



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA

**SISTEM PENGENDALI PUTARAN TURBIN UAP BERBASIS
FUZZY MENGGUNAKAN ESP32 PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SAMPAH SKALA MIKRO
KAMPUS-II ITN MALANG**

Adelita Dinda Zumaranti
1912083

Dosen pembimbing
Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2023



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA
SISTEM PENGENDALI PUTARAN TURBIN UAP BERBASIS
FUZZY MENGGUNAKAN ESP32 PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SAMPAH SKALA MIKRO
KAMPUS-II ITN MALANG

Adelita Dinda Zumaranti
1912083

Dosen pembimbing
Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2023

**SISTEM PENGENDALI PUTARAN TURBIN UAP BERBASIS
FUZZY MENGGUNAKAN ESP32 PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SAMPAH SKALA MIKRO
KAMPUS-II ITN MALANG**

SKRIPSI

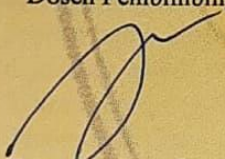
**Adelita Dinda Zumaranti
1912083**

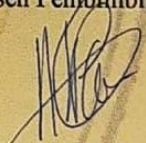
Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Elektronika
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa Dan Disetujui:

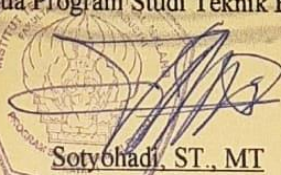
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT
NIP. Y. 1030800417


Dr. Ir Widodo Pudji Muljanto, MT
NIP. Y. 1028700171

Mengetahui
Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1


Sotyohadi, ST., MT
NIP. Y. 1039700309

MALANG 2023



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Adelita Dinda Zumaranti
NIM : 1921083
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Elektronika
Masa Bimbingan : Semester Genap 2022 – 2023
Judul Skripsi : SISTEM PENGENDALI PUTARAN TURBIN UAP
BERBASIS FUZZY MENGGUAKAN ESP32 PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH SKALA
MIKRO KAMPUS-II ITN MALANG

Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu
(S-1) pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 2 Agustus 2023
Nilai : 83,55⁴

Panitia Ujian Skripsi,

Majelis Ketua Penguji

Sotyohadi, ST., MT.
NIP. Y. 1039700309

Sekretaris Majelis Penguji

Sotyohadi, ST., MT.
NIP. Y. 1039700309

Anggota Penguji,

Dosen Penguji I

Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030000365

Dosen Penguji II

M. Ibrahim Ashari, ST., MT.
NIP. P. 1030100358

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Maksud dan tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, ITN Malang. Banyak pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua yang senantiasa memanjatkan do'a dan memberikan dukungan baik berupa moriil dan materiil,
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT. dan Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang senantiasa selalu membimbing dengan sepuh penuh hati,
3. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Elektro S1 yang senantiasa membantu saat setiap kesulitan yang penulis temui.
4. Teman – teman angkatan Teknik Elektro S-1 ITN Malang yang selalu mendukung satu sama lain, terutama kepada nim 1912055 dan nim 1912013 yang telah banyak membantu setiap kesulitan
5. Teman – teman Assisten Laboratorium Konversi Energi yang sudah memberikan ilmu, tempat, bantuan serta kenangan
6. Abang Habibi yang telah banyak berkontribusi meluangkan waktu, tenaga, pikiran, materi dan selalu membantu setiap kesulitan yang ada dari mulai penyusunan skripsi hingga mendapatkan gelar ST ini.

Dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, namun tidak dapat disebutkan satu persatu. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat yang seluas-luasnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Malang, Juli 2023

Penulis

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Adelita Dinda Zumaranti

NIM : 1912083

Jurusan / Peminatan : Teknik Elektro S-1 / Elektronika

ID KTP / Paspor : 3507244512970001

Alamat : Jl. Rogonoto Gg. Merdeka RT05/RW04, Losari,
Singosari, Malang

Judul Skripsi : SISTEM PENGENDALI PUTARAN TURBIN UAP
BERBASIS FUZZY MENGGUAKAN ESP32 PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH SKALA
MIKRO KAMPUS-II ITN MALANG

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, September 2023
Yang Membuat Pernyataan



(Adelita Dinda Zumaranti)
1912083

ABSTRAK

SISTEM PENGENDALI PUTARAN TURBIN UAP BERBASIS FUZZY MENGGUNAKAN ESP32 PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH SKALA MIKRO KAMPUS-II ITN MALANG

ADELITA DINDA ZUMARANTI, NIM 1912083

Dosen Pembimbing I : Prof. Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT

Dosen Pembimbing II : Dr. Ir Widodo Pudji Muljanto, MT.

Sistem pembangkit listrik tenaga sampah sangat membantu untuk memenuhi kebutuhan listrik yang semakin naik, dengan memanfaatkan sampah dapat menjadikan alternative untuk membuat pembangkit skala mikro. Pada pembangkit ini memiliki putaran yang cenderung tidak stabil, maka kestabilan sangat dibutuhkan untuk menjaga variabel proses tetap berjalan dengan konstan. Salah satu cara yaitu mengendalikan kecepatan putaran turbin dengan frekuensi pada turbin generator. Sistem control yang digunakan untuk menjaga perubahan putaran dengan frekuensi adalah logika fuzzy, pengatur kecepatan putaran turbin dikendalikan dengan beban dummy load. Penggunaan ESP32 selain menjadi otak dari sistem kendali juga dapat dimanfaatkan untuk mengganti parameter melalui web server. Hasil yang diperoleh tidak dapat menstabilkan putaran ke nilai set point dikarenakan output daya yang dihasilkan oleh TRIAC SPC1-50 tidak optimal, hanya sampai mendekati linier. Sehingga sistem kendali yang sudah dibuat tidak dapat bekerja secara maksimal. Hal tersebut menyebabkan Fuzzy Logic pada outputan tidak dapat bekerja secara optimal.

Kata Kunci : Kestabilan, Sistem Kendali, Fuzzy Logic, ESP32, Turbin Generator, Dummy Load, TRIAC (SPC1-50)

ABSTRACT

FUZZY-BASED STEAM TURBINE CONTROLLER SYSTEM USING ESP32 IN MICRO-SCALE WASTE POWER PLANT CAMPUS-II ITN MALANG

ADELITA DINDA ZUMARANTI, NIM 1912083

Dosen Pembimbing I : Prof. Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST., MT

Dosen Pembimbing II : Dr. Ir Widodo Pudji Muljanto, MT.

The waste-powered electricity generation system is very helpful in meeting the increasing demand for electricity. Using waste can be an alternative for creating micro-scale generators. This generator has a rotation that tends to be unstable, so stability is needed to keep the process variables running consistently. One way is to control the rotation speed of the turbine with the frequency of the turbine generator. The control system used to maintain changes in rotation with frequency is fuzzy logic, the turbine rotation speed controller is controlled by a dummy load. Apart from being the brain of the control system, the ESP32 can also be used to change parameters via the web server. The results obtained cannot stabilize the rotation to the set point value because the power output produced by the TRIAC SPC1-50 is not optimal, only approaching linear. So the control system that has been created cannot work optimally. This causes the Fuzzy Logic output to not work optimally.

Keywords: Stability, Control System, Fuzzy Logic, ESP32, Generator Turbine, Dummy Load, TRIAC (SPC1-50)

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| KATA PENGANTAR | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| BAB I. | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan..... | 2 |
| 1.4 Manfaat..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II. | 5 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Kajian Pustaka | 5 |
| 2.2 PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah) | 6 |
| 2.3 Turbin Uap | 7 |
| 2.4 Generator | 8 |
| 2.5 Sensor Grove Coupler | 12 |
| 2.6 ESP32 | 13 |
| 2.7 TRIAC tipe SPC1-50..... | 15 |

| | | |
|------------------------------|--|-----------|
| 2.8 | Converter PWM to Voltage | 17 |
| 2.9 | LCD (Liquid crystal display)..... | 17 |
| 2.10 | Modul I2C (Inter integrated circuit) | 18 |
| 2.11 | Fuzzy Logic Control..... | 19 |
| 2.12 | Perangkat Lunak Arduino IDE | 24 |
| BAB III. | | 25 |
| METODOLOGI PENELITIAN | | 25 |
| 3.1 | Teknik Pengumpulan Data | 25 |
| 3.2 | Metode Penelitian | 25 |
| 3.3 | Konsep Perancangan Alat..... | 28 |
| 3.4 | Skematik Rangkaian Alat | 29 |
| 3.5 | Kalibrasi Sensor Putaran | 31 |
| 3.6 | Parameter Penerapan Fuzzy..... | 35 |
| 3.6.1 | Parameter Kecepatan Putaran..... | 35 |
| 3.6.2 | Parameter Output PWM..... | 35 |
| 3.7 | Konsep Penerapan Fuzzy..... | 36 |
| 3.7.1 | Fuzzyfikasi | 36 |
| 3.7.2 | Rule Base Fuzzy | 38 |
| 3.8 | Flowchart Sistem Fuzzy | 39 |
| 3.9 | Flowchart Sistem | 40 |
| BAB IV. | | 43 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN | | 43 |
| 4.1 | Hasil Perancangan Alat | 43 |
| 4.2 | Hasil Pengujian Modul TRIAC(SPC1-50) | 44 |

| | |
|---|------------|
| 4.2.1 PWM to Voltage..... | 45 |
| 4.2.2 Menggunakan Sumber Dari Generator 45Hz. | 48 |
| 4.2.3 Menggunakan Sumber Dari Generator 47,5Hz.. | 50 |
| 4.2.4 Menggunakan Sumber Dari Generator 50Hz. | 52 |
| 4.2.5 Menggunakan Sumber Dari Generator 52,5Hz.. | 54 |
| 4.2.6 Menggunakan Sumber Dari Generator 55Hz. | 56 |
| 4.2.7 Menggunakan Sumber Dari PLN | 58 |
| 4.3 Hasil Pengujian Alat..... | 60 |
| 4.3.1 Pengujian Dengan 3 Membership..... | 60 |
| 4.3.2 Pengujian Dengan 5 Membership Function .. | 77 |
| 4.4 Hasil Tampilan Web Server | 97 |
| BAB V. | 103 |
| PENUTUP | 103 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 103 |
| 5.2. Saran..... | 104 |
| DAFTAR PUSTAKA | 105 |
| LAMPIRAN | 107 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Sistem Kerja Boiler | 7 |
| Gambar 2.2 Generator TIGON TA-1000..... | 8 |
| Gambar 2.3 Penggunaan generator pada PLTSa..... | 10 |
| Gambar 2.4 Kumparan Rotor Yang Berputar Pada Medan Magnet Stator | 11 |
| Gambar 2.5 Pembentukan Gelombang AC Pada Generator | 11 |
| Gambar 2.6 Sensor Grove Coupler Optic | 12 |
| Gambar 2.7 ESP32 DUAL CORE | 14 |
| Gambar 2.8 TRIAC SPC1-50 | 15 |
| Gambar 2.9 PWM to Voltage | 17 |
| Gambar 2.10 LCD 16x2..... | 18 |
| Gambar 2.11 Modul I2C..... | 19 |
| Gambar 2.12 <i>Membership Function</i> Logika Fuzzy..... | 20 |
| Gambar 2.13 Struktur Control Logika Fuzzy | 20 |
| Gambar 2.14 <i>Membership Function</i> segitiga | 21 |
| Gambar 2.15 <i>Membership Function</i> Trapesium..... | 22 |
| Gambar 2.16 Software arduino IDE | 24 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Penelitian | 26 |
| Gambar 3.2 Diagram Blok Rangkaian | 28 |
| Gambar 3.3 Skematik Alat..... | 29 |
| Gambar 3.4 Pengambilan Data Putaran | 31 |
| Gambar 3.5 Kalibrasi Sensor Putaran | 32 |
| Gambar 3.6 Hasil frekuensi motor (a) hasil tampilan putaran dengan LCD (b) | 33 |
| Gambar 3.7 Bentuk Triger Pulse dan Tata letak Sensor | 34 |
| Gambar 3.8 Kondisi Pulsa Low (a) dan (b) Kondisi Pulsa High | 34 |
| Gambar 3.10 Keanggotaan Kecepatan..... | 36 |
| Gambar 3.11 Keanggotaan PWM | 37 |
| Gambar 3.12 Flowchart Algoritma Fuzzy | 39 |
| Gambar 3.13 Flowchart Sistematika Alat | 41 |
| Gambar 4.1 Hasil Perancangan Alat | 43 |
| Gambar 4.2 Pengujian Tegangan Input Modul TRIAC (SPC1-50) | 44 |
| Gambar 4.3 Input (PWM) dan Output (Voltage) PWM to Voltage | 47 |
| Gambar 4.4 Grafik Input (Voltage) dan Output (Watt) Modul TRIAC SPC1-50 sebesar 45Hz | 49 |
| Gambar 4.5 Grafik Input (Voltage) dan Output (Watt) Modul TRIAC SPC1-50 sebesar 47,5Hz | 51 |
| Gambar 4.6 Grafik Input (Voltage) dan Output (Watt) Modul TRIAC SPC1 50Hz | 53 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Gambar 4.7 | Grafik Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC 52,5Hz | 55 |
| Gambar 4.8 | Grafik Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC 55Hz | 57 |
| Gambar 4.9 | Grafik Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC..... | 59 |
| Gambar 4.10 | Tampilan Web Parameter Fuzzy 3 Membership (1)..... | 62 |
| Gambar 4.11 | RPM 3 Membership Function (1) | 63 |
| Gambar 4.12 | PWM 3 Membership Function (1) | 63 |
| Gambar 4.13 | Hasil Pembacaan RPM 3 Membership Function (1) | 65 |
| Gambar 4.14 | Tampilan Web Parameter Fuzzy 3 Membership (2)..... | 67 |
| Gambar 4.15 | RPM 3 Membership Function (2) | 68 |
| Gambar 4.16 | PWM 3 Membership Function (2) | 68 |
| Gambar 4.17 | Hasil Pembacaan RPM 3 Membership Function (2)..... | 70 |
| Gambar 4. 18 | Tampilan Web Parameter Fuzzy 3 Membership (3)..... | 72 |
| Gambar 4.19 | RPM 3 Membership Function (3) | 73 |
| Gambar 4.20 | PWM 3 Membership Function (3) | 73 |
| Gambar 4.21 | Hasil Pembacaan RPM 3 Membership Function (3) | 75 |
| Gambar 4.22 | Tampilan Web Parameter Fuzzy 5 Membership (1)..... | 80 |
| Gambar 4.23 | RPM 5 Membership Function (1) | 81 |
| Gambar 4.24 | PWM 5 Membership Function (1) | 81 |
| Gambar 4.25 | Hasil Pembacaan RPM 5 Membership Function (1) | 83 |
| Gambar 4.26 | Tampilan Web Parameter Fuzzy 5 Membership (2)..... | 86 |
| Gambar 4.27 | RPM 5 Membership Function (2) | 87 |
| Gambar 4.28 | PWM 5 Membership Function (2) | 87 |
| Gambar 4.29 | Hasil Pembacaan RPM 5 Membership Function (2) | 89 |
| Gambar 4.30 | Tampilan Web Parameter Fuzzy 5 Membership (3)..... | 92 |
| Gambar 4.31 | RPM 5 Membership Function (3) | 93 |
| Gambar 4.32 | PWM 5 Membership Function (3) | 93 |
| Gambar 4.33 | Hasil Pembacaan RPM 5 Membership Function (3)..... | 95 |
| Gambar 4. 34 | Tampilan ESP PARAMETER Pada Wifi..... | 97 |
| Gambar 4. 35 | Tampilan Cara Konfigurasi Pada Web Server | 98 |
| Gambar 4. 36 | Tampilan Konfigurasi Wifi Pada Web Sever | 98 |
| Gambar 4. 37 | Tampilan Hotspot Yang Dipilih Pada Wifi | 99 |
| Gambar 4.38 | Tampilan Web Server | 101 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Spesifikasi generator TIGON TA-1000..... | 9 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor Grove Coupler Optic | 12 |
| Tabel 2.3 Spesifikasi ESP32 Dual Core | 14 |
| Tabel 2.4 Spesifikasi TRIAC SPC1-50 | 15 |
| Tabel 2.5 Spesifikasi PWM to Voltage..... | 17 |
| Tabel 2.6 Spesifikasi LCD 16x2..... | 18 |
| Tabel 2.7 Spesifikasi I2C..... | 19 |
| Tabel 3.1 Konfigurasi Pin Alat | 30 |
| Tabel 4.1 Input (PWM) dan Output (Voltage) PWM to Voltage..... | 45 |
| Tabel 4.2 Input (Voltage) dan Output (Watt) Modul TRIAC 45Hz..... | 48 |
| Tabel 4.3 Input (Voltage) dan Output (Watt) Modul TRIAC SPC1 47,5Hz..... | 50 |
| Tabel 4.4 Input (Voltage) dan Output (Watt) Modul TRIAC SPC1-50 sebesar 50Hz | 52 |
| Tabel 4.5 Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC 52,5Hz | 54 |
| Tabel 4.6 Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC 55Hz | 56 |
| Tabel 4.7 Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC..... | 58 |
| Tabel 4.8 Fuzzy 3 Membership Function Percobaan Pertama | 61 |
| Tabel 4.9 Hasil 3 Membership Function Percobaan Pertama | 64 |
| Tabel 4.10 Fuzzy 3 Membership Function Percobaan Kedua..... | 66 |
| Tabel 4.11 Hasil 3 Membership Function Percobaan Kedua | 69 |
| Tabel 4.12 Fuzzy 3 Membership Function Percobaan Ketiga | 71 |
| Tabel 4.13 Hasil 3 Membership Function Percobaan Ketiga..... | 74 |
| Tabel 4.14 Perbandingan Setiap Percobaan 3 Membership Function | 76 |
| Tabel 4.15 Fuzzy 5 Membership Function Percobaan Pertama | 78 |
| Tabel 4.16 Hasil 5 Membership Function Percobaan Pertama | 82 |
| Tabel 4.17 Fuzzy 5 Membership Function Percobaan Kedua..... | 84 |
| Tabel 4.18 Hasil 5 Membership Function Percobaan Kedua | 88 |
| Tabel 4.19 Fuzzy 5 Membership Function Percobaan Ketiga | 90 |
| Tabel 4.20 Hasil 5 Membership Function Percobaan Ketiga..... | 94 |
| Tabel 4.21 Perbandingan Setiap Percobaan 5 Membership Function | 96 |