

Rancang Bangun Sistem Proteksi Over Voltage Dan Under Voltage Pada Air Conditioner Dengan Sensor ZMPT101B Dan Kontrol Berbasis Iot Dengan NodeMCU ESP8266

¹Ahmad Rafly Azhary, ²Gunadi Tjahjono, ³ Ichsan Fahmi

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui, Kupang

1ahmadraflyazhary30@gmail.com

Abstract - This research aims to design and build an overvoltage and undervoltage protection system for an air conditioner (AC) using the ZMPT101B sensor and the NodeMCU ESP8266 based on the Internet of Things (IoT). This system functions to detect electrical voltage conditions in real time and automatically cut off the power supply when an abnormal voltage occurs, as well as enabling remote monitoring and control through an IoT application. The method used is the Research and Development (R&D) method through the following stages: potential and problems, information gathering, product design, design validation, design revision, and product testing. The results of the study indicate that: (1.) Stages in designing an overvoltage and undervoltage protection system for an air conditioner using the ZMPT101B sensor and IoT-based control with the NodeMCU ESP8266. (2.) Based on the research results, the average output voltage of the ZMPT101B sensor is 208.47 V. (3.) Based on the research results, the average output voltage of the Multimeter is 208.63 V. (4.) Based on the research results, there is a difference between the output value of the ZMPT101B sensor and the Multimeter with an average difference of 0.16 V. (5.) Based on the research results, the average delay time of the ZMPT101B sensor is 0.029 s. (6.) Based on the research results, the average delay time of the Stopwatch is 0.052 s. (7.) Based on the research results, there is a difference between the delay time of the ZMPT101B sensor and the Stopwatch with an average difference of 0.023 s.

Keywords – Protection, Voltage, ESP8266, ZMPT101B, Internet of Things

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem proteksi over voltage dan under voltage pada Air Conditioner (AC) menggunakan sensor ZMPT101B dan NodeMCU ESP8266 berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini berfungsi untuk mendeteksi kondisi tegangan listrik secara real-time dan memutus suplai listrik secara otomatis saat terjadi tegangan tidak normal, serta memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh melalui aplikasi IoT. Metode yang digunakan adalah metode *Research and Development* (R&D) melalui tahapan-tahapan yaitu: potensi dan masalah, mengumpulkan informasi, desain produk, validasi desain, revisi desain, uji coba produk. Pengaruh Example Non Example sebagai Metode pembelajaran terhadap hasil belajar sebesar 10,42%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1.) Tahapan dalam merancang Sistem Proteksi Over Voltage Dan Under Voltage Pada Air Conditioner Dengan Sensor ZMPT101B Dan Kontrol Berbasis IoT Dengan NodeMCU ESP8266. (2.) Berdasarkan hasil penelitian rerata tegangan output sensor ZMPT101B adalah sebesar 208,47 V. (3.) Berdasarkan hasil penelitian rerata tegangan output Multimeter adalah sebesar 208,63 V. (4.) Berdasarkan hasil penelitian terdapat perbedaan antara nilai output dari sensor ZMPT101B dengan Multimeter dengan selisih perbedaan rata-rata sebesar 0,16 V. (5.) Berdasarkan hasil penelitian rerata delay waktu dari sensor ZMPT101B adalah 0.029 s. (6.) Berdasarkan hasil penelitian rerata delay waktu dari Stopwatch adalah 0.052 s. (7.) Berdasarkan hasil penelitian terdapat perbedaan antara delay waktu dari sensor ZMPT101B dengan Stopwatch dengan selisih perbedaan rata-rata sebesar 0.023 s.

Kata kunci – Proteksi, Tegangan, ESP8266, ZMPT101B, Internet of Things

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu energi yang paling banyak sangat dibutuhkan manusia diseluruh dunia, penggunaan energi listrik sangat bervariasi seperti halnya di rumah tangga, industri, tempat-tempat umum, pendidikan, serta peralatan yang menggunakan energi listrik harus memiliki kecukupan serta kestabilan energi listrik untuk meminimalisir gangguan [1].

Salah satu gangguan yang terjadi adalah gangguan Over-Under Voltage. Gangguan Over-Under Voltage sering terjadi pada peralatan listrik yang mengubah energi listrik menjadi mekanik atau kimia [2]. Gangguan overvoltage diakibatkan sistem terlalu lemah untuk pengaturan tegangan yang diinginkan dan pelepasan beban besar, sedangkan undervoltage disebabkan oleh pengkawatan yang kurang baik, jarak transformator yang jauh dari konsumen dan pembebanan yang berlebih. Adapun imbas dari naik turunnya tegangan listrik menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik karena melebihi batas toleransi tegangan nominalnya, maka hal itu dapat mengganggu kinerja peralatan tersebut [3].

Gangguan ini jika terhubung pada peralatan listrik akan mempengaruhi kinerja peralatan listrik tersebut dan mengurangi umur peralatan tersebut. Dalam standart Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) standart UnderVoltage yaitu -10% dan OverVoltage yaitu +5% [4].

Salah satu alat elektronik yang sering mengalami gangguan atau kerusakan adalah Air Conditioner (AC) dimana AC merupakan suatu teknologi yang berguna untuk mengkondisikan suhu dan kualitas udara di dalam ruangan, termasuk tingkat kelembapan dan sirkulasi udara [5]. Ketidakstabilan tegangan dapat menyebabkan kerusakan komponen seperti kompresor dan modul kontrol. Oleh karena itu, diperlukan sistem proteksi yang mampu memonitor dan mengendalikan tegangan secara otomatis.

Internet of Things merupakan sebuah gagasan yang bertujuan untuk memperluas fungsi dari konektivitas internet yang terhubung secara terus-menerus. Adapun kegunaan yang dimiliki seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata [6]. Dengan memanfaatkan NodeMCU ESP8266 dan sensor ZMPT101B, sistem proteksi dapat dikembangkan menjadi lebih efektif dan efisien.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan secara akurat adalah sensor ZMPT101B, yang memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan AC dengan presisi tinggi, sehingga memungkinkan sistem untuk melakukan tindakan protektif secara real-time [7].

Platform NodeMCU ESP8266 dapat digunakan sebagai unit pengendali yang terhubung ke jaringan internet, dengan adopsi teknologi IoT. NodeMCU memiliki fungsi yang sama seperti Arduino, walaupun dengan integrated circuit (IC), general port input output (GPIO), serta bahasa pemrograman yang digunakan terdapat berbagai perbedaan tetapi memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mengontrol suatu sistem [8].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem proteksi overvoltage dan undervoltage berbasis IoT pada

AC yang mampu mendeteksi, memutus, serta memantau tegangan secara real-time.

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang di atas kemudian muncul ide untuk membuat sebuah Penelitian ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Proteksi Over Voltage Dan Under Voltage Pada Air Conditioner Dengan Sensor ZMPT101B Dan Kontrol Berbasis Iot Dengan NodeMCU ESP8266”.

II. LANDASAN TEORI

1. Air Conditioner

Air Conditioner (AC) merupakan suatu teknologi yang berguna untuk mengkondisikan suhu dan kualitas udara di dalam ruangan, termasuk tingkat kelembapan dan sirkulasi udara [5]. Terdapat tiga komponen utama AC yang bila rusak, akan mengakibatkan kerja tak optimal atau bahkan AC mati. Ketiga komponen utama tersebut adalah kompresor, kondensor, dan modul PCB.

Penyebab rusaknya ketiga komponen utama AC ini salah satunya adalah tegangan tidak stabil. Tegangan listrik yang tiba-tiba turun mempengaruhi kerja hampir seluruh perangkat dalam sebuah AC. Kompresor mengambil peranan utama pada AC, di dalam kompresor inilah terdapat motor yang menggerakkan sirkulasi pendingin (*refrigerant*) dan menghisap panas. Meskipun AC baru, tegangan listrik yang tak sesuai mengakibatkan kompresor yang sangat peka terhadap arus dan tegangan listrik lebih mudah rusak. Selain kompresor, rangkaian PCB pun mendapat dampak akibat dari tegangan listrik tak stabil ini. Pasalnya, modul PCB merupakan tempat rangkaian kelistrikan yang berperan mengatur semua urusan kelistrikan pada AC. Perannya sudah dimulai dari pengaturan arus listrik yang masuk saat AC pertama dinyalakan. Tegangan listrik tak stabil tentu mempengaruhi seluruh komponen pada rangkaian kelistrikan ini.

2. Sistem Control

Sistem kontrol otomatis (*automation control system*) adalah seperangkat alat mekanik atau elektronik yang mengatur perangkat atau sistem lain dengan cara loop kontrol. Biasanya terkomputerisasi dan berjalan secara otomatis. Sistem kontrol otomatis sering digunakan untuk meningkatkan produksi, efisiensi dan keamanan di banyak bidang termasuk pertanian, pabrik kimia, pabrik kertas, kontrol kualitas, kontrol boiler, pembangkit listrik, pembangkit listrik tenaga nuklir, kontrol lingkungan, pabrik pengolahan air, pabrik pengolahan limbah, makanan dan pengolahan makanan, logam dan tambang, manufaktur farmasi, pabrik pemurnian gula dan lain-lain. [9].

3. Internet of Things

Internet of Things merupakan sebuah gagasan yang bertujuan untuk memperluas fungsi dari konektivitas internet yang terhubung secara terus-menerus. Adapun kegunaan yang dimiliki seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata [6]. Dalam konteks proteksi tegangan AC, IoT memungkinkan NodeMCU ESP8266 mengirimkan data hasil pembacaan sensor ZMPT101B ke server cloud serta menampilkan informasi tegangan kepada pengguna melalui aplikasi Blynk. Dengan memanfaatkan koneksi internet melalui WiFi, sistem dapat

pengendalian dapat dilakukan dari jarak jauh.

4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil ("special purpose computers") di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial dan paralel, Port input/output, ADC. Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program. Mikrokontroler terdiri dari random access memory (RAM), read only memory (ROM) serta port input output yang saling terkoneksi [10].

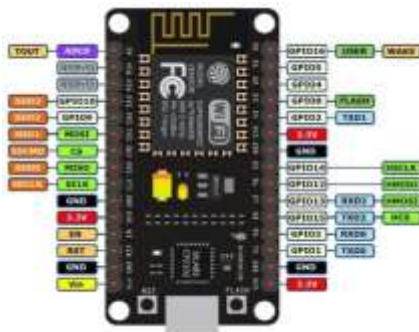


Gambar 2. Mikrokontroler

5. NodeMCUESP8266

NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat opensource. Terdiri dari perangkat keras berupa System On Chip ESP8266 dari ESP8266 buatan Espressif System. Dimana NodeMCU yang merupakan board elektronik yang berbasis chip ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (WiFi) [11].

NodeMCU Esp8266 ini merupakan sebuah mikrokontroler berbasis WiFi yang handal dan hemat energi ini dimana mampu menghubungkan perangkat elektronik ke internet atau jaringan lokal, sehingga memungkinkan untuk diakses dan dikontrol dari jarak jauh melalui perangkat lain seperti smartphone atau komputer [12]. NodeMCU memiliki fungsi yang sama seperti Arduino, walaupun dengan integrated circuit (IC), general port input output (GPIO), serta bahasa pemrograman yang digunakan terdapat berbagai perbedaan tetapi memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mengontrol suatu sistem [8].



Gambar 3 NodeMCU ESP8266

6. Sensor Tegangan ZMPT101B

Modul Sensor ZMPT101B merupakan sensor yang digunakan untuk membaca tegangan arus AC. Sensor ini terdiri dari trafo step down yang diumpamakan pada

akan menghasilkan pembacaan nilai sinyal analog. Sensor ZMPT101B terdiri atas ultra micro voltage transformer merupakan sensor tegangan yang berukuran kecil, memiliki akurasi tinggi dan konsistensi pengukuran yang baik [13].



Gambar 1 Sensor ZMPT101B

7. Relay

Relay merupakan komponen elektronik yang berfungsi seperti saklar. Namun, yang membedakan relay dengan saklar adalah pada metode pengaktifannya. Saklar untuk memutus atau menyambung arus dengan cara menekan saklar tersebut secara mekanik, sedangkan relay untuk memutus atau menyambung arus melalui coil secara elektromagnetik.



Gambar 4 Relay

8. LCD Liquid Crystal Display

Liquid Crystal Display (LCD) yang digunakan di proyek kali ini sebagai media untuk menampilkan ketika terjadi over, under dan normal voltage adalah LCD 16X2, yang artinya LCD tersebut terdiri dari 16 kolom dan 2 baris karakter (tulisan). Module LCD ini akan kita gunakan untuk menampilkan teks berjalan, teks berlari atau running teks. LCD 16X2 ,kolom dan baris, beserta jumlah pin (1 s/d 16).



Gambar 5 Liquid Crystal Display

9. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah software yang digunakan untuk membuat sketch pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin diprogram. Arduino

IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board yang ditentukan, dan meng-coding program tertentu.

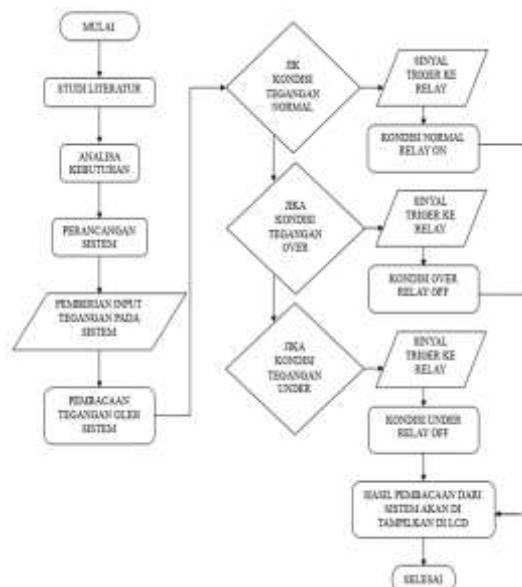
10. Blynk

Blynk adalah platform untuk IOS atau ANDROID yang digunakan untuk mengendalikan module arduino, Rasbery Pi, ESP8266 dan perangkat sejenis lainnya melalui internet. Dari aplikasi inilah kita dapat mengontrol apapun dari jarak jauh dimana pun kita berada dengan catatan terhubung dengan internet.

III. METODE PENELITIAN

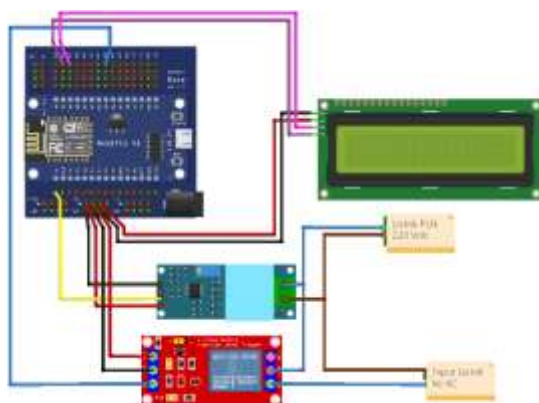
Penelitian ini menggunakan metode penelitian Research and Development. Research and Development atau penelitian dan pengembangan dapat diartikan sebagai cara ilmiah untuk meneliti, merancang, memproduksi, dan menguji validitas produk yang telah dihasilkan. Berdasarkan pengertian tersebut, kegiatan penelitian dan pengembangan dapat disingkat menjadi 4P (Penelitian, Perancangan, Produksi Dan Pengujian) [14].

1. Kerangka Berpikir Penelitian



Gambar 6 Kerangka berpikir penelitian

2. Rangkaian Sistem Keseluruhan



Gambar 7 Rangkaian Sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskriptif Data Hasil Penelitian

Tabel 1 Pengukuran Tegangan Sensor ZMPT101B dan Multimeter

No	Pengukuran dan percobaan dengan beban suhu (16 °C dan 18 °C) pada AC	Pengukuran tegangan ZMPT101B (v)	Pengukuran tegangan Multimeter Digital (v)
1.	Suhu 16 °C	230	230
2.		229	229
3.		228	228
4.		226	226
5.		223	224
6.		221	221
7.		220	220
8.		220	220
9.		198	198
10.		195	195
11.		194	194
12.		189	190
13.		189	189
14.		185	185
15.		180	180
16.	Suhu 18 °C	230	230
17.		229	229
18.		228	227
19.		226	228
20.		223	224
21.		221	221
22.		220	220
23.		220	220
24.		198	198
25.		195	195
26.		194	194
27.		189	190
28.		189	189
29.		185	185
30.		180	180

Tabel menunjukkan hasil pengukuran tegangan listrik pada unit AC dengan dua kondisi suhu, yaitu 16°C dan 18°C, menggunakan dua alat ukur, yakni sensor ZMPT101B dan multimeter digital sebagai pembanding. Total data yang diperoleh sebanyak 30 sampel, masing-masing 15 data untuk setiap variasi suhu.

Pada suhu 16°C, nilai tegangan yang terukur menggunakan sensor ZMPT101B berada pada rentang 180 V hingga 230 V. Hasil pengukuran menunjukkan tren penurunan tegangan secara bertahap dari nilai awal sekitar 230 V hingga mencapai titik terendah di 180 V. Jika dibandingkan dengan multimeter digital, hasil pengukuran memiliki kesesuaian yang sangat tinggi, dengan selisih yang relatif kecil, umumnya berada pada rentang 0–1 V. Hal ini menunjukkan bahwa sensor ZMPT101B memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mendeteksi perubahan tegangan.

Pada suhu 18°C, pola yang dihasilkan cenderung mirip dengan kondisi suhu 16°C, di mana tegangan juga mengalami fluktuasi dari 230 V hingga 180 V. Perubahan tegangan ini mengindikasikan adanya variasi beban atau kondisi jaringan listrik saat AC beroperasi. Hasil pembacaan antara sensor ZMPT101B dan multimeter digital kembali menunjukkan konsistensi yang tinggi, meskipun terdapat beberapa selisih kecil sebesar ± 1 V, yang masih dalam batas toleransi pengukuran.

Tabel 2 Pengukuran Delay Waktu Sensor ZMPT101B dan Stopwatch

No	Pengukuran dan percobaan dengan Overvoltage dan Undervoltage untuk delay waktu	Delay waktu ZMPT101B (s)	Delay waktu Stopwatch (s)
1.	Tegangan diatas 230 V	0,032	0,079
2.		0,03	0,04
3.		0,03	0,065
4.		0,028	0,059
5.		0,029	0,044
6.		0,029	0,048
7.		0,03	0,052
8.		0,031	0,05
9.		0,03	0,046
10.		0,032	0,06
11.		0,03	0,048
12.		0,03	0,053
13.		0,031	0,055
14.		0,029	0,049
15.		0,028	0,046
16.	Tegangan dibawah 180 V	0,032	0,079
17.		0,03	0,04
18.		0,03	0,065
19.		0,028	0,059
20.		0,029	0,044
21.		0,029	0,048
22.		0,03	0,052
23.		0,031	0,05
24.		0,03	0,046
25.		0,032	0,06
26.		0,03	0,053
27.		0,03	0,048
28.		0,031	0,055
29.		0,029	0,049
30.		0,028	0,046

Data pada tabel menunjukkan hasil pengukuran delay waktu sistem proteksi tegangan AC menggunakan sensor ZMPT101B dan pembandingan berupa stopwatch, yang dilakukan sebanyak 30 kali percobaan. Pengujian dibagi menjadi dua kondisi, yaitu saat tegangan di atas 230 V (overvoltage) sebanyak 15 percobaan, dan saat tegangan di bawah 180 V (undervoltage) sebanyak 15 percobaan.

Pada kondisi tegangan di atas 230 V, delay waktu yang terukur oleh sensor ZMPT101B berada pada rentang 0,028 s hingga 0,032 s, dengan nilai yang relatif stabil di sekitar 0,030 s. Sementara itu, hasil pengukuran menggunakan stopwatch menunjukkan nilai yang lebih besar, yaitu berkisar antara 0,040 s hingga 0,079 s. Selisih ini menunjukkan adanya perbedaan respons antara sistem berbasis sensor dengan pengukuran manual, di mana sensor bekerja lebih cepat dalam mendeteksi perubahan tegangan.

Pada kondisi tegangan di bawah 180 V, pola yang dihasilkan cenderung sama. Delay waktu sensor ZMPT101B tetap berada pada kisaran 0,028 s hingga 0,032 s, dengan rata-rata mendekati 0,030 s, yang menunjukkan konsistensi kinerja sensor dalam berbagai kondisi tegangan. Sementara itu, pengukuran menggunakan stopwatch kembali menunjukkan nilai yang lebih tinggi, yaitu pada rentang 0,040 s - 0,079 s.

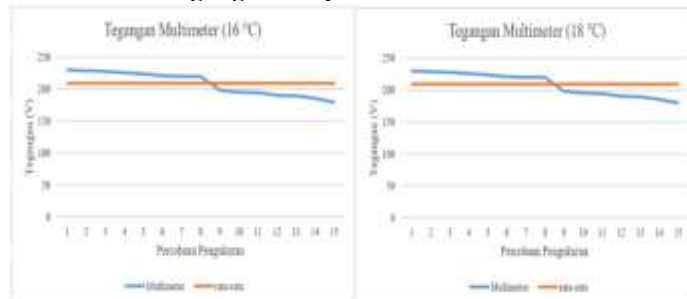
B. Pembahasan

1. Mekanisme perancangan sistem proteksi over voltage dan under voltage pada air conditioner dengan sensor ZMPT101B dan kontrol berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266.

Proses perancangan sistem proteksi over voltage dan under voltage pada air conditioner dengan sensor

ZMPT101B dan kontrol berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 ini dimulai dengan menggambar rangkaian langkah selanjutnya adalah menyediakan komponen rangkaian sistem dan data sheet beberapa komponen. Komponen yang dimaksud adalah NodeMCU ESP8266, Sensor ZMPT101B, Relay, LCD, Kabel jumper.

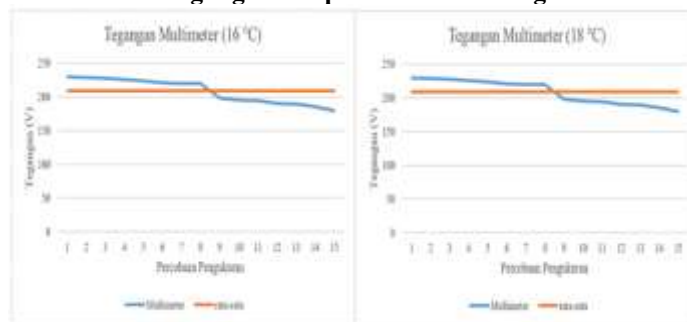
2. Rerata Tegangan Output Sensor ZMPT101B



Gambar 8 Grafik rerata tegangan output Sensor

Berdasarkan hasil pengukuran yang dibuat dalam bentuk grafik di atas, Sehingga nilai rerata tegangan sensor pada AC dengan suhu 16 °C dan 18 °C yang diperoleh adalah sebesar 208.47 Volt.

3. Rerata Tegangan Output Multimeter Digital



Gambar 9 Grafik rerata tegangan output Multimeter

Berdasarkan hasil pengukuran yang dibuat dalam bentuk grafik di atas, Sehingga nilai rerata tegangan output mutimeter pada AC dengan suhu 16 °C dan 18 °C yang diperoleh adalah sebesar 208.63 Volt.

4. Perbedaan antara nilai output dari sensor ZMPT101B dengan Multimeter Digital

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata tegangan yang terbaca oleh sensor ZMPT101B sebesar 208,47 V, sedangkan Multimeter Digital sebesar 208,63 V, dengan selisih 0,16 V. Perbedaan yang kecil ini menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik dan masih dalam batas toleransi pengukuran. Selisih tersebut dipengaruhi oleh faktor kalibrasi, fluktuasi tegangan jaringan, serta karakteristik respon rangkaian sensor. Secara keseluruhan, sensor ZMPT101B mampu mengukur tegangan AC dengan hasil yang mendekati nilai sebenarnya.

5. Rerata delay waktu dari sensor ZMPT101B

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sensor ZMPT101B memiliki waktu respon yang cepat dengan rata-rata delay sebesar 0,029 s. Nilai ini menunjukkan adanya jeda antara perubahan tegangan dan proses pembacaan serta pengiriman data oleh NodeMCU ESP8266. Meskipun demikian, delay tersebut masih dalam batas toleransi yang dapat diterima, sehingga sistem tetap mampu merespons

dengan baik dalam melakukan proteksi (pemutusan dan penyambungan relay). Secara keseluruhan, sensor ZMPT101B dinilai cukup responsif dan efektif digunakan dalam sistem proteksi tegangan berbasis IoT.

6. Rerata delay waktu dari Stopwatch

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata delay sensor ZMPT101B sebesar 0,029 s, lebih kecil dibandingkan delay stopwatch sebesar 0,052 s. Hal ini menandakan bahwa sistem mampu merespons perubahan tegangan dengan cepat dan efisien. Waktu tunda yang dihasilkan masih dalam batas yang sesuai, sehingga sistem tidak terlalu sensitif terhadap fluktuasi sesaat namun tetap efektif dalam memberikan proteksi. Secara keseluruhan, sistem proteksi berbasis ZMPT101B dan NodeMCU ESP8266 memiliki kinerja yang stabil dan andal dalam melindungi Air Conditioner dari gangguan overvoltage dan undervoltage.

7. Perbedaan antara delay waktu dari sensor ZMPT101B dengan Stopwatch

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata delay sensor ZMPT101B sebesar 0,0299 s, lebih kecil dibandingkan stopwatch sebesar 0,0529 s, dengan selisih -0,023 s. Hal ini menunjukkan bahwa sensor bekerja lebih cepat dan responsif dalam mendeteksi perubahan tegangan. Meskipun terdapat perbedaan, nilai delay masih berada dalam batas toleransi, sehingga sistem tetap mampu beroperasi secara real-time dan efektif dalam proteksi overvoltage dan undervoltage berbasis IoT.

V. KESIMPULAN

1. Penelitian ini berhasil menghasilkan sistem proteksi overvoltage dan undervoltage pada Air Conditioner berbasis sensor ZMPT101B dan NodeMCU ESP8266. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan metode Research and Development melalui tahapan identifikasi masalah, perancangan, produksi, dan pengujian. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat berfungsi dengan baik sebagai proteksi tegangan berbasis IoT.
2. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, rerata tegangan output dari sensor ZMPT101B adalah 208.47 V
3. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, rerata tegangan output dari Multimeter Digital adalah 208.63 V.
4. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara nilai tegangan yang diukur menggunakan sensor ZMPT101B dan multimeter. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji Mann-Whitney dengan nilai signifikansi Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,917 yang lebih besar dari taraf signifikansi ($\alpha = 0,01$). Dengan demikian, sensor ZMPT101B dapat digunakan sebagai alat pengukuran tegangan yang memiliki hasil sebanding dengan multimeter.
5. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, Delay waktu Sensor ZMPT101B memiliki rata-rata sebesar 0,029 detik.
6. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, Delay waktu Stopwatch sebesar 0,052 detik.
7. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara delay waktu sensor ZMPT101B dan stopwatch, dibuktikan dengan Uji Mann-Whitney ($p < 0,01$). Sensor ZMPT101B menghasilkan delay yang lebih kecil dan konsisten, sedangkan stopwatch cenderung lebih besar karena dipengaruhi respon manual. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran berbasis sensor lebih cepat dan andal dibandingkan metode manual.

REFERENSI

- [1] S. Muslim, *Teknik Perencanaan dan Pemasangan Instalasi Listrik*. Surabaya: Direktorat Pembinaan SMK, 2009.
- [2] F. Baskoro *et al.*, "Pembuatan Prototype Penstabil Tegangan untuk Mengatasi Gangguan Over-Under Voltage Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 119–126, 2021.
- [3] B. M. Arsyad, A. Sofwan, and A. Nugroho, "Perancangan Sistem Kontrol Over/Under Voltage Relay Berbasis Mikrokontroler Pada Saluran Tegangan 220Vac," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 85–92, 2019.
- [4] Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2020.
- [5] D. Danang and M. Toyib, "Analisa Trouble Shooting Air Conditioner Nippon Denso pada Unit Scania P380 Menggunakan Microcontroller," *Jurnal Publikasi Teknik Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 34–44, 2022.
- [6] T. Tukadi *et al.*, "Monitoring Pemakaian Daya Listrik Secara Realtime Berbasis Internet of Things," in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 581–586, 2019.
- [7] K. Widarsono, M. Jauhari, and A. L. Dzuhuri, "Relay Protection of Over Voltage, Under Voltage and Unbalance Voltage Magnitude Based on Visual Basic Using Arduino Mega," in *Seminar MASTER PPNS*, vol. 4, no. 1, pp. 39–48, 2019.
- [8] Y. S. Parihar, "Internet of Things and NodeMCU," *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, vol. 6, no. 6, p. 1085, 2019.
- [9] Z. F. Mashudi, *Kontrol Otomatis*. Malang: Polinema Press, 2020.
- [10] A. S. Ahmad Risal, *Mikrokontroler dan Interface*, 2017
- [11] M. Schwartz, *Internet of Things with ESP8266*. Birmingham: Packt Publishing, 2016.
- [12] G. I. Thalia, "Monitoring dan Kontrol Air Conditioner Berbasis Internet of Things di PT XYZ," 2024.
- [13] K. Widarsono, M. Jauhari, and A. L. Dzuhuri, "Relay Protection of Over Voltage, Under Voltage and Unbalance Voltage Magnitude Based on Visual Basic Using Arduino Mega," in *Seminar MASTER PPNS*, vol. 4, no. 1, pp. 39–48, 2019
- [14] Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2021.