

Sistem Monitoring dan Kontrol Katup Pendingin terhadap Temperatur Air Outfall PLTU

Marina Artiyasa^a, Anang Suryana^a, Muhamad Shobirin^a, Anggy Pradiftha Junfithrana^a, Aryo De Wibowo Muhamad Sidik^a, Mochtar Ali Setyo Yudono^a, Edwinanto^a

^aUniversitas Nusa Putra

E-mail: marina@nusaputra.ac.id

Diterima: 30-10-2022

Disetujui: 29-12-2022

Diterbitkan: 27-02-2023

Abstract

The Pelabuhan Ratu Steam Power Plant (PLTU) is a large-scale power plant that generates a lot of heat energy. Sea water is one of the cooling systems or cooling systems that can be used, but the continuous use of sea water as a cooling system media at the power plant has a negative impact because if the cooling system output water has a hot temperature that exceeds the provisions, it will disrupt marine life near the water disposal area. A cooling system, also known as an outfall or downstream channel. In order to address these issues, a study titled the monitoring and control system of the cooling valve on the outfall water temperature of the Pelabuhan Ratu PLTU with Fuzzy Tsukamoto was conducted. The goal of this study is to create a prototype of an Internet of Things (IoT)-based cooling valve system. The main device connected to the internet is the Nodemcu ESP8266 microcontroller, and two DS18B20 temperature sensors are used to measure the water temperature, as well as the Tsukamoto Fuzzy method to control the water-cooling servo valve downstream of the channel. The research results from the prototype design of the cooling valve system were successful, and the system is able to control the server motor that is connected to the outfall water temperature cooling valve using the input value from the DS18B20 temperature sensor, with a 90% success rate. The output of this system can be monitored and controlled using the Tsukamoto Fuzzy method. With the implementation of this system, it is possible to keep the outfall water temperature below the maximum threshold set by the Ministry of Environment and Forestry.

Keywords: *PLTU Outfall, Temperature, Nodemcu ESP8266, Fuzzy Method, Cooling Valve.*

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Pelabuhan Ratu merupakan pembangkit listrik yang menghasilkan energi panas dalam jumlah yang sangat besar. Salah satu sistem pendingin atau *cooling system* yang dapat digunakan adalah air laut, namun penggunaan air laut secara terus menerus sebagai media *cooling system* pada PLTU berdampak negatif jika air keluaran *cooling system* memiliki suhu panas yang melebihi ketentuan akan mengakibatkan terganggunya biota laut di sekitar tempat pembuangan air *system cooling* atau biasa disebut outfall/kanal hilir. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe sistem katup pendingin berbasis *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler Nodemcu ESP8266 sebagai perangkat utama yang terhubung ke internet dan dua sensor suhu DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air serta Logika Fuzzy Tsukamoto untuk mengontrol katup servo pendingin air di hilir saluran. Hasil penelitian dari rancangan prototipe sistem katup pendingin berhasil dibuat dan sistem mampu mengontrol motor servo yang terhubung dengan katup pendingin suhu air outfall menggunakan nilai input dari sensor suhu DS18B20 diperoleh tingkat persentase keberhasilan 90%, output sistem

ini dapat dimonitoring dan dikontrol menggunakan Logika Fuzzy Tsukamoto. Dengan diterapkannya sistem ini maka dapat menjaga temperatur air outfall agar tidak melebihi batas ambang maksimal yang telah ditentukan KLHK.

Kata kunci: *Outfall PLTU, Temperatur, Nodemcu ESP8266, Metode Fuzzy, Katup Pendingin.*

Pendahuluan

Outfall merupakan tempat pembuangan *Cooling system* dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Jika limbah panas yang dibuang menuju laut tidak sesuai dengan suhu normal laut, maka kehidupan biota di laut sekitar pembuangan limbah panas oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) akan terganggu. Terumbu karang yang merupakan tempat tinggal ikan adalah makhluk yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Sistem pembuangan limbah panas yang ramah lingkungan dibutuhkan untuk menjaga kelangsungan kehidupan ekosistem pesisir. Dengan adanya UU no 32 Tahun 2009 dan Peraturan Menteri Negara LH No 08 Th 2009 maka perusahaan wajib monitoring parameter outfall secara berkala. Jarak yang cukup jauh dan adanya potensi kecelakaan kerja membuat monitoring parameter outfall di PLTU Pelabuhan Ratu dirasa belum efektif. Dalam peraturan ini, kadar maksimum temperatur buangan dari sumber pendingin adalah 40° C. Produktivitas ekosistem pesisir berada pada kondisi yang baik jika suhu air laut adalah 28-30° C. Penyebaran limbah panas yang memiliki temperatur di atas 30° C jelas akan mempengaruhi produktivitas di ekosistem pesisir. Hal tersebut sebenarnya sudah diantisipasi sejak awal berdirinya PLTU dengan membuat jalur kanal yang panjang dan berkelok-kelok supaya suhu air keluaran *cooling system* dapat turun. Akan tetapi cara tersebut belum dilengkapi dengan adanya alat untuk memantau suhu air pada hilir kanal sehingga muncul ide untuk memasang sensor suhu pada hilir kanal tersebut. Proyek pemasangan rangkaian ini bertujuan untuk monitoring suhu air pada hilir kanal secara langsung dan mudah. Data yang diperoleh digunakan sebagai perbandingan dengan suhu air keluaran *cooling system* yang ada pada *outlet kondensor* atau biasa disebut hulu kanal dan hasil perbandingan tersebut dapat digunakan untuk menganalisa kondisi kanal dan kondisi air keluaran *cooling system* yang mengalir kembali ke laut.

Internet of Things [1] merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus. Pada dasarnya IoT (*Internet of Things*) mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representative virtual dalam struktur berbasis internet. Dalam hal ini IoT (*Internet of Things*) dimanfaatkan untuk monitoring suhu air laut keluaran *cooling system* (outfall) yang dapat dipantau dengan aplikasi blynk melalui koneksi internet (WiFi) [2]. Teknologi ini menggunakan mikrokontroler Nodemcu ESP8266 sebagai perangkat utama yang terhubung dengan internet dan sensor suhu DS18B20 yang digunakan untuk mengukur suhu air kanal [3]. Data yang diterima oleh mikrokontroler akan dikirimkan menuju aplikasi android Blynk sebagai alat pengendali ataupun monitoring sehingga data dapat dipantau secara jarak jauh dan bersifat *real time* [4]. Penelitian ini menggunakan fuzzy logic Tsukamoto yang dihitung secara manual di aplikasi excel [5]. Penelitian ini diharapkan dapat membantu operator PLTU dan tim K3 lingkungan memantau dan mengontrol katup pendingin berdasarkan temperatur air limbah pada outfall. Berdasarkan beberapa literatur yang ada, penelitian mengenai monitoring dan pengontrolan temperatur

air *outfall* pada area PLTU dengan sensor DS18B20 dengan metode Fuzzy belum ada, sehingga pada penelitian ini dilakukan pengontrolan dengan metode Fuzzy logic.

Metode

Pada bagian metodologi, ada tahapan-tahapan yang akan dilalui dalam melakukan penelitian. Metode ini digunakan sebagai acuan untuk melangkah agar tidak menyimpang dari tujuan yang ingin dicapai. Metode Penelitian meliputi: 1) waktu dan tempat, 2) alat dan bahan penelitian, 3) alur penelitian, 4) sistem monitoring dan kontrol dengan logika fuzzy tsukamoto, dan 5) instalasi aplikasi blynk.

Penelitian ini dikerjakan selama 2 bulan, dimulai sejak bulan April s/d Mei 2022, berlokasi di PT. Indonesia Power JABAR 2 Palabuhanratu OMU (*operation maintenance unit*). Penelitian ini menggunakan bahan studi literatur dari berbagai sumber, sebagai sumber informasi untuk mendukung kelancaran dalam penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan beberapa peralatan, baik Perangkat Keras dan lunak. Peralatan yang digunakan selama penelitian sebagai berikut:

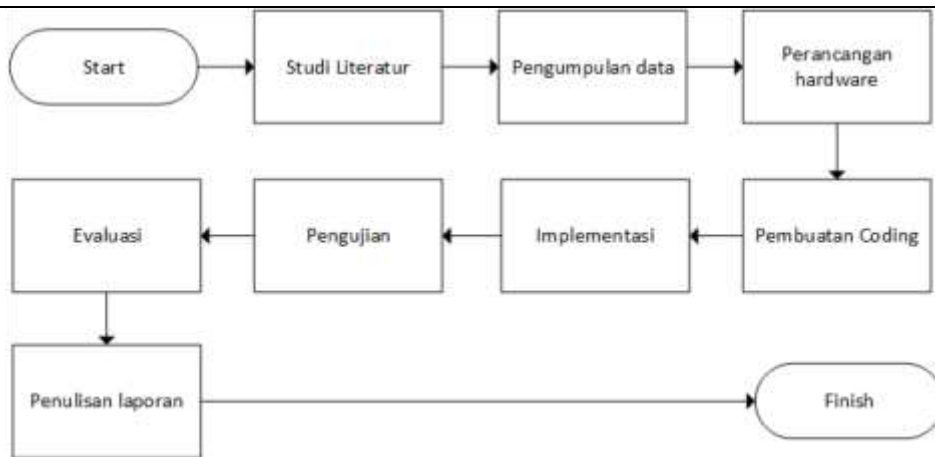
Perangkat Keras (Hardware)

- a. Spesifikasi Laptop (Intel Core i7 2.8 GHz o RAM 16 Gb o Hardisk 500 Gb)
- b. ESP8266
- c. Sensor Suhu DS18B20
- d. Servo valve
- e. Konektor 3 pin
- f. Kabel jumper male to female
- g. Kabel jumper male to male
- h. Project board
- i. Power Supply 5VDC
- j. Resistor 4.7k ohm

Perangkat Lunak (Software)

- a. Arduino IDE 1.6.7
- b. Blynk
- c. Fritzing
- d. Excel

Penelitian ini menggunakan metode *waterfall* yakni meliputi 1) *Communication (Project Initiation & Requirements Gathering)*, 2) *Planning (Estimating, Scheduling, Tracking)*, 3) *Modeling (Analysis & Design)*, 4) *Construction (Code & Test)*, 5) *Deployment (Delivery, Support, Feedback)*. Berikut adalah diagram alir penelitian yang dilakukan dalam pengujian monitoring dan pengontrolan katup air pendingin *outfall*.



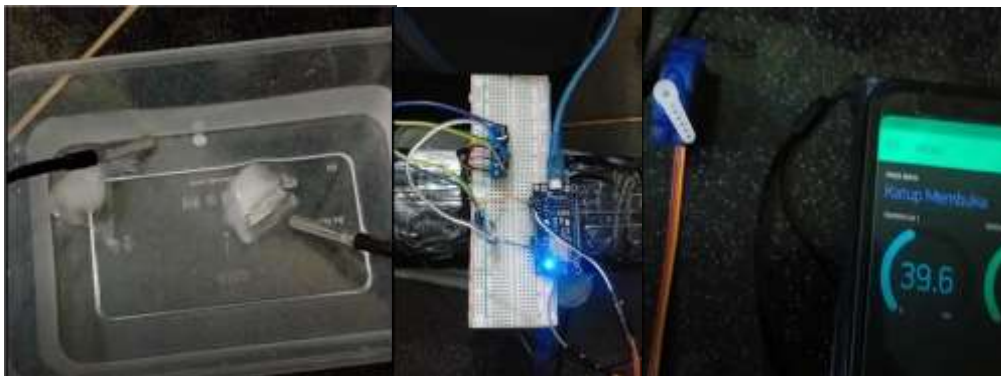
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Dalam bagian ini berisi tentang pembahasan sebelum dilakukan pengujian. Penelitian ini dimulai dari pengujian komponen untuk memastikan komponen-komponen yang akan dipasang dalam keadaan baik dan dapat bekerja secara normal. Selanjutnya memastikan kembali rangkaian atau jalur dengan benar, dan memastikan komponen-komponen terkoneksi dengan baik sesuai dengan skematiknya. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian DS18B20, pengujian servo motor, pengujian pengiriman data dengan blynk, dan pengujian hasil sistem keseluruhan.

a. Implementasi

Implementasi dari penelitian ini meliputi: 1) Hasil Perancangan Perangkat Keras, 2) Hasil Pemrograman, dan 3) Hasil Perhitungan Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto.



Gambar 1. Bentuk Fisik Alat

Prototipe sistem monitoring dan kontrol katup pendingin terhadap temperatur air *outfall* PLTU Pelabuhan Ratu dengan metode Fuzzy tsukamoto. Cara kerja sistem yakni ketika sensor suhu1 dan sensor suhu2 mendeteksi suhu air pada *outfall*, data tersebut diolah NodeMCU. Kemudian setelah data diolah oleh NodeMCU. NodeMCU akan mengirimkan data ke aplikasi Blynk untuk memonitoring suhu dan memberikan kontrol perintah pada servo motor untuk membuka atau menutup sesuai kondisi yang telah dibuat pada program. Hasil implementasi alat dapat dilihat pada Gambar 1. Tampilan pada aplikasi blynk dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Aplikasi Blynk

b. Hasil Pemrograman

Pemrograman dilakukan pada software Arduino IDE versi 1.8.19. Tahapan awal yakni memasukkan *library* dan mendefinisikan pin yang akan digunakan sebagai input output. Selanjutnya melakukan verifikasi program apakah sudah sesuai dengan ketentuan yang berlaku pada Bahasa pemrograman Arduino atau terdapat *error*. Saat sudah oke maka program siap untuk didownload ke perangkat keras yang telah dibuat. Hasil pemrograman dapat dilihat pada Gambar 3 dan untuk *full program* pada lampiran 1.

```

Fuzzy Tsukamoto_Kontrol_Dinam_Kubap_Pendingin | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.37.0)
File Edit Sketch Tools Help

Fuzzy_Tsukamoto_Kontrol_Dinam_Kubap_Pendingin
#include <ESP8266WiFi.h> //untuk memasukkan library ke dalam sketsa.
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#define BLYNK_PRINT Serial
char auth[] = "F0u2V1Hh6FG0TGnksFF0daes7021-026";

#include <Servo.h>

Servo myservo; // create servo object to control a servo
// twelve servo objects can be created on most boards
// #if defined(ARDUINO) //
char ssid[] = "CMATYA";
char pass[] = "Bismillah1";
// #endif //
BlynkTimer timer;

// #include "TemperatureSensor.h"
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h> // dihandingkan dengan standart thermostat
#define ONE_WIRE_BUS 4 // DS18B20 on arduino rinal corresponds to D3 on official board
    
```

Gambar 3. Program Arduino

Kemudian dapat diperoleh hasil perhitungan metode tsukamoto dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Metode Fuzzy Tsukamoto

No	Sensor	Sensor2	μ Dingin1	μ Normal1	μ Panas1	μ Dingin2	μ Normal2	μ Panas2
1	21	21	0,90	0,10	0,00	0,90	0,10	0 , 00
2	39	30	0,00	0,10	0,90	0,00	1,00	0 , 00
3	20	25	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0 , 00
4	20	25	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0 , 00
5	20	25	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0 , 00
6	20	25	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0 , 00

7	20	25	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
8	20	25	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
9	20	25	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00

c. Hasil Pengujian Suhu

Pengujian sensor suhu bertujuan untuk melakukan perbandingan dan penilaian terhadap akurasi sensor, penelitian ini menggunakan 10 sampel air dengan suhu panas, dingin, dan normal. Perhitungan persentase galat dan rata-rata galat dari pengukuran suhu menggunakan sensor ds18b20 adalah sebagai berikut.

$$\text{Galat (\%)} = \frac{\text{Nilai sensor ds18b20} - \text{Nilai Thermogun}}{\text{Nilai Thermogun}} \times 100\%$$

Hasil pengujian sensor suhu terdapat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Suhu

Uji Coba ke	Kategori Suhu	Suhu Terukur (°C)			Selisih pembacaan terhadap themogun		Nilai galat	
		Sensor1	Sensor2	Thermogun	Sensor1	Sensor2	Sensor1	Sensor2
1	Dingin	5,63	6,1	5,5	0,13	0,6	2,31%	9,84%
2	Dingin	10,25	10,19	10,1	0,15	0,09	1,46%	0,88%
3	Dingin	15,88	15,63	15,6	0,28	0,03	1,76%	0,19%
4	Dingin	20,13	20,19	20,1	0,03	0,09	0,15%	0,45%
5	Normal	25,44	25,38	25,3	0,14	0,08	0,55%	0,32%
6	Normal	30,31	30,75	30,4	-0,09	0,35	-0,30%	1,14%
7	Panas	35,06	35,31	35,1	-0,04	0,21	-0,11%	0,59%
8	Panas	40,31	40,06	40,1	0,21	-0,04	0,52%	-0,10%
9	Panas	45,19	45,06	45,1	0,09	-0,04	0,20%	-0,09%
10	Panas	50,25	50,44	50,3	-0,05	0,14	-0,10%	0,28%
		Galat Rata-rata					0,64 %	1,35 %

Berdasarkan beberapa pengujian pada tabel di atas, tingkat galat rata-rata sensor1 dan sensor2 adalah 0,64% dan 1,35%. Kondisi tersebut berarti dapat dikategorikan sensor dapat bekerja dengan baik.

d. Hasil Pengujian Motor Servo

Pengujian teknis selanjutnya adalah pengujian Motor Servo. Pin signal pada Motor Servo yang terhubung dengan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 melalui pin digital D4, kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan multimeter pada tiap kaki Motor Servo. Satu kaki dihubungkan dengan ground, percobaan Motor Servo

dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil pengukuran tegangan motor servo dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan Motor Servo

Uji Coba ke	Tegangan awal pin D4 (V)	Tegangan pin D4 (V) posisi	
		Servo 0	Servo 90
1	3,3	0,274	3,1
2	3,3	0,274	3,1
3	3,3	0,274	3,1
4	3,3	0,274	3,1
5	3,3	0,274	3,1

Berdasarkan hasil uji coba di atas, dapat disimpulkan bahwa tidak ada data loss tegangan hilang ketika mikrokontroler menggerakkan servo.

e. Pengujian Pengiriman Data

Pada pengujian ini, dilakukan penulisan/pengiriman data (*write*) pada *field* suhu di *database* Blynk yang digunakan untuk menyimpan data nilai suhu. Hasil uji coba dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengiriman Data

Uji Coba ke	Data Terkirim (dari NodeMCU)		Data Diterima (Blynk)	
	Sensor1	Sensor2	Sensor1	Sensor2
1	5,63	6,1	5,63	6,1
2	10,25	10,19	10,25	10,19
3	15,88	15,63	15,88	15,63
4	20,13	20,19	20,13	20,19
5	25,44	25,38	25,44	25,38
6	30,31	30,75	30,31	30,75
7	35,06	35,31	35,06	35,31
8	40,31	40,06	40,31	40,06
9	45,19	45,06	45,19	45,06
10	50,25	50,44	50,25	50,44

Berdasarkan hasil uji coba di atas, dapat disimpulkan bahwa tidak ada data *loss* atau data yang hilang ketika mikrokontroler mengirim data ke *database* Blynk.

f. Hasil Implementasi Sistem Keseluruhan

Hasil implementasi sistem keseluruhan berisi nilai-nilai yang didapat dari pembacaan sensor1, sensor2 dan posisi servo motor setelah melalui proses defuzzifikasi. Hasil implementasi ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Perhitungan Nilai Inferensi Dari Fuzzy Aturan

No	Sensor1	Sensor2	μ Dingin1	μ Norma II	μ Panas1	μ Dingin2	μ Normal2	μ Panas2
1	5,63	6,1	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
2	10,25	10,19	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
3	15,88	15,63	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
4	20,13	20,19	0,99	0,01	0,00	0,98	0,02	0,00
5	25,44	25,38	0,46	0,54	0,00	0,46	0,54	0,00
6	30,31	30,75	0,00	0,93	0,03	0,00	0,93	0,08
7	35,06	35,31	0,00	0,47	0,51	0,00	0,47	0,53
8	40,31	40,06	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
9	45,19	45,06	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00
10	50,25	50,44	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00

Tabel 6. Perhitungan Nilai Defuzzifikasi dan Keluaran

$\Sigma\alpha$	$\Sigma\alpha*z$	Z	Keluaran Posisi	Keterangan
Hasil			katup	
1,00	0,00	0,00	Buka	Galat
1,00	0,00	0,00	Tutup	Normal
1,00	0,00	0,00	Tutup	Normal
1,03	0,06	0,00	Tutup	Normal
1,91	0,99	0,52	Buka	Normal
1,06	0,08	0,07	Buka	Normal
1,91	0,94	0,49	Buka	Normal
1,00	1,00	1,00	Buka	Normal
0,00	0,00	1,00	Buka	Normal
0,00	0,00	1,00	Buka	Normal

Berdasarkan data pada Tabel 5 dan Tabel 6, prototipe sistem berjalan dengan baik dengan indikasi mampu mengontrol motor servo yang terhubung dengan katup pendingin menggunakan nilai masukan dari sensor suhu DS18B20 dengan tingkat presentase keberhasilan 90%. Kemudian sistem juga dapat mengirim data suhu air *outfall* ke *database Blynk* sehingga dapat dimonitoring melalui aplikasi kapanpun dan dimanapun selama terkoneksi dengan internet.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis prototipe sistem yang telah diimplementasikan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Prototipe sistem dengan fuzzy Tsukamoto ini berjalan dengan baik dengan indikasi mampu mengontrol motor servo yang terhubung dengan katup pendingin menggunakan nilai masukan dari sensor suhu DS18B20 dengan tingkat presentase keberhasilan 90%. Dengan diterapkannya penelitian ini maka dapat menjaga temperatur *outfall* agar tidak melebihi batas ambang maksimal yang telah ditentukan KLHK. Sistem ini masih dapat dikembangkan lagi untuk penelitian berikutnya, Menambah jumlah sensor temperature dengan penempatan pada permukaan, tengah dan dalam aliran air, serta menambah sensor flow untuk mengetahui debit alir air pendingin air limbah *outfall*.

Referensi

- [1] O. M. Prabowo, “Pembatasan Definisi ‘Things’ Dalam Konteks Internet of Things Berdasarkan Keterkaitan Embedded System dan Internet Protocol,” *Jt. (Journal Inf. Technol.*, vol. 01, no. 02, pp. 43–46.
- [2] H. F. E. Setyawan, *No Title*. Sistem Pemantauan Menggunakan Blynk dan Pengendalian Penyiraman Tanaman Jamur Dengan Metode Logika Fuzzy.
- [3] Riswandi, *Sistem Kontrol Vertical Garden Menggunakan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android*. UIN ALAUDDIN MAKASSAR. Skripsi.
- [4] S. P. Tamba, A. H. M. Nasution, S. Indriani, N. Fadhilah, and C. Arifin, “Pengontrolan Lampu Jarak Jauh Dengan Nodemcu Menggunakan Blynk,” *J. Tekinkom (Teknik Inf. dan Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 93–98, doi: 10.37600/tekinkom.v2i1.91.
- [5] F. Thamrin, E. Sedyono, and S. Suhartono, “Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Penentuan Faktor Pembebanan Trafo PLN,” *J. Sist. Inf. BISNIS*, vol. 2, no. 1, doi: 10.21456/vol2iss1pp001-005.