
3.9.1	Skenario Pengujian Overload dan Power Fluctuation	81
3.9.2	Skenario Pengujian Output Sistem.....	82
3.9.3	Skenario Pengujian Monitoring IoT.....	82
3.9.4	Pengujian Akurasi Sensor PZEM-004T	82
3.10	Metode Analisis Data.....	83
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		86
4.1	Implementasi Perancangan	86
4.1.1	Realisasi Perangkat Keras (Hardware).....	86
4.1.2	Realisasi interface (Dashboard IoT Blynk)	87
4.2	Pengujian Sensor PZEM-004T.....	88
4.2.1	Pengujian Sensor Tegangan (Volt).....	88
4.2.2	Pengujian Sensor Daya (Watt).....	90
4.2.3	Pengujian Sensor Arus (Ampere).....	93
4.3	Analisis Penerapan Filter Simple Moving Average	95
4.3.1	Hasil Filtering Data Daya Menggunakan Simple Moving Average	95
4.4	Analisis Hasil Skenario pengujian	98
4.4.1	Hasil Pengujian Kondisi Normal	98
4.4.2	Hasil Pengujian Kondisi Waspada Fluktuasi Daya.	102
4.4.3	Hasil Pengujian Kondisi Fluktuasi Daya.....	105
4.4.4	Hasil Pengujian Kondisi Waspada Overload.....	108
4.4.5	Hasil Pengujian Kondisi Overload.....	111
4.5	Hasil Output Sistem dan Monitoring IoT	114

4.5.1	Output Kondisi Normal.....	115
4.5.2	Output Kondisi Fluktuasi Daya.....	116
4.5.3	Output Kondisi Overload.....	118
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		121
5.1	Kesimpulan.....	121
5.2	Saran	122
DAFTAR PUSTAKA		122
LAMPIRAN.....		128
	Lampiran 1. Hasil Evaluasi Ujian Skripsi.....	128
	Lampiran 2. Endorsement Letter	131
	Lampiran 3. Surat Keterangan Bebas Pinjam	132
	Lampiran 4. Bukti Bebas Plagiasi.....	133
	Lampiran 5. Dokumentasi Sidang Skripsi.....	146
	Lampiran 6. Riwayat Hidup Penulis	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram Fuzzy inference system.....	34
Gambar 2. 2	Modul Esp 32 Dev Kit V1	37
Gambar 2. 3	Modul PZEM-004T	38
Gambar 2. 4	Modul CT	39
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 3. 2	Diagram Arsitektur Sistem	52
Gambar 3. 3	Diagram Blok Sistem	54
Gambar 3. 4	Design Prototype Perangkat Keras	56
Gambar 3. 5	Flowchart Sistem.....	58
Gambar 3. 6	Diagram Blok Perangkat Keras	62
Gambar 3. 7	Wiring Diagram Perangkat Keras	64
Gambar 3. 8	Flowchart Alur Program	68
Gambar 3. 9	Grafik Membership Function Arus	77
Gambar 3. 10	Grafik Member Function Deviasi Daya.....	78
Gambar 4. 1	Hasil Realisasi Perangkat Keras	86
Gambar 4. 2	Hasil Realisasi Interface Blynk.....	87
Gambar 4. 3	Pengujian Sensor Tegangan.....	89
Gambar 4. 4	Grafik Pengujian Tegangan	90
Gambar 4. 5	Pengujian Sensor Daya dan Arus.....	91
Gambar 4. 6	Grafik Pengujian Pengukuran.....	92
Gambar 4. 7	Grafik Pengujian Arus	94
Gambar 4. 8	Grafik Perbandingan Raw Data dan Data SMA.....	97
Gambar 4. 9	Grafik Daya Aktif dan Daya SMA Pada Kondisi Normal	100
Gambar 4. 10	Grafik Deviasi Daya Pada Kondisi Normal	100
Gambar 4. 11	Grafik Arus Pada Kondisi Normal	101

Gambar 4. 12	Grafik Pengujian Kondisi Waspada Fluktuasi Daya ...	104
Gambar 4. 13	Grafik Pengujian Kondisi Fluktuasi Daya	107
Gambar 4. 14	Grafik Arus Pada Kondisi Waspada Overload	110
Gambar 4. 15	Grafik Daya Aktif Pada Kondisi Waspada Overload	110
Gambar 4. 16	Grafik Arus Pada Kondisi Overload	113
Gambar 4. 17	Grafik Daya Aktif Pada Kondisi Overload	113
Gambar 4. 18	Hasil Output Kondisi Normal.....	115
Gambar 4. 19	Output Monitoring Blynk Pada Kondisi Normal	116
Gambar 4. 20	Output Kondisi Waspada Fluktuasi Daya	117
Gambar 4. 21	Output Kondisi Fluktuasi Daya	117
Gambar 4. 22	Output Kondisi Waspada Fluktuasi Daya dan Fluktuasi Daya Pada Blynk.....	118
Gambar 4. 23	Output Kondisi Waspada Overload.....	119
Gambar 4. 24	Output Pada Kondisi Overload	119
Gambar 4. 25	Output Kondisi Waspada Overload dan Overload Pada Blynk.....	120

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	11
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	49
Tabel 3. 2 Alat Penelitian	50
Tabel 3. 3 Bahan Penelitian.....	50
Tabel 3. 4 Koneksi PZEM-004T	64
Tabel 3. 5 Koneksi LED Indikator	65
Tabel 3. 6 Koneksi Buzzer	65
Tabel 3. 7 Koneksi OLED TFT	66
Tabel 3. 8 Koneksi Catu Daya.....	66
Tabel 3. 9 Widget Monitoring Blynk	71
Tabel 3. 10 Status Sistem pada OLED dan Blynk	72
Tabel 3. 11 Pengukuran respon fluktuasi tegangan pada Beban resistif	74
Tabel 3. 12 Variabel Fuzzy Input dan Output	76
Tabel 3. 13 Fungsi Keanggotaan Variabel Arus.....	76
Tabel 3. 14 Variabel Deviasi Daya	78
Tabel 3. 15 Variabel Output Fuzzy Sugeno	79
Tabel 3. 16 Rule Base Fuzzy	80
Tabel 3. 17 Interpretasi Output Fuzzy Sugeno	81
Tabel 3. 18 Skenario Pengujian Gangguan.....	81
Tabel 3. 19 Pengujian Output Sistem	82
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor Tegangan	89
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Daya	91
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor Arus	93
Tabel 4. 4 Hasil Filtering SMA	96
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kondisi Normal.....	98
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Waspada Fluktuasi Daya.....	103

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Kondisi Fluktuasi Daya	106
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Kondisi Waspada Overload	109
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Kondisi Overload	112