

**PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN PERUBAHAN
SUHU *BEARING COAL CRUSHER* MENGGUNAKAN LOGIKA
FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
JUNI 2024**

**PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN PERUBAHAN
SUHU BEARING COAL CRUSHER MENGGUNAKAN
LOGIKA FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menenpuh
Gelara Sarjana Teknik Elektro*



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
JUNI 2024**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN PERUBAHAN
SUHU *BEARING COAL CRUSHER* MENGGUNAKAN
LOGIKA FUZZY MAMDANI

NAMA : WAHYU DWI NURHIDAYAT

NIM : 20200120001

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”

Sukabumi, 05 Juni 2024



WAHYU DWI NURHIDAYAT

Penulis

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN PERUBAHAN
SUHU *BEARING COAL CRUSHER* MENGGUNAKAN
LOGIKA FUZZY MAMDANI

NAMA : WAHYU DWI NURHIDAYAT

NIM : 20200120001

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 05 Juni 2024. Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik (S.T)

Sukabumi, 05 Juni 2024

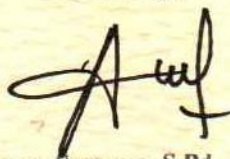
Pembimbing I



Muchtar Ali Setyo Yudono, S.T., M.T.

NIDN. 0426019502

Pembimbing II



Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si.

NIDN. 0407098009

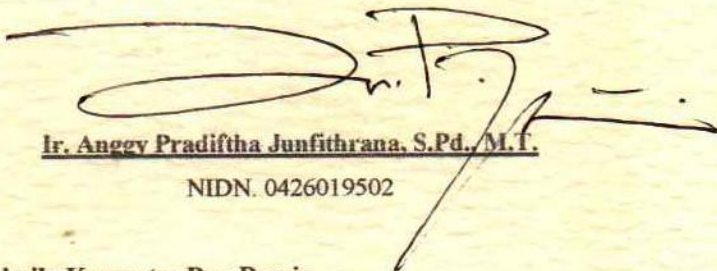
Ketua Penguji



Ir. Marina Artivasa, S.T., M.T., IPM

NIDN. 0403127308

Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T.

NIDN. 0426019502

Dekan Fakultas Teknik, Komputer Dan Desain

Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM.Asean.Eng

NIDN. 0402037401

“Ketika proses terasa berat, ingatlah bahwa pohon yang tinggi dimulai dari biji kecil yang bertahan dan tumbuh melalui proses yang panjang”

“When the process feels difficult, remember that a tall tree starts from a small seed that survives and grows through a long process”



ABSTRAK

Kerusakan pada *bearing coal crusher* akibat panas berlebih dapat menyebabkan gangguan pada proses operasional peralatan tersebut. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemantauan yang dapat diakses dengan mudah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan suhu pada *bearing coal crusher* menggunakan sensor MLX90614 dan ESP 32 dengan metode logika fuzzy mamdani. Terdapat 9 aturan fuzzy pada sistem ini yang dapat memberikan rekomendasi seperti aman, pelumasan, atau *stop* operasi. Suhu dari sistem ini akan ditampilkan pada OLED 0,96” dan akan tercatat melalui Google Spreadsheet. Sistem ini dilengkapi dengan fitur notifikasi melalui aplikasi Telegram jika hasilnya melebihi batas yang telah ditentukan. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan hasil alat rancangan dan *thermogun* dengan hasil selisih di bawah 0,5. Alat rancangan ini memiliki tegangan yang stabil sebesar 3,3V, sedangkan arus pada alat rancangan ini memiliki rentang 0,11 – 0,13 A, sehingga hal ini yang dapat menyebabkan adanya perbedaan suhu pada alat rancangan dan *thermogun*. Berdasarkan data 30 kali pengujian yang didapatkan dari pemrograman ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai perhitungan MATLAB, dengan nilai rata-rata galat sebesar 0,67%. Namun, pada hasil kriteria tidak terdapat perbedaan data yang dihasilkan, sehingga pada sistem ini menghasilkan persentase 100%. Pada pengujian jarak yang dilakukan, menghasilkan rata-rata persentase galat pada jarak 5 cm = 0,21%, 10 cm = 0,22%, dan 15 cm = 0,28%, dari hasil tersebut rata-rata persentase galat terkecil pada jarak 5 cm yaitu 0,21%, maka dapat disimpulkan jarak penempatan optimal dan presisi berada pada jarak 5 cm dari objek yang diukur. sehingga pemantauan suhu *bearing coal crusher* dapat dilakukan secara efektif.

Kata Kunci: *Bearing, Coal Crusher*, Logika Fuzzy Mamdani, MLX90614, Pemantauan, Suhu, Telegram.

ABSTRACT

Damage to the coal crusher bearing due to excessive heat can cause disruption to the operational process of the equipment. This is due to a lack of easily accessible monitoring. This research aims to develop a temperature monitoring system for coal crusher bearings using MLX90614 and ESP 32 sensors with the Mamdani fuzzy logic method. There are 9 fuzzy rules in this system which can provide recommendations such as safety, lubrication, or stop operation. The temperature of this system will be displayed on a 0.96" OLED and will be recorded via Google Spreadsheet. This system is equipped with a notification feature via the Telegram application if the results exceed a predetermined limit. In this research, a comparison of the results of the design tool and the thermogun was carried out with a difference of less than 0.5. This design tool has a stable voltage of 3.3V, while the current in this design tool has a range of 0.11 – 0.13 A, so this can cause temperature differences between the design tool and the thermogun. Based on data from 30 tests obtained from this programming, it was then compared with the MATLAB calculation value, with an average error value of 0.62%. However, in the criteria results there is no difference in the data produced, so this system produces a percentage of 100%. The distance tests carried out produced an average error percentage at a distance of 5 cm = 0.21%, 10 cm = 0.22%, and 15 cm = 0.28%, from these results the smallest average error percentage was at a distance of 5 cm, namely 0.21%, so it can be concluded that the optimal and precise placement distance is at a distance of 5 cm from the object being measured. so that coal crusher bearing temperature monitoring can be carried out effectively.

Keywords: Bearing, Coal Crusher, Google Spreadsheet, Mamdani Fuzzy Logic, Microcontroller, MLX90614, Monitoring, Temperature, Telegram.

KATA PENGANTAR

Dalam menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Sistem Pemantauan Perubahan Suhu *Bearing Coal Crusher* Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani”, penulis memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya.

Jurusan Teknik Elektro Universitas Nusa Putra mewajibkan skripsi ini sebagai salah satu prasyarat untuk mendapatkan gelar sarjana. Penulis banyak mendapatkan bimbingan, arahan, dan bantuan dari berbagai sumber dalam pelaksanaan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih dan hormat kepada:

1. Ir. Anggy Pradiftha Junfitharana, S.Pd., M.T. Selaku Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra.
2. Muchtar Ali Setyo Yudono, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing I
3. Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si. Selaku dosen pembimbing II
4. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih ada beberapa masalah dengan cara penyampaian materi dan isi laporan yang sebenarnya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan dan ide yang membangun. Laporan skripsi ini semoga bermanfaat, khususnya bagi para pembaca dan penulis pada umumnya.

Sukabumi, 05 Juni 2024

Wahyu Dwi Nurhidayat

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA , saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Dwi Nurhidayat
NIM : 20200120001
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty- Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Perancangan Sistem Pemantauan Perubahan Suhu *Bearing Coal Crusher* Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/format- kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Sukabumi, 05 Juni 2024



Wahyu Dwi Nurhidayat

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN PENULIS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	15
1.1 Latar Belakang Masalah	15
1.1 Rumusan Masalah.....	17
1.2 Batasan Masalah	17
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	18
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	18
1.5 Sistematika Penulisan	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	20
2.1 Penelitian Terkait	20
2.1 Kesimpulan dan peluang kebaruan	22
2.2 <i>Coal crusher</i>	22
2.3 <i>Internet of Things (IoT)</i>	24
2.4 ESP 3225	
2.5 Multiplexer TCA9548A	27
2.6 Sensor Inframerah MLX90614	27
2.7 Modul OLED 0.96 inci	29
2.8 Pengertian Logika Fuzzy	31

2.9	Himpunan Fuzzy	31
2.9.1	Fungsi keanggotaan	32
2.9.2	Operasi Himpunan Fuzzy	34
2.9.4	Fungsi Implikasi	35
2.9.5	Sistem <i>Inferensi</i> Fuzzy	36
2.9.6	Logika Fuzzy Mamdani	36
2.10	Perhitungan Persentase Galat dan Rata-rata Galat	37
2.11	<i>Matrix Laboratory</i> (MATLAB)	38
2.12	Bot Telegram	39
2.13	Google Spreadsheet	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		41
3.1	Alur Penelitian	41
3.2	Spesifikasi Perangkat	44
3.3	Perancangan Perangkat Keras	45
3.4	Perancangan Perangkat Sistem	46
3.6	Perancangan Simulasi Metode Logika Fuzzy Mamdani pada MATLAB	47
3.6.1	Pembentukan Himpunan Fuzzy	47
3.6.2	Aplikasi Fungsi Implikasi	52
3.7	Perancangan Antarmuka	53
3.7.1	Perancangan GUI MATLAB	53
3.7.2	Perancangan Bot Telegram	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		56
4.1	Hasil	56
4.1.1	Hasil Perancangan Perangkat Keras	56
4.1.2	Hasil Perancangan Perangkat Lunak	57
4.1.3	Prinsip Kerja Alat Pemantau Suhu	58
4.2	Pengujian Hasil Alat yang Dirancang dan <i>Thermogun</i> Industri	58
4.2.1	Pengujian Terhadap <i>Bearing</i>	58
4.2.2	Pengujian Terhadap Setrika	60
4.3	Jarak Optimum Penempatan Alat yang Dirancang	62
4.4	Hasil Perbandingan <i>Software</i> Arduino IDE dan MATLAB	63
4.5	Tampilan Aplikasi Bot Telegram dan Google Spreadsheet	67

4.5.1 Bot Telegram.....	67
4.5.2 Google Spreadsheet.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....	78
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Coal crusher</i>	23
Gambar 2.2 <i>Drawing Coal crusher</i>	24
Gambar 2.3 <i>Bearing</i>	24
Gambar 2.4 <i>Internet of Think</i>	25
Gambar 2.5 ESP 32	26
Gambar 2.6 Multiplexer TCA9548A.....	27
Gambar 2.7 Sensor Inframerah MLX90614.....	28
Gambar 2.8 Tingkat Akurasi Sensor Inframerah MLX90614.....	29
Gambar 2.9 OLED 0,96 inci.....	30
Gambar 2.10 Representasi Linier Naik.....	33
Gambar 2.11 Kurva Turun	33
Gambar 2.12 Kurva Segitiga	34
Gambar 2.13 Struktur Dasar Sistem Inferensi Fuzzy	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2 Diagram Alir Kontrol Logika Fuzzy Mamdani	43
Gambar 3.3 Modul <i>Wiring</i> Diagram Sistem Pemantauan Suhu	45
Gambar 3.4 Digram Alir Program Utama	46
Gambar 3.5 Tampilan <i>Toolbox</i> pada MATLAB Logika Fuzzy Mamdani	49
Gambar 3.6 Himpunan Fuzzy Untuk Variabel Suhu <i>Bearing</i> 1.....	50
Gambar 3.7 Himpunan Fuzzy Untuk Variabel Suhu <i>Bearing</i> 2.....	51
Gambar 3.8 Himpunan Fuzzy Untuk Keluaran Kondisi <i>Coal Crusher</i>	51
Gambar 3.9 Tampilan Rancangan GUI	53
Gambar 3.10 Tampilan Aplikasi Telegram	54
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Perangkat Keras	56
Gambar 4. 2 Tampilan <i>Serial Monitor</i> Arduino IDE	63
Gambar 4. 3 Tampilan Perhitungan Menggunakan GUI MATLAB.....	64
Gambar 4.4 Tampilan Notifikasi Pada Telegram	67
Gambar 4. 5 Tampilan Google Spreadsheet	68
Gambar 4. 6 Tampilan Grafik Google Spreadsheet.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terkait	20
Tabel 2.2 Spesifikasi ESP 32.....	26
Tabel 2.3 Spesifikasi Oled 12C 0,96 inci	30
Tabel 3.1 Variabel lingusitik dan kategori setiap Parameter	48
Tabel 3.2 Aturan evaluasi	52
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Alat yang Dirancang dan <i>Thermogun</i> Industri pada <i>Coal Crusher</i>	59
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Alat yang Dirancang dengan <i>Thermogun</i> Industri pada Setrika Listrik	61
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Arus dan Tegangan pada Sensor	61
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Jarak Alat yang Dirancang	62
Tabel 4.5 Hasil Nilai Perbandingan Fuzzy Arduino IDE dengan MATLAB...	65
Tabel 4.6 Hasil Kriteria Fuzzy Arduino IDE dengan MATLAB	66



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Arduino IDE	80
Lampiran 2. Dokumentasi.....	89
Lampiran 3. Tabel Daftar Harga Komponen.....	90
Lampiran 4. Data Sheet	92



BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Ruang Lingkup Penelitian dan Sistematika Penulisan dari penelitian Perancangan Sistem Pemantauan Perubahan Suhu *Bearing Coal Crusher* Menggunakan Logika Fuzzy.

1.1 Latar Belakang Masalah

Tingkat pertumbuhan penduduk yang terus meningkat diiringi dengan pesatnya perkembangan teknologi telah mengubah tatanan kehidupan manusia secara signifikan. Dalam kaitannya dengan ini, kebutuhan akan listrik menjadi semakin krusial dan tidak tergantikan. Peran listrik tidak hanya sebatas memenuhi kebutuhan setiap harinya, tetapi juga menjadi fondasi utama dalam menjaga stabilitas ekonomi, mendukung kemajuan sektor pendidikan, dan meningkatkan kualitas hidup Masyarakat [1]. Di Indonesia, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) memegang peranan penting sebagai penyedia listrik terkemuka dengan menggunakan batu bara sebagai sumber energi utamanya [1], [2].

Meskipun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan tulang punggung penyediaan listrik bagi masyarakat, operasionalnya seringkali dihadapi oleh berbagai tantangan [3]. Salah satu permasalahan yang muncul adalah dalam pemrosesan batu bara berukuran besar yang datang dari tambang batu bara, khususnya pada bidang *coal handling* terdapat alat *coal crusher* yang berfungsi untuk mengubah ukuran batu bara menjadi lebih kecil. Namun pada pengoperasiannya seringkali mengalami panas berlebih pada *bearing* dan motor. Panas berlebih ini dapat menghasilkan peningkatan getaran, Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor, seperti kurangnya pelumasan, masuknya benda asing seperti besi atau material selain batu bara yang mengganggu putaran dan menyebabkan tidak lurusnya poros, yang akan mengakibatkan terjadinya gesekan pada *coal crusher*, sehingga *bearing* mengalami panas berlebih [4]. Hal tersebut dapat mengganggu pengoperasian *coal crusher*, dan meningkatkan risiko sobeknya

belt pada *coal feeder*, yang secara langsung mengganggu produksi listrik [5].

Seperti yang terjadi pada 17 Oktober 2022, panas berlebih pada *bearing coal crusher* mencapai suhu tertingginya 131,7 C [6]. Keterbatasan dalam pemantauan suhu *bearing* secara langsung menjadi kendala utama, terutama saat terjadi gangguan pada peralatan yang berada di lokasi jauh dari pusat kontrol [6], [7].

Metode fuzzy digunakan karena dapat menangani ketidakpastian data suhu *bearing coal crusher*. Dengan logika fuzzy Mamdani, sistem dapat memberikan rekomendasi atau perintah kepada operator dengan tingkat kepastian yang lebih baik, mirip dengan cara berpikir manusia. Ini meningkatkan efektivitas pemantauan, mencegah kerusakan peralatan. Berdasarkan studi literatur yang telah dipelajari, penelitian terdahulu dengan judul “Rancang Bangun Sistem Kontrol Penghangat Nasi Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani” fuzzy Mamdani dapat menghasilkan nilai akurasi 93,75 % [8]. sedangkan penelitian terdahulu dengan judul “Sistem *Monitoring* dan Kontrol Katup Pendingin terhadap Temperatur Air Outfall PLTU” fuzzy tsukomoto hanya menghasilkan nilai akurasi 90% [9]. Penelitian dengan judul “Penerapan Logika Fuzzy Sugeno Untuk Optimasi Stok Biji Kopi Pada Kafe Rooster” Fuzzy sugeno hanya menghasiulkan nilai akurasi 80,19% [10]. Fuzzy mamdani dianggap lebih baik dibandingkan dengan metode lainnya. Selain itu, fuzzy Mamdani juga lebih familiar sehingga mudah diimplementasikan [11].

Penelitian terdahulu yang berjudul “Rancang Bangun *Monitoring* Suhu *Bearing Coal crusher* Berbasis Mikrokontroller Di PLTU Jawa Barat 2 Pelabuhan Ratu” pada tahun 2023 [6]. Penelitian tersebut mengatasi masalah panas berlebih pada *bearing coal crusher* dengan membuktikan efektivitas ESP8266, sensor Inframerah MLX90614, OLED 0,96’, dan Blynk IoT sebagai aplikasi pemantau suhu *bearing coal crusher* dengan hasil jarak *optimum* pemasangan terdapat pada jarak 50 cm dengan hasil rata-rata persentase *error* 0,292%. Penelitian lainnya yang berjudul “Analisis produktivitas *coal crusher* pada *coal handling system* Pembangkit Listrik Tenaga Uap” pada tahun 2020 [12]. Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dijelaskan bahwa panas berlebih pada *bearing coal crusher* dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain kurangnya pelumasan yang memicu

gesekan berlebihan, masuknya benda asing seperti besi atau material selain batu bara yang mengganggu putaran, kerusakan atau aus pada komponen, beban berlebih yang melebihi kapasitas, serta perawatan yang tidak tepat seperti kurangnya pemeriksaan rutin dan penggantian *bearing* yang aus.

Berdasarkan permasalahan yang ada maka perlu dibuat sistem pemantauan suhu *bearing coal crusher* dengan keputusan logika fuzzy mamdani untuk dapat memantau 2 *bearing* yang berbeda yang terdapat pada *coal crusher*. Sistem ini akan memberikan rekomendasi melalui notifikasi berupa kondisi *bearing coal crusher* melalui aplikasi Telegram dan dicatat melalui google spreadsheet setiap 10 menit. Diharapkan dengan sistem ini akan mencegah terjadinya kerusakan yang lebih parah diwaktu yang akan mendatang serta menjaga kehandalan peralatan.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi, yaitu:

1. Bagaimana merancang alat pemantauan suhu *bearing coal crusher*?
2. Bagaimana membuat sebuah sistem pendukung menggunakan logika fuzzy mamdani?
3. Bagaimana mengetahui hasil persentase keberhasilan Sistem Pemantauan Perubahan Suhu *Bearing Coal Crusher* Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani?

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah ditetapkan untuk memperjelas fokus dan ruang lingkup penelitian agar hasil yang diperoleh lebih terarah dan sesuai dengan tujuan. Batasan ini juga bertujuan menghindari perluasan yang tidak relevan serta memastikan penelitian dapat diselesaikan dengan sumber daya dan waktu yang tersedia. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Alat rancangan ini berupa prototipe yang komponennya tidak disesuaikan dengan kondisi lapangan yang berdebu, bising, dan getaran tinggi yang berada pada alat *Coal Crusher*.

2. Mengabaikan suhu ruangan pada area *coal crusher*.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

1. Rancang bangun perangkat lunak dan perangkat keras alat untuk pemantauan suhu *bearing coal crusher* dengan mikrokontroler.
2. Mengetahui bagaimana mengolah data sebagai sistem pendukung menggunakan logika fuzzy mamdani.
3. Mengetahui hasil dan Persentase dari penelitian yang telah dilakukan.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk:

1. Membantu operator *coal handling* dalam memantau suhu *bearing coal crusher* pada PLTU Pelabuhanratu.
2. Menjaga kehandalan peralatan, sehingga dapat dicegah sebelum terjadinya kerusakan yang lebih fatal, terutama pada suhu yang berlebih pada *bearing*.
3. Bagi penulis hal ini dapat menambah pengetahuan mengenai bagaimana cara menerapkan metode fuzzy mamdani pada studi kasus perubahan suhu *bearing coal crusher*.
4. Sebagai referensi untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini, diberikan ruang lingkup yang jelas agar pembahasan lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Beberapa ruang lingkup penelitian tersebut diantaranya:

1. Sistem pemantauan suhu hanya terbatas untuk *coal crusher* di PLTU Jawa 2 Pelabuhanratu.
2. Aplikasi yang digunakan untuk mengirimkan notifikasi hasil keluaran suhu *bearing coal crusher* merupakan aplikasi Telegram.
3. Menggunakan metode fuzzy mamdani sebagai sistem pendukung keputusan.
4. Parameter yang diukur hanya suhu *bearing* 1 dan 2 pada *coal crusher*.

5. *Thermogun* digunakan sebagai alat pembanding dengan sensor Inframerah MLX90614.

1.5 Sistematika Penulisan

Penelitian ini terbagi kedalam 5 bab, isi dari setiap bab tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menyajikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas tentang beberapa dasar teori *Coal crusher*, *Internet of Things* (IoT), ESP 32, Multiplexer TCA9548A, Sensor Inframerah MLX90614, OLED 0,96", logika fuzzy, MATLAB, Bot Telegram, Google Spreadsheet. dan kajian pustaka berdasarkan penelitian terdahulu.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi Pembahasan mengenai tahap demi tahap proses pelaksanaan penelitian. Tahap-tahap penelitian dimulai dari studi literatur, Mencari referensi untuk kebutuhan perancangan alat, membuat perancangan sistem *hardware* maupun *software* dan implementasi sistem pemantauan perubahan suhu *bearing coal crusher* menggunakan logika fuzzy mamdani berdasarkan teori dasar pada Bab II

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas tentang pengujian *hardware* maupun *software*, hasil implementasi logika fuzzy mamdani serta analisa terhadap prinsip kerja dan proses dari suatu alat yang dibuat.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil literatur yang telah dipelajari, untuk membuat sistem pengambilan keputusan berdasarkan logika fuzzy mamdani terhadap perubahan suhu *bearing coal crusher* dan saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi penutup yang menjelaskan kesimpulan dari Tugas Akhir serta memberikan saran-saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian alat rancangan serta pembahasan pada penelitian perancangan sistem pendukung keputusan terhadap perubahan suhu *bearing coal crusher* pada PLTU Pelabuhanratu yang telah dilakukan dengan menggunakan metode fuzzy mamdani.

1. Rancang bangun alat sistem pendukung pemantauan suhu *bearing coal crusher* menggunakan sensor Inframerah MLX90614 mampu mendeteksi suhu tanpa kontak langsung berhasil dibuat dan dilakukan pengujian. Alat ini menggunakan mikrokontroler ESP 32 sebagai sistem pengolahan data. Suhu objek dan suhu sekitar akan ditampilkan melalui layar OLED 0,96". Selain itu, data suhu objek juga dapat dipantau dari jarak jauh melalui web atau aplikasi google spreadsheet. Sistem ini dilengkapi dengan fitur notifikasi melalui aplikasi Telegram jika nilai hasil keluaran yang terdeteksi melebihi batas yang telah ditentukan. Alat rancangan ini memiliki tegangan yang stabil sebesar 3,3V, sedangkan arus pada alat rancangan ini memiliki rentang 0,11 – 0,13 A, sehingga hal ini yang dapat menyebabkan adanya perbedaan suhu pada alat rancangan dan *thermogun*.
2. Dalam penelitian ini, digunakan metode Logika Fuzzy Mamdani yang melibatkan langkah seperti fuzzifikasi, pembuatan aturan, dan pencarian nilai akhir dengan defuzzifikasi. Sistem ini dapat berjalan sesuai dengan aturan yang dibutuhkan, dengan menggunakan 2 variabel dan masing-masing memiliki 3 himpunan, sehingga terdapat 9 aturan logika fuzzy yang digunakan.
3. Berdasarkan Pengujian yang telah dilakukan sebanyak 30 kali dengan interval waktu 10 detik, Nilai yang didapatkan dari pemrograman ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai perhitungan MATLAB, dengan nilai rata-rata galat

sebesar 0,67%. Pada hasil kriteria tidak terdapat perbedaan data yang dihasilkan karena perbedaan nilai masih dalam kategori yang sama, sehingga pada sistem ini dapat menghasilkan persentase 100%. Pada pengujian jarak yang dilakukan menghasilkan rata-rata persentase galat pada jarak 5 cm = 0,21%, 10 cm = 0,22%, dan 15 cm = 0,28%, dari hasil tersebut rata-rata persentase galat terkecil pada jarak 5 cm yaitu 0,21%, maka dapat disimpulkan jarak penempatan optimal dan presisi berada pada jarak 5 cm dari objek yang diukur.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat beberapa kekurangan yang dapat diperbaiki dalam melakukan penelitian selanjutnya. Berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya:

1. Mengganti penggunaan *breadboard* dengan PCB cetak dalam perancangan rangkaian elektronik untuk meningkatkan efisiensi dan kebersihan rangkaian.
2. Menambahkan sensor lain selain sensor Inframerah MLX90614, seperti sensor *vibrasi* dan uji viskositas pelumas, untuk meningkatkan performa sistem.
3. Mengembangkan aplikasi khusus sebagai pengganti aplikasi pihak ketiga untuk mengurangi ketergantungan pada pihak lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wulandari, R. Sipahutar, And I. Bizzy, “Analisis Pengaruh Parameter Operasi Terhadap Kinerja Sistem Energi Termal Pada Pltu Tanjung Enim 3x10 Mw,” *Sebatik*, Vol. 27, No. 1, pp. 52–62, Jun. 2023, doi: 10.46984/sebatik.v27i1.2297.
- [2] S. A. Wibowo and J. Windarta, “Pemanfaatan Batubara Kalori Rendah Pada PLTU untuk Menurunkan Biaya Bahan Bakar Produksi,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 3, pp. 100–110, 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.10029.
- [3] N. Eka Patrisia, F. Anwar, And A. S. Dwi, “Analisis Pembangunan Pltuterhadap pencemaran udara dan ekosistem laut berdasarkan peraturan Perundang-Undangan,” Vol. 12, No. 2, 2023.
- [4] A. Yunanto, “Perhitungan Umur Pakai Dan Analisa Kerusakan Bantalan Sisi Luar (Outboard Bearing) Pada Ring Hammer Coal Crusher B Di Pltu Banten 3 Lontar,” *J. Tek. Mesin*, Pp. 1355–1360, 2020.
- [5] B. N. Primayoga And B. Feeder, “Peningkatan Efektivitas Proses Pemuatan Batubara Melalui Penambahan Belt Feeder,” vol. 2023, no. Senastika, pp. 173–179, 2023.
- [6] M. Hasnan, “Rancang Bangun Monitoring Suhu Bearing Coal Crusher Berbasis Mikrokontroller Di Pltu Jawa Barat 2 Pelabuhan Ratu ,” 2023.
- [7] A. R. Bakti and Meriani, “Analisa Preventive Maintenance, Domestic Booster Pump di PLTU Keban Agung 2x135 MW,” *JTERAF (Jurnal Tek. Elektro Raflesia) Vol I, No 1, 2021, Politek. Raflesia*, vol. I, no. 1, 2021.
- [8] A. A. Zabar, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Penghangat Nasi Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani,” *Diss. Nusa Putra*, 2022.
- [9] M. Artiyasa *et al.*, “Sistem Monitoring dan Kontrol Katup Pendingin

- terhadap Temperatur Air Outfall PLTU,” *Circuit J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, p. 88, 2023, doi: 10.22373/crc.v7i1.15449.
- [10] M. A. Hafiz and Sriani, “Penerapan Logika Fuzzy Sugeno Untuk Optimasi Stok Biji Kopi Pada Kafe Rooster,” *J. Fasilkom*, vol. 13, no. 02, pp. 165–172, 2023, doi: 10.37859/jf.v13i02.5460.
- [11] I. Raga Djara, T. Widiastuti, and D. M. Sihotang, “Penerapan Logika Fuzzy Menggunakan Metode Mamdani Dalam Optimasi Permintaan Obat,” *J. Komput. dan Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 157–161, Nov. 2019, doi: 10.35508/jicon.v7i2.1645.
- [12] S. Rahayu, “Analisis Produktivitas Coal Crusher Pada Coal Handling System Pembangkit Listrik Tenaga Uap,” 2020, [Online]. Available: [https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/85622%0Ahttps://repository.unej.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/85622/Sri rahayu-.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/85622%0Ahttps://repository.unej.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/85622/Sri%20rahayu-.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [13] I. G. W. Artana, W. G. Ariastina, and I. N. S. Kumara, “Rancang Bangun Sistem Pemantau Suhu Bearing Motor Untuk Pompa Sirkulasi Air Berbasis Iot,” *J. SPEKTRUM*, vol. 9, no. 2, p. 20, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2022.v09.i02.p3.
- [14] R. JHA, Pravesh K.; RAJORA, “Fault diagnosis of coal ring crusher in thermal power plant: a case study,” *Int. Conf. Autom. Control Dyn. Optim. Tech.*, vol. p. 355-360, no. IEEE, 2019.
- [15] P. Sihombing, “Prototipe Pengawasan Suhu secara Real-Time dan Pengontrolan Dua Motor Listrik secara Otomatis Berbasis IoT,” *Elektriese J. Sains dan Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 01, pp. 83–94, 2023, doi: 10.47709/elektriese.v13i01.2723.
- [16] B. Hartono and S. P. Sutisna, “Analisa Kerusakan Bearing Suspension Preheater Fan Berbasis Data Temperatur Dan Vibrasi,” *AME (Aplikasi Mek. dan Energi) J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 84–86, 2018, doi: 10.32832/ame.v4i2.1558.
- [17] D. Kukuh Prasetyoaji, C. S. Abadi, and D. M. Syujak, “Analisis Efektivitas Coal Crusher Dengan Metode Overall Equipment

- Effectiveness,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 1116–1121, 2019, [Online]. Available: <http://semnas.mesin.pnj.ac.id>
- [18] J. Wang, “Research on Structural Design of Coal Crusher House in Thermal Power Plant,” *J. Archit. Environ. Struct. Eng. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 14–17, 2020, doi: 10.30564/jaeser.v3i2.2103.
- [19] A. Of, U. S. E. Of, C. Crusher, M. On, E. Of, And C. Exports, “Analysis Of Use Of Coal Crusher Machine On The Grostlog 2022,” Vol. 5778, Pp. 1086–1099, 2022.
- [20] M. Hasnan, “Rancang Bangun Monitoring Suhu Bearing Coal Crusher Berbasis Mikrokontroller Di Pltu Jawa Barat 2 Pelabuhan Ratu,” 2023.
- [21] A. Firdausi, “Mekanika Dan Elemen Mesin,” *Malang Pppptk Boe*, P. 13, 2013.
- [22] S. Samsugi, A. Nurkholis, B. Permatasari, A. Candra Nugroho, And A. Bagus Prasetyo, “Internet Of Things Untuk Peningkatan Pengetahuan Teknologi Bagi Siswa,” *J. Technol. Soc. Community Serv.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 173–177, 2020, [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknoabdimas>
- [23] E. Revadiaz, M. Fatkhurrokhman, and D. Aribowo, “Prototype Automated Manipulator Robot Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (IoT),” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 2, p. 439, Oct. 2022, doi: 10.24036/jtev.v8i2.117682.
- [24] G. Lim, Sahrudin, V. D. Wengi, and Noviandi, “Peran Internet of Things Dalam Analisa Data Dan Bisnis,” *Smart AI J.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.abivasi.id/index.php/SmartAI>
- [25] E. W. Pratama and A. Kiswantono, “Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime,” *JEECS (Journal Electr. Eng. Comput. Sci.)*, vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, 2023, doi: 10.54732/jeeecs.v7i2.21.

- [26] D. R. Adrian and H. Harmadi, "Pengaplikasian Alat Ukur Tinggi, Berat Badan, dan Penentuan Status Gizi pada Balita Berbasis ESP32 WROOM 32 melalui Telegram," *J. Fis. Unand*, vol. 13, no. 1, pp. 82–88, 2024, doi: 10.25077/jfu.13.1.82-88.2024.
- [27] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, "Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 60–66, 2023.
- [28] P. W. Rusimamto, R. Harimurti, Endryansyah, Y. Anistyasari, and L. Anifah, "Design and Implementation of Thermal Body System Employing Thermal Sensor MLX 90614 for Covid-19 Symptoms Early Detector," vol. 196, no. Ijcse, pp. 317–321, 2020, doi: 10.2991/aer.k.201124.058.
- [29] A. A. Wibowo, S. Syahririni, and A. Wisaksono, "Temperature And Speed Monitoring On Google Sheet-Based Motorcycle Discs," *J. Comput. Networks, Archit. High Perform. Comput.*, vol. 5, no. 2, pp. 735–742, 2023, doi: 10.47709/cnahpc.v5i2.2880.
- [30] U. Hidayati, I. Sayekti, B. Krishna, and ..., "Penerapan Teknologi Aeroponik Berbasis Iot Sebagai Usaha Budidaya Tanaman Sayuran Bagi Kelompok Ibu-Ibu Pkk Kelurahan Kramas ...," ... *Has. Penelit. dan ...*, pp. 1289–1301, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/Sentrikom/article/view/3426%0Ahttps://jurnal.polines.ac.id/index.php/Sentrikom/article/viewFile/3426/107811>
- [31] F. Gifari, A. Siswo, R. Ansori, and F. C. Hasibuan, "Pengembangan Motion Capture Lima Jari Dengan Algoritma Complementary Filter Development Of Five Finger Motion Capture With Complementary Filter Algorithm," *Bandung Univ. Telkom*, vol. 8, no. 6, pp. 12039–12047, 2021.
- [32] T. Ulfa Urbach, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Temperatur Pemanasan Zat Cair Menggunakan Sensor Inframerah MLX90614," *J. Fis. Unand*, vol. 8, no. 3, 2019.

- [33] A. Sudianto, Z. Jamaludin, A. A. A. Rahman, S. Novianto, and F. Muharrom, "Automatic Temperature Measurement and Monitoring System for Milling Process of AA6041 Aluminum Alloy using MLX90614 Infrared Thermometer Sensor with Arduino," *J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci.*, vol. 82, no. 2, pp. 1–14, 2021, doi: 10.37934/arfmts.82.2.114.
- [34] Melexis, *MLX90614 Datasheet Single and Dual Zone Infrared Thermometer in TO-39*. 2018. [Online]. Available: <https://www.melexis.com/en/product/mlx90614/digital-plug-play-infrared-thermometer-to-can>
- [35] A. Faza, A. Diamah, and M. Yusro, "Smart Box Pendekteksi Suhu Tubuh , Masker , dan," vol. 5, no. 1, pp. 23–30, 2022.
- [36] O. Berbasis, G. Wahyu, and R. Effendi, "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Luas Permukaan Kulit Menggunakan Konveyor dan Sensor Optik Berbasis Arduino," vol. 11, no. 1, 2022.
- [37] R. Muhamad, A. Rukmana, and H. Susilawati, "Implementasi Sistem Portable Kehadiran Mahasiswa Menggunakan NodeMCU Dan Sensor Fingerprint Berbasis IoT," *J. FUSE-Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 82–91, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uniga.ac.id/index.php/JFT/article/view/1514>
- [38] R. Berlianti and Fibriyanti, "Perancangan Alat Pengontrolan Beban Listrik Satu Fasa Jarak Jauh Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Arduino Mega," *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. Vol.5 No. 1, no. ISSN 2548-6888 print, ISSN 2548-9445, pp. 17–25, 2020.
- [39] M. A. S. Yudono, R. M. Faris, A. De Wibowo, M. Sidik, F. Sembiring, and S. F. Aji, "Fuzzy Decision Support System for ABC University Student Admission Selection," *Proc. Int. Conf. Econ. Manag. Account. (ICEMAC 2021)*, vol. 207, no. Icemac 2021, pp. 230–237, 2022, doi: 10.2991/aebmr.k.220204.024.
- [40] N. Putu, J. Pradnyawati, Y. Dri Handarkho, and P. Ardanari, "Implementasi Logika Fuzzy Metode Tsukamoto Berbasis Web

Untuk Prediksi Jumlah Produksi Jajan Banten.”

- [41] M. Zainudin and A. Amin, “Sistem Inferensi Fuzzy dari Faktor Risiko Sindrom Metabolik Untuk Prediksi Penyakit Ginjal Kronik,” 2021.
- [42] A. Wibowo and A. Drihananto, “Otomasi Peralatan Elektrik Dan Pemantauan Suhu Berbasis Iot Menggunakan Nodemcu Dan Blynk 2.0,” 2023. [Online]. Available: <https://blynk.cloud>
- [43] S. Maryam, E. Bu’ulolo, and E. Hatmi, “Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Tsukamoto Dalam Menentukan Harga Mobil Bekas,” *J. Informatics, Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–14, 2021, [Online]. Available: <https://djournals.com/jieeee/article/view/54%0Ahttps://djournals.com/jieeee/article/download/54/164>
- [44] Rida Deana, Didi Suhaedi, and Erwin Harahap, “Konstruksi Sistem Inferensi Fuzzy Menggunakan Subtractive Fuzzy C-Means pada Data Parkinson,” *Bandung Conf. Ser. Math.*, vol. 2, no. 1, pp. 51–58, 2022, doi: 10.29313/bcsm.v2i1.1837.
- [45] M. F. Rahman and F. Yanti, “Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Optimisasi Produksi Mebel Menggunakan Metode Mamdani,” *J. Inform. MULTI*, vol. 1, no. 3, pp. 172–181, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.publikasitecno.id/index.php/jim>
- [46] V. M. Nasution and G. Prakarsa, “Optimasi Produksi Barang Menggunakan Logika Fuzzy Metode Mamdani,” *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 4, no. 1, p. 129, Jan. 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1719.
- [47] R. . Imawan Putra, M. G. . Husada, and A. N. Hermana, “Pengukuran dan Perolehan Error Pada Sistem Monitoring Kondisi Ban Kendaraan,” *Semin. Nasioanal FTI*, vol. X, no. X, pp. 1–7, 2022.
- [48] Z. Arifin, J. Herliani, and Hamdani, “Peramalan Pengangguran Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Di Provinsi Kalimantan Timur,” *Pros. Semin. Nas. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 24–29, 2019, [Online]. Available: <https://e->

journals.unmul.ac.id/index.php/SAKTI/article/view/1943

- [49] R. Raheliya Br Ginting, N. Sinuhaji, S. I. Dewi, and M. B. Ginting, “Aplikasi Logika Fuzzy untuk Penentuan Beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Pada ITB Indonesia,” *MEANS (Media Inf. Anal. dan Sist.*, vol. 6, no. 1, pp. 71–79, 2021, doi: 10.54367/means.v6i1.1263.
- [50] A. D. Putri and A. Maulana, “Penerapan Metode Mamdani Fuzzy Logic untuk Menentukan Pembelian Alat Berat dalam Proyek Migas di PT SMOE Indonesia,” *J. Desain Dan Anal. Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 138–149, 2023, doi: 10.58520/jddat.v2i2.32.
- [51] S. C. Sihombing and A. Dahlia, “Implementation of Fuzzy Mamdani Method to Classify Public Health Level in North Sumatra Province,” *ComTech Comput. Math. Eng. Appl.*, vol. 13, no. 2, pp. 97–110, 2022, doi: 10.21512/comtech.v13i2.7753.
- [52] I. W. Suriana, I. G. A. Setiawan, and I. M. S. Graha, “Rancang Bangun Sistem Pengaman Kotak Dana Punia berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Aplikasi Telegram,” *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 75–84, 2022, doi: 10.38043/telsinas.v4i2.3198.
- [53] A. Sanaris and I. Suharjo, “Prototype Alat Kendali Otomatis Penjemur Pakaian Menggunakan NodeMCU ESP32 Dan Telegram Bot Berbasis Internet of Things (IOT),” *J. Prodi Sist. Inf.*, no. 84, pp. 17–24, 2020.
- [54] Y. Athallah Muhammad Yazid and R. Agung Permana, “Rancang Bangun Prototype Monitoring Lampu Jalan Secara Otomatis Menggunakan Mikrokontroller ESP32 Dan Api Bot Telegram,” *J. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 12–19, 2022, doi: 10.51998/jti.v8i1.477.
- [55] M. G. PRAKASA and N. SYAFITRI, “Sistem Presensi dengan Fitur RFID dan Capture Citra menggunakan NodeMCU dan ESP32-Cam,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*

