

SKRIPSI

**MESIN PENCUCI BIJI KOPI OTOMATIS
MENGUNAKAN SENSOR *TURBIDITY* SKALA
INDUSTRI RUMAH TANGGA**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Putu Diva Yustiadi

NIM. 2115344006

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji keandalan mesin pencuci biji kopi otomatis skala industri rumahan untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi. Mesin ini ditenagai oleh mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor kekeruhan (*turbidity*), *Water Level Control* (WLC), dan aktuator. Sistem secara otomatis akan mengulangi siklus pencucian hingga air mencapai standar kekeruhan 69,7 NTU, di mana seluruh data proses dicatat secara *real-time* ke Google Spreadsheet. Hasil pengujian menunjukkan mesin bekerja sesuai rancangan dan secara konsisten memerlukan tiga siklus pencucian untuk mencapai target. Analisis keandalan menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menghasilkan nilai 7,498%, yang membuktikan mesin ini sangat andal dengan akurasi dan konsistensi yang tinggi.

Kata Kunci: Keandalan Mesin, Mesin Pencuci Biji Kopi, Pencuci Biji Kopi, Sensor *Turbidity*.

ABSTRACT

This research aims to design and test the reliability of an automatic coffee bean washing machine on a home-scale to improve efficiency and consistency. This machine is powered by an ESP32 microcontroller integrated with a turbidity sensor, Water Level Control (WLC), and actuators. The system will automatically repeat the washing cycle until the water reaches the turbidity standard of 69.7 NTU, where all process data is recorded in real-time to Google Spreadsheet. The test results show that the machine works as designed and consistently requires three washing cycles to reach the target. Reliability analysis using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) method produces a value of 7.498%, which proves this machine is very reliable with high accuracy and consistency.

Keywords: Coffee Bean Washer, Coffee Bean Washing Machine, Machine Reliability, Turbidity Sensor.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SEMINAR SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Biji Kopi Berkualitas	6
2.2.3 Pencucian Biji Kopi	8
2.2.4 Kekeruhan Air.....	9
2.2.5 Sensor Kekeruhan Air.....	9
2.2.5 <i>Solenoid Valve</i>	10

2.2.6 Sistem Otomatis.....	11
2.2.7 Relay.....	12
2.2.8 <i>Water Level Control (WLC)</i>	13
2.2.9 <i>Data Logger</i>	14
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Pembuatan Sistem.....	22
3.1.1 Pembuatan <i>Hardware</i>	22
3.2 Alat dan Bahan	38
3.3 Analisa Hasil Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Hasil Implementasi Sistem.....	42
4.1.1 Implementasi <i>Hardware</i>	42
4.1.2 Implementasi <i>Software</i>	42
4.2 Hasil Pengujian Sistem	44
4.2.1 Pengujian Komponen	44
4.2.2 Pengujian Alat	46
4.2.3 Pengujian <i>Data Logger</i>	53
4.2.4 Pengujian Parameter-parameter yang Diamati	55
4.3 Pembahasan Hasil Implementasi dan Pengujian.....	56
BAB V PENUTUP.....	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Turbidity sensor[13]	10
Gambar 2. 2 Solenoid valve ½ inch 220v	11
Gambar 2. 3 (a) Modul relay 4 channel, (b) Relay 220v.....	12
Gambar 2. 4 WLC omron 61f-gp-n[17]	14
Gambar 2. 5 Logo Google Sheets	15
Gambar 2. 6 ESP32	15
Gambar 2. 7 MCB	18
Gambar 3. 1 Blok diagram rancangan perangkat	23
Gambar 3. 2 Wiring diagram.....	24
Gambar 3. 3 Flowchart kerja sistem.....	28
Gambar 3. 4 Pembuatan prototipe mesin pencuci biji kopi	29
Gambar 3. 5 Penyaring pada tabung pencuci biji kopi.....	29
Gambar 3. 6 Kotak panel.....	30
Gambar 3. 7 Perakitan komponen pada pintu kotak panel.....	31
Gambar 3. 8 Sensor turbidity dan probe WLC.....	31
Gambar 3. 9 Pemasangan solenoid valve outlet.....	32
Gambar 3. 10 Tampilan database pada spreadsheet	37
Gambar 4. 1 Mesin Pencuci Biji Kopi Otomatis.....	42
Gambar 4. 2 Tampilan antarmuka Google Spreadsheet	43
Gambar 4. 3 Grafik Sampel Penggilingan Kopi Kopi Panca Perkasa.....	46
Gambar 4. 4 Grafik sampel Pt. Putra Bhineka Perkasa.....	47
Gambar 4. 5 Grafik kekeruhan air terhadap waktu	50
Gambar 4. 6 Grafik error %.....	52
Gambar 4. 7 Grafik NTU akhir pengujian	53
Gambar 4. 8 Monitoring data di google spreadsheet.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Klasifikasi MAPE[22]	19
Tabel 3. 2 Pin komponen ke pin ESP32	25
Tabel 3. 3 Penggunaan pin input relay 4 channel	26
Tabel 3. 4 Pin relay 220V solenoid inlet	26
Tabel 3. 5 Pin relay 220V solenoid outlet	26
Tabel 3. 6 Pin relay 220V motor AC	27
Tabel 3. 7 Penggunaan pin WLC.....	27
Tabel 3. 8 <i>Alat yang diperlukan</i>	38
Tabel 3. 9 Komponen kontrol.....	38
Tabel 3. 10 Bahan pembuatan prototipe	39
Tabel 3. 11 Interpretasi nilai MAPE[22]	41
Tabel 4. 1 Pengujian power supply Hi-Link 5VDC No Load	44
Tabel 4. 2 Pengujian power supply Hi-Link 5VDC dengan beban	44
Tabel 4. 3 Pengujian sensor turbidity	45
Tabel 4. 4 Sampel NTU di Penggilingan Kopi Panca Perkasa.....	46
Tabel 4. 5 Sampel NTU di Pt. Putra Bhineka Perkasa	47
Tabel 4. 6 Penentuan waktu mengaduk	49
Tabel 4. 7 Data hasil pengujian	50
Tabel 4. 8 Error pengujian.....	52
Tabel 4. 9 Klasifikasi MAPE[22]	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Merangkai komponen pada PCB	62
Lampiran 2: Merangkai komponen papan panel	62
Lampiran 3: Merangkai komponen pada pintu kotak panel	62
Lampiran 4: Proses pengupasan kulit ceri buah kopi	63
Lampiran 5: Biji kopi yang sudah terkupas dan akan dicuci	63
Lampiran 6: Pengambilan data sampel kekeruhan air	63
Lampiran 7: Pengambilan data untuk menentukan waktu mengaduk	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin banyak kebutuhan manusia terutama dalam hal kebutuhan rumah tangga semakin banyak pula kegiatan manusia, maka semua pekerjaan dan kebutuhan manusia harus dapat dipenuhi secara cepat dan bahkan instan[1]. Kopi merupakan salah satu hasil komoditas perkebunan yang cukup tinggi diantara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa Negara serta komoditas ekspor terbesar setelah kelapa dan kelapa sawit di Indonesia[2]. Kopi tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia[3].

Peningkatan produksi kopi di Indonesia saat ini masih terhambat oleh rendahnya mutu biji kopi yang dihasilkan sehingga mempengaruhi pengembangan produksi akhir biji kopi[4]. Buah kopi pasca panen perlu segera diolah menjadi produk akhir agar tidak mempengaruhi cita rasa dan kebersihan kopi[5]. Salah satu penanganan pasca panen yang jika dilakukan secara tidak tepat dapat memengaruhi cita rasa dan kebersihan kopi yaitu pada saat pencucian. Pencucian biji kopi bertujuan untuk menghilangkan sisa lendir yang menempel pada biji kopi hasil fermentasi[6]. Oleh karena itu, untuk memperoleh biji kopi yang bermutu baik maka diperlukan proses pencucian pasca panen yang tepat.

Untuk menghasilkan biji kopi yang memiliki kualitas yang baik, dibutuhkan suatu alat bantu untuk mempermudah proses pencucian biji kopi pasca panen. Alat ini menggunakan tabung pencucian dengan puli, sabuk V-belt, solenoid valve, mikrokontroler ESP32 terhubung internet, spreadsheet sebagai data logger, WLC untuk kontrol volume air, LCD untuk menampilkan informasi, serta sensor kekeruhan sebagai pendeteksi, sehingga proses pencucian manual dapat digantikan secara otomatis.

Dengan adanya mesin ini nantinya diharapkan proses pencucian biji kopi dapat dilakukan secara otomatis. Mesin ini nantinya akan digunakan oleh industri rumah tangga khususnya dalam hal pencucian biji kopi agar dapat membantu meningkatkan produksi dari pengusaha kopi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka masalah yang muncul yaitu :

1. Bagaimana membuat mesin pencuci biji kopi otomatis menggunakan ESP32, sensor *turbidity*, WLC, dan mesin listrik ?
2. Bagaimana cara kerja dari mesin pencuci biji kopi otomatis menggunakan sensor *turbidity* dan mesin listrik skala industri rumah tangga?
3. Bagaimana keandalan mesin pencuci biji kopi otomatis dalam mencapai kekeruhan air standar hasil pencucian biji kopi?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, ruang lingkup penelitian dibatasi dan difokuskan pada:

1. Mesin ini masih dalam bentuk skala industri rumah tangga dengan kapasitas maksimal dibatasi 3kg.
2. Mesin ini masih dikontrol menggunakan *mikrokontroler* ESP32.
3. Pengisian dan pengambilan biji kopi masih dilakukan secara manual.
4. Mesin pencuci biji kopi otomatis ini belum dapat dikontrol dan dipantau menggunakan perangkat lunak.
5. Mesin pencuci biji kopi ini hanya berfokus ke pemodelan mesin dan sistem kontrol.
6. Kecepatan putaran motor tidak diperhitungkan.
7. Penelitian ini hanya mencari keandalan mesin saja dan tidak mencari efisiensi serta efektivitas.
8. Standar kekeruhan air yang digunakan pada mesin ini masih menggunakan standar kekeruhan air berdasarkan pengambilan sampel di dua pabrik kopi.
9. LCD yang digunakan untuk menampilkan informasi pada mesin pencuci biji kopi ini masih menggunakan LCD I2C 16x2.
10. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kekeruhan air masih menggunakan sensor *turbidity* dfrobot SEN0189.
11. WLC yang digunakan pada penelitian ini masih menggunakan WLC Omron 61F-GP-N.
12. Motor listrik yang digunakan sebagai penggerak masih menggunakan *single phase AC motor* dari brand Bison tipe B-200.

13. PCB yang digunakan sebagai tata letak komponen masih menggunakan PCB bolong.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari pembuatan mesin pencuci biji kopi ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk dapat membuat mesin pencuci biji kopi otomatis menggunakan sensor *turbidity*, WLC, dan mesin listrik.
2. Untuk dapat mengetahui cara kerja mesin pencuci biji kopi otomatis menggunakan sensor *turbidity* dan mesin listrik skala industri rumah tangga.
3. Untuk mengetahui keandalan mesin pencuci biji kopi otomatis dalam mencapai kekeruhan air standar hasil pencucian biji kopi.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil pembuatan alat ini diharapkan dapat membantu industri rumah tangga, sehingga mencuci biji kopi dapat dilakukan secara otomatis dan dapat membantu meningkatkan produksi dari pengusaha kopi pada industri rumah tangga.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun sebagai pedoman dalam penyusunan laporan akhir, dengan rincian sebagai berikut:

1. **BAB I PENDAHULUAN** Bab ini menguraikan latar belakang masalah yang mendasari penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini.
2. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA** Bab ini berisi landasan teori yang relevan dengan topik penelitian, serta tinjauan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan mesin pencuci biji kopi otomatis dan teknologi pendukungnya, seperti sensor kekeruhan air, solenoid valve, dan mikrokontroler.
3. **BAB III METODE PENELITIAN** Bab ini menjelaskan pendekatan yang digunakan dalam penelitian, meliputi rancangan sistem (rancangan *hardware* dan *software*), langkah-langkah pembuatan alat, alat dan bahan yang digunakan, serta metode analisa hasil penelitian yang akan dilakukan untuk menguji keandalan dan kinerja mesin.

4. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** Bab ini akan memaparkan hasil dari pengujian dan eksperimen yang telah dilakukan. Hasil tersebut akan dibahas secara mendalam, termasuk analisis kinerja alat, perbandingan dengan standar yang ditetapkan, dan interpretasi data yang diperoleh.
5. **BAB V PENUTUP** Bab ini berisi kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian dan pembahasan hasil, serta memberikan saran-saran untuk pengembangan atau penelitian lebih lanjut di masa mendatang.
 - a. **5.1. Kesimpulan** Bagian ini menyajikan poin-poin penting dan ringkasan dari temuan penelitian.
 - b. **5.2. Saran** Bagian ini berisi rekomendasi atau usulan untuk penelitian selanjutnya atau pengembangan lebih lanjut dari alat yang telah dibuat.
6. **DAFTAR PUSTAKA** Berisi daftar referensi dan sumber-sumber yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.
7. **LAMPIRAN** Berisi data pendukung atau informasi tambahan yang relevan dengan skripsi yang penulis buat.

BAB V

PENUTUP

Bab ini menyajikan kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan lebih lanjut dari mesin pencuci biji kopi otomatis yang telah berhasil dibuat.

5.1 Kesimpulan

1. Implementasi mesin telah berhasil dilakukan dengan mengintegrasikan komponen mekanis dan sistem kontrol elektronik. Mesin ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama yang mengendalikan seluruh komponen seperti motor listrik, *solenoid valve*, WLC (*Water Level Control*), dan sensor *turbidity* untuk menjalankan proses pencucian secara otomatis.
2. Cara kerja mesin berjalan sesuai dengan logika yang dirancang, di mana proses pencucian dimulai dengan pengisian air, dilanjutkan dengan pengadukan selama 2 menit, melakukan pengukuran tingkat kekeruhan air, dan diakhiri dengan pengurasan air. Jika tingkat kekeruhan belum mencapai standar yang ditetapkan (69,74 NTU), sistem akan secara otomatis mengulang siklus pencucian hingga target tercapai. Data setiap siklus berhasil direkam secara *real-time* ke Google Spreadsheet, membuktikan fungsionalitas fitur *data logger* dan *monitoring*.
3. Keandalan mesin dalam mencapai standar kekeruhan air yang ditetapkan sangat tinggi. Berdasarkan lima kali pengujian, diperoleh nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) sebesar 7,498%. Menurut standar klasifikasi nilai MAPE, nilai ini masuk dalam kategori "Sangat Andal", yang membuktikan bahwa mesin memiliki akurasi dan konsistensi yang tinggi untuk menghasilkan cucian biji kopi sesuai standar.

5.2 Saran

Meskipun mesin telah berfungsi dengan baik dan andal, terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk penelitian di masa depan:

1. Peningkatan Kapasitas dan Skala: Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan mesin ini untuk skala industri yang lebih besar, tidak hanya terbatas pada kapasitas 3 kg, dengan menggunakan material yang lebih kokoh dan motor penggerak berdaya lebih tinggi.

2. Kontrol dan Pemantauan Jarak Jauh: Mesin dapat dikembangkan agar bisa dikontrol dan dipantau sepenuhnya melalui aplikasi *mobile* atau *dashboard web*, sehingga pengguna dapat mengoperasikan dan memantau status mesin dari mana saja.
3. Analisis Efisiensi dan Efektivitas: Penelitian di masa depan dapat berfokus pada analisis efisiensi penggunaan air dan listrik, serta efektivitas mesin dalam meningkatkan kualitas akhir biji kopi (cita rasa) dibandingkan dengan metode manual.
4. Pengembangan Pengisian dan Pengambilan Otomatis: Untuk meningkatkan otomatisasi, sistem dapat dilengkapi dengan mekanisme pengisian biji kopi mentah dan pengambilan biji kopi bersih secara otomatis, misalnya menggunakan konveyor atau sistem pneumatik.
5. Pemilihan Bahan: Sebaiknya menggunakan material yang bersifat food grade agar lebih aman digunakan dalam proses pengolahan biji kopi.
6. Penambahan Pompa: Perlu ditambahkan pompa untuk proses pengisian dan pengurasan air, sehingga aliran air dapat berlangsung lebih cepat, efisien, dan meningkatkan efektivitas waktu kerja alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Syakir Dan E. Surmaini, “Perubahan Iklim Dalam Konteks Sistem Produksi Dan Pengembangan Kopi Di Indonesia,” *Jppp*, Vol. 36, No. 2, Hlm. 77–90, Des 2017, Doi: 10.21082/Jp3.V36n2.2017.P77-90.
- [2] P. Rahardjo, *Berkebun Kopi*. Penebar Swadaya, 2017.
- [3] D. Anggraini, “Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Kopi Dalam Persepektif Ekonomi Islam Studi Pada Usaha Tani Kopi Di Muara Jaya Ii, Kecamatan Kebun Tebu, Lampung Barat,” *Jurnal Az Zahra: Jurnal Ekonomi Dan Bisnis Islam*, Vol. 1, No. 1, Art. No. 1, Agu 2023.
- [4] M. P. Sirappa, R. Heryanto, Dan Y. R. Silitonga, “Standardisasi Pengolahan Biji Kopi Berkualitas,” *Warta Bsip Perkebunan*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 18–25, Apr 2024.
- [5] P. Rahardjo, *Kopi*. Penebar Swadaya Grup.
- [6] D. Saifullah, N. Nurdin, Dan I. Mawardi, “Pembuatan Mesin Pencuci Biji Kopi Type Batch Dengan Daya 5,5 Hp,” *Jurnal Mesin Sains Terapan*, Vol. 3, No. 1, Art. No. 1, Mar 2019, Doi: 10.30811/Jmst.V3i1.877.
- [7] S. Budiyo Dan F. Sutrisno, “Perancangan Alat Pencuci Dan Pengering Biji Kopi Model Drum Berputar Dengan Penggerak Kaki Kapasitas 40 Kg/Jam,” *Mekanik*, Vol. 4, No. 1, Hlm. 329174, Mei 2018.
- [8] R. P. Simbolon, T. Y. A. Situmorang, S. Sebayang, Dan K. Tarigan, “Rancang Bangun Mesin Pencuci Kopi Menggunakan Tuas Dengan Sistem Turbulensi 50 Kg/Jam,” *Jurnal Teknologi Mesin Uda*, Vol. 4, No. 1, Art. No. 1, Jun 2023, Doi: 10.46930/Teknologimesin.V4i1.3341.
- [9] “Sni_2907-2008_Biji_Kopi-1.Pdf.”. Tersedia Pada: https://www.cctcid.com/Wp-Content/Uploads/2018/08/Sni_2907-2008_Biji_Kopi-1.Pdf
- [10] H. Rizqiati, F. Arifan, S. Susanti, Dan M. Murni, “Penguatan Teknologi Tepat Guna Pascapanen Untuk Meningkatkan Produktifitas Pengolahan Kopi Gurilang Desa Gunungsari Kecamatan Pulosari Kabupaten Pematang, ” *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Undip 2020*, Vol. 1, No. 1, Art. No. 1, Des 2020, Diakses: 10 Juli 2025. [Daring]. Tersedia Pada: <https://proceedings.undip.ac.id/index.php/semnasppm2019/article/view/441>
- [11] M. Mutiara, A. Rustam, Dan N. Nurindah, “Cita Rasa Khas Kopi Topidi Melalui Proses Panen Hingga Metode Pengolahan Dry Process Dan Full Wash,” *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, Vol. 3, No. 1, Art. No. 1, Apr 2023, Doi: 10.24252/Filogeni.V3i1.20678.
- [12] M. Anggia Dan R. Wijayanti, “Studi Proses Pengolahan Kopi Metode Kering Dan Metode Basah Terhadap Rendemen Dan Kadar Air,” *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmiah Eksakta*, Vol. 2, No. 2, Art. No. 2, Jul 2023, Doi: 10.47233/Jppie.V2i2.996.
- [13] “Wiki.Dfrobot.Com/Turbidity_Sensor_Sku_Sen0189.”. Tersedia Pada: https://wiki.dfrobot.com/Turbidity_Sensor_Sku_Sen0189
- [14] A. A. Aziz, “Analisis Kekuatan Pada Prototype Standar Tengah Hidrolik Sepeda Motor Anti Maling,” Des 2019. [Daring]. Tersedia Pada: <https://repository.umsida.ac.id/handle/123456789/31263>
- [15] M. Saleh Dan M. Haryanti, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” *Jte*, Vol. 8, No. 2, Hlm. 143398, 2017, Doi: 10.22441/Jte.V8i2.1601.

- [16] D. A. O. Turang, “Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile,” *Seminar Nasional Informatika (Semnasif)*, Vol. 1, No. 1, Art. No. 1, Des 2015. Tersedia Pada: <Http://Www.Jurnal.Upnyk.Ac.Id/Index.Php/Semnasif/Article/View/1368>
- [17] “61f-Gp-N[] Floatless Level Switch (Compact, Plug-In Type)/Catalog | Omron Industrial Automation Indonesia.”. Tersedia Pada: <Https://Www.Omron.Co.Id/Products/Family/245/Download/Catalog.Html>
- [18] M. U. Akhtar Dan M. T. Iqbal, “Development And Evaluation Of An Arduino-Based Data Logging System Integrated With Microsoft Excel For Monitoring On-Grid Photovoltaic Systems,” *European Journal Of Electrical Engineering And Computer Science*, Vol. 8, No. 3, Art. No. 3, Jun 2024, Doi: 10.24018/Ejece.2024.8.3.622.
- [19] “Esp32_Datasheet_En.Pdf.” Diakses: 11 Juli 2025. [Daring]. Tersedia Pada: Https://Www.Espressif.Com/Sites/Default/Files/Documentation/Esp32_Datasheet_En.Pdf
- [20] R. C. N. Santi Dan S. Eniyati, “Implementasi Statistik Dengan Database Mysql,” *Dinamik*, Vol. 20, No. 2, Art. No. 2, Jul 2015, Doi: 10.35315/Dinamik.V20i2.4645.
- [21] A. Hajjah Dan Y. N. Marlim, “Analisis Error Terhadap Peramalan Data Penjualan,” *Tc*, Vol. 20, No. 1, Hlm. 1–9, Feb 2021, Doi: 10.33633/Tc.V20i1.4054.
- [22] I. Nabillah Dan I. Ranggadara, “Mean Absolute Percentage Error Untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut,” *Joins (Journal Of Information System)*, Vol. 5, No. 2, Art. No. 2, Nov 2020, Doi: 10.33633/Joins.V5i2.3900.
- [23] R. Y. Irawan, W. L. Y. Saptomo, Dan S. Setiyowati, “Penerapan Metode Double Exponential Smoothing Untuk Peramalan Tingkat Indeks Pembangunan Manusia Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Provinsi Jawa Tengah,” *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi (Tikomsin)*, Vol. 7, No. 2, Art. No. 2, Des 2019, Doi: 10.30646/Tikomsin.V7i2.437.
- [24] E. Khaerunnisa Dan A. S. Pamungkas, “Profil Kemampuan Literasi Statistis Mahasiswa Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,” *Ajpm*, Vol. 6, No. 2, Hlm. 246, Des 2017, Doi: 10.24127/Ajpm.V6i2.970.