



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

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

HERANGGA DHANI UTAMA

1912021

Dosen pembimbing

Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

Juli 2023



**Institut Teknologi Nasional Malang**

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

Herangga Dhani Utama  
1912021

Dosen pembimbing  
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.  
Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT.

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

# LEMBAR PENGESAHAN

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

### SKRIPSI

**HERANGGA DHANI UTAMA**  
1912021

Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Elektro S-1  
Peminatan Energi Listrik  
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa Dan Disetujui:

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir Widodo Pudji Muljanto, MT.

NIP. Y. 1028700171

Dosen Pembimbing II



Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT.

NIP. P. 1031900575

Mengetahui

Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

  


Sotyo Hadi, ST., MT  
NIP. Y. 1039700309

MALANG 2023



PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

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

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 : Herangga Dhani Utama  
NIM : 1912021  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Peminatan : Teknik Energi Listrik  
Masa Bimbingan : Semester Genap 2022-2023  
Judul Skripsi : **SISTEM PENGENDALI PUTARAN TURBIN UAP  
BERBASIS FUZZY MENGGUNAKAN ARDUINO  
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 : 02 Agustus 2023  
Nilai : **81.00**

Panitia Ujian Skripsi

**Majelis Ketua Penguji**

**Sotyoahadi, ST., MT.**  
**NIP. Y. 1039700309**

**Sekretaris Majelis Penguji**

**Sotyoahadi, ST., MT.**  
**NIP. Y. 1039700309**

Anggota Penguji

**Dosen Penguji I**

**Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 19800301 200501 1 002**

**Dosen Penguji II**

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



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas karunia kuasanya, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, ITN Malang . Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih memiliki kekurangan. Karenanya, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam rangka pembelajaran terus-menerus. Banyak pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT. dan Bapak Bima Romadhon Parada Dian Palevi, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran.
2. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT selaku Ketua Jurusan Elektro ITN Malang
3. Bapak dan Ibu Dosen Elektro S1 yang senantiasa membantu setiap kesulitan yang penulis temui.
4. Teman-teman Elektro ITN angkatan 2019 yang selalu mendukung satu sama lain.
5. Seluruh asisten laboratorium Konversi Energi Elektrik atas penyediaan tempat untuk mengerjakan skripsi.
6. Kedua orang tua dan keluarga penulis atas cinta dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis,

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 dibawa ini

Nama : Herangga Dhani Utama

NIM : 1912021

Jurusan/Peminatan : Teknik Elektro S-1/Teknik Energi Listrik

ID KTP/Paspor : 3514111808000001

Alamat : Dsn.Karangkepuh Ds.Karangjati Kec.Pandaan  
Kab.Pasuruan Prov.Jawa Timur

Judul Skripsi : Sistem Pengendali Putaran Turbin Uap Berbasis  
Fuzzy Menggunakan Arduino 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 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 digugurkan dan gelar teknik yang telah saya peroleh (S-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan Undang-Undang yang berlaku.

Malang, September 2023

Yang membuat pernyataan



(Herangga Dhani Utama)

NIM. 1912021

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

**Herangga Dhani Utama, Widodo Pudji, Bima Romadhon**

**[Herangga37@gmail.com](mailto:Herangga37@gmail.com)**

## **ABSTRAK**

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) saat ini masih menjadi salah satu pembangkit yang masih sedikit digunakan di Indonesia. Pembangkit energi listrik ini memanfaatkan uap yang dihasilkan dari pemanasan sampah dan kemudian digunakan untuk memutar turbin. Turbin adalah merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Turbin selanjutnya dihubungkan dengan generator yang akhirnya menghasilkan listrik. Untuk mengendalikan putaran turbin yang bisa jadi melebihi kapasitas generator membutuhkan arduino sebagai otak dari sistem kontrol putaran turbin. Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, yang diturunkan dari wiring platform, yang dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Pada arduino sendiri menggunakan metode fuzzy sebagai program pengendalian putaran turbin. Logika fuzzy atau *fuzzy logic* adalah pendekatan pemrosesan variabel yang memungkinkan beberapa kemungkinan nilai kebenaran (*true value*) diproses melalui variabel yang sama. Untuk mengetahui kecepatan putaran turbin itu sendiri menggunakan sensor *groove coupler optic* yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan turbin dan menghasilkan data untuk diproses pada *fuzzy logic*.

**Kata kunci : PLTSa, Turbin, Arduino, Fuzzy logic, Sensor  
*groove coupler optic***

## **ABSTRACT**

Waste Power Plant (PLTSa) is currently still one of the few generators used in Indonesia. This electricity generator utilizes steam generated from heating waste and then used to turn turbines. The turbine is a prime mover that converts steam potential energy into kinetic energy and this kinetic energy is then converted into mechanical energy in the form of turbine shaft rotation. The turbine is then connected to a generator which eventually produces electricity. To control the rotation of the turbine which may exceed the capacity of the generator requires Arduino as the brain of the turbine rotation control system. Arduino is an open-source single-board micro controller, which is derived from the wiring platform, which is designed to facilitate the use of electronics in various fields. Arduino itself uses the fuzzy method as a turbine rotation control program. Fuzzy logic or fuzzy logic is a variable processing approach that allows several possible true values to be processed through the same variable. To find out the rotational speed of the turbine itself, we use an optical coupler groove sensor which functions to detect the turbine speed and generate data to be processed in fuzzy logic.

Keywords: PLTSa, Turbine, Arduino, Fuzzy logic, Optical coupler groove sensor



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Manfaat</b> .....	<b>2</b>
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.6 Sistematika Penulisan</b> .....	<b>3</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 PLTSa</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Fuzzy Logic</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3 Arduino</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3.1 POWER USB</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3.2 Input &amp; Output</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.3 Komunikasi Arduino UNO</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3.4 Bagian - Bagian Arduino UNO</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4 Arduino IDE(Integrated Development Environment)</b> .....	<b>14</b>
<b>2.4.1 Library Arduino</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5 LCD</b> .....	<b>16</b>
<b>2.6 Modul I2c (Inter-Integrated Circuit)</b> .....	<b>17</b>
<b>2.7 Sensor <i>groove coupler optic</i></b> .....	<b>17</b>

2.7.1 Simbol dan Bentuk Optocoupler .....	18
2.7.2 Prinsip Kerja Optocoupler .....	19
2.7.3 Sensor Kecepatan pada Motor .....	19
2.8 Dummy load .....	20
2.9 TRIAC SPC1-50.....	20
2.10 TURBIN .....	21
2.10.1 Komponen Turbin Uap.....	22
2.11 GENERATOR.....	23
2.11.1 Prinsip Kerja Generator.....	24
2.11.2 Jenis Generator.....	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>27</b>
3.1 Perancangan Sistem.....	27
3.1.1 Rangkaian Sensor ke Arduino.....	27
3.1.2 Rangkaian LCD ke Arduino .....	28
3.1.3 Rangkaian Arduino ke TRIAC SPC1-50.....	29
3.1.4 Rangkaian Keseluruhan Perangkat Keras .....	30
3.2 Flowchart .....	31
3.3 Blok Diagram .....	32
<b>BAB IV Hasil dan Pembahasan.....</b>	<b>35</b>
4.1 Kalibrasi sensor .....	35
4.1.1 Hasil uji coba sensor proximity .....	35
4.1.2 Hasil uji coba sensor groove coupler.....	36
4.1.3 Hasil dari tachometer .....	37
4.1.4 Uji coba sensor groove coupler.....	37
4.2 Penerapan Fuzzy.....	39
4.2.1 Parameter kecepatan (RPM).....	39

4.2.2 Parameter output PWM.....	40
4.3 Hasil Pengujian Tegangan TRIAC.....	41
4.4 Hasil pengujian alat .....	56
4.4.1 Function membership 3 kurva .....	56
4.4.2 Function membership 5 kurva .....	66
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>81</b>
5.1 Kesimpulan .....	81
5.2 Saran .....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>83</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komponen utama fuzzy .....	6
Gambar 2. 2 Arduino UNO .....	7
Gambar 2. 3 Bagian bagian Arduino UNO .....	11
Gambar 2. 4 Software Arduino IDE .....	15
Gambar 2. 5 Library Arduino.....	16
Gambar 2. 6 LCD (Liquid Crystal Display).....	17
Gambar 2. 7 Modul I2C (Inter-Integrated Circuit).....	17
Gambar 2. 8 Sensor groove coupler optic .....	18
Gambar 2. 9 Simbol dan Bentuk Optocoupler .....	19
Gambar 2. 10 Pengatur daya Autonic SPC 1-50. ....	20
Gambar 2. 11 turbin .....	21
Gambar 2. 12 Generator.....	23
Gambar 3. 1 Rangkaian sensor ke arduino.....	27
Gambar 3. 2 Rangkaian LCD ke Arduino.....	28
Gambar 3. 3 Rangkaian triac ke arduino.....	29
Gambar 3. 4 Rangkaian keseluruhan perangkat keras .....	30
Gambar 3. 5 Flowchart sistematika alat .....	31
Gambar 3. 6 Blok diagram .....	32
Gambar 4. 1 Hasil uji coba sensor proximity.....	35
Gambar 4. 2 Hasil uji coba sensor groove coupler .....	36
Gambar 4. 3 Pengukuran dari tachometer.....	37
Gambar 4. 4 Hasil uji coba sensor dan frekuensi .....	37
Gambar 4. 5 Bentuk triger pulse dan tata letak sensor .....	38
Gambar 4. 6 Ketika pulsa low (kiri) dan ketika pulsa high (kanan).....	38
Gambar 4. 7 Membership Function RPM .....	39
Gambar 4. 8 Membership Function PWM.....	40
Gambar 4. 9 Hasil tegangan pada triac .....	41
Gambar 4. 10 Grafik Input dan Output TRIAC.....	42
Gambar 4. 11 Grafik Input dan Output TRIAC 45Hz .....	44
Gambar 4. 12 Grafik Input dan Output TRIAC 47,5Hz .....	46
Gambar 4. 13 Grafik Input dan Output TRIAC 50Hz .....	48
Gambar 4. 14 Grafik Input dan Output TRIAC 52,5Hz .....	50
Gambar 4. 15 Grafik Input dan Output TRIAC 55Hz .....	52

Gambar 4. 16 Input (PWM) dan Output (Voltage) PWM to Voltage ...	55
Gambar 4. 17 Kurva segitiga untuk RPM pada percobaan pertama.....	57
Gambar 4. 18 Kurva segitiga untuk PWM pada percobaan pertama.....	58
Gambar 4. 19 Kurva segitiga untuk membership Error .....	58
Gambar 4. 20 Grafik Error .....	59
Gambar 4. 21 Grafik Waktu .....	59
Gambar 4. 22 Kurva segitiga untuk RPM pada percobaan kedua.....	60
Gambar 4. 23 Kurva segitiga untuk PWM pada percobaan kedua.....	61
Gambar 4. 24 Kurva segitiga untuk membership Error .....	61
Gambar 4. 25 Grafik Error .....	62
Gambar 4. 26 Grafik Waktu .....	62
Gambar 4. 27 Kurva segitiga untuk RPM pada percobaan ketiga.....	63
Gambar 4. 28 Kurva segitiga untuk PWM pada percobaan ketiga.....	64
Gambar 4. 29 Kurva segitiga untuk membership Error .....	64
Gambar 4. 30 Grafik Error .....	65
Gambar 4. 31 Grafik Waktu .....	66
Gambar 4. 32 Kurva segitiga untuk RPM pada percobaan pertama.....	69
Gambar 4. 33 Kurva segitiga untuk PWM pada percobaan pertama.....	69
Gambar 4. 34 Kurva segitiga untuk membership Error .....	69
Gambar 4. 35 Grafik Error .....	71
Gambar 4. 36 Grafik Waktu .....	71
Gambar 4. 37 Kurva segitiga untuk RPM pada percobaan kedua.....	73
Gambar 4. 38 Kurva segitiga untuk PWM pada percobaan kedua.....	73
Gambar 4. 39 Kurva segitiga untuk membership Error .....	73
Gambar 4. 40 Grafik Error .....	75
Gambar 4. 41 Grafik Waktu .....	75
Gambar 4. 42 Kurva segitiga untuk RPM pada percobaan ketiga.....	77
Gambar 4. 43 Kurva segitiga untuk PWM pada percobaan ketiga.....	77
Gambar 4. 44 Kurva segitiga untuk membership Error .....	77
Gambar 4. 45 Grafik Error .....	79
Gambar 4. 46 Grafik Waktu .....	79

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino UNO .....	8
Tabel 2. 2 Spesifikasi TRIAC SPC1-50.....	20
Tabel 2. 3 Spesifikasi Generator.....	24
Tabel 3. 1 Pin penghubung sensor dan arduino .....	28
Tabel 3. 2 Pin penghubung lcd dan Arduino.....	29
Tabel 4. 1 Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC .....	41
Tabel 4. 2 Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC 45Hz .....	43
Tabel 4. 3 Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC 47,5Hz .....	45
Tabel 4. 4 Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC 50Hz .....	47
Tabel 4. 5 Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC 52,5Hz .....	49
Tabel 4. 6 Input (Voltage) dan Output (Watt) TRIAC 55Hz .....	51
Tabel 4. 7 Input (PWM) dan Output (Voltage) PWM to Voltage .....	53
Tabel 4. 8 Membership pertama .....	57
Tabel 4. 9 Hasil pada percobaan pertama .....	58
Tabel 4. 10 Membership kedua .....	60
Tabel 4. 11 Hasil pada percobaan kedua.....	61
Tabel 4. 12 Membership ketiga .....	63
Tabel 4. 13 Hasil pada percobaan ketiga .....	64
Tabel 4. 14 Membership pertama .....	68
Tabel 4. 15 Hasil pada percobaan pertama .....	70
Tabel 4. 16 Membership kedua .....	72
Tabel 4. 17 Hasil pada percobaan kedua.....	74
Tabel 4. 18 Membership ketiga .....	76
Tabel 4. 19 Hasil pada percobaan ketiga .....	78