pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v22i1.xxxxx

PROTOTYPE SISTEM PROTEKSI TERHADAP *UNDERVOLTAGE* DAN *OVERVOLTAGE* PADA PANEL DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)

Khofifah Zhiya Ulhaq[1)], Yuniarto[2)]
[1)]Program Studi Str. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
[*)]E-mail : *khofifahzhiyaulhaq@students.undip.ac.id*

ABSTRACT

In this modern era, the stability of electrical systems plays a crucial role in sustaining various aspects of human life. Particularly in households and industry, a reliable and high-quality electricity supply is essential. However, electrical systems often face disruptions. Among these disruptions, overvoltage and undervoltage are serious concerns due to their significant impact. In this final project, the author designed a prototype system to protect against overvoltage and undervoltage in low-voltage distribution panels based on the Internet of Things (IoT). The goal is to minimize damage to electrical equipment caused by overvoltage or undervoltage. This prototype utilizes an Arduino Mega 2560 as the control center, collects data from a PZEM-004T sensor to measure electrical parameters, and displays the information on an LCD screen and via the Blynk app on a smartphone. The protection system in this thesis is designed to operate automatically upon detection of undervoltage or overvoltage. Based on the results of the experiments conducted, the IoT-based overvoltage and undervoltage protection system for low-voltage distribution panels is capable of cutting off the power supply to the load when overvoltage or undervoltage occurs. Alerts are provided via a buzzer and notifications on the Blynk app. In addition, the real-time monitoring system for voltage, current, and power per phase also functions as intended, with consistent and accurate data displayed on both the LCD and the Blynk app. Voltage measurements using the PZEM-004T sensor demonstrate excellent accuracy, with an error of 0.26% and an accuracy rate of 99.74%.

Keywords: *Protection System, Undervoltage, Overvoltage*

PENDAHULUAN

Pada era modern ini, sistem kelistrikan memiliki peran yang sangat krusial dalam menjaga kelangsungan berbagai aspek kehidupan manusia. Dari rumah tangga hingga industri, ketergantung terhadap pasokan listrik yang andal dan berkualitas tidak dapat diabaikan. Namun, pada realitanya sistem kelistrikan tidak dapat terlepas dari adanya gangguan. Dua diantara gangguan yang sering kali muncul dan memiliki dampak signifikan terhadap sistem kelistrikan adalah gangguan overvoltage dan undervoltage [1].

Gangguan overvoltage terjadi ketika tegangan listrik secara mendadak melampaui batas normal yang telah ditetapkan. Sebaliknya, gangguan undervoltage terjadi saat tegangan listrik tiba-tiba menurun di bawah ambang batas normal. Kedua gangguan ini, memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik, mengganggu operasional perusahaan, dan bahkan mengakibatkan kerugian finansial. Menurut pedoman distribusi tenaga listrik, undervoltage merujuk pada kondisi di mana tegangan listrik dalam suatu sistem berada 10% di bawah tegangan normal, sementara overvoltage terjadi saat tegangan listrik dalam suatu sistem berada 5% di atas tegangan normal [2].

Namun, kondisi lapangan seringkali mengindikasikan bahwa industri atau gedung belum memiliki sistem proteksi yang terpasang untuk mengatasi gangguan kelistrikan, terutama dalam menghadapi permasalahan undervoltage dan overvoltage [3]. Tidak hanya itu, pemantauan tegangan umumnya hanya dilakukan di lokasi tertentu seperti ruangan kontrol [4]. Keadaan ini mengakibatkan operator tidak dapat dengan segera mendeteksi adanya masalah terkait tegangan. Oleh karena itu, tindakan penanganan saat terjadi gangguan seringkali tidak dapat dilakukan secara cepat.

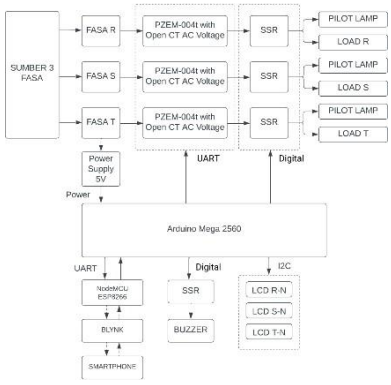
Mengacu pada permasalahan diatas, penyusun merancang PROTOTYPE SISTEM PROTEKSI TERHADAP UNDERVOLTAGE DAN OVERVOLTAGE PADA PANEL DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH

BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). Dalam pembuatan prototype ini, digunakan sebuah mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat pengendalian dalam sistem proteksi terhadap undervoltage dan overvoltage yang telah diatur melalui proses pemrogaman. Data yang diolah oleh mikrokontroler berasal dari hasil keluaran sensor PZEM-004T yang berfungsi sebagai alat pengukur parameter listrik per fasa. Informasi yang diperoleh kemudian diolah dan ditampilkan pada layar LCD berukuran 20x4 yang dipasang pada perangkat, sekaligus juga ditampilkan pada aplikasi blynk sehingga dapat dipantau dari jarak jauh melalui smartphone [4].

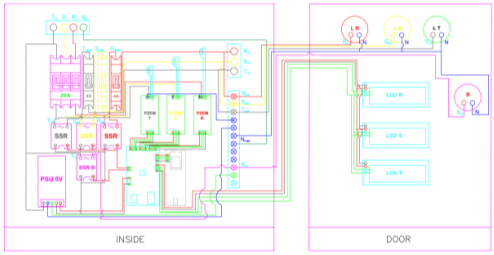
PERANCANGAN ALAT

Perancangan Hardware

Penjelasan terkait perancangan alat tertuang dalam Gambar 1 mengenai blok diagram, Gamabr 2 mengenai rangkaian keseluruhan sistem, dan juga Gambar 3 mengenai desain hardware perancangan.



Gambar 1. Blok Diagaram Sistem



Gambar 2. Rangkaian Keseluruhan Sistem



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Desain Prototype Secara Keseluruhan Tampak Luar (b) Desain Prototype Secara Keseluruhan Tampak Dalam

Keterangan cara kerja Pada kondisi awal, sumber tegangan PLN dengan nilai 220 VAC dijadikan suplai daya untuk *power supply* yang akan dikonversikan menjadi 5 VDC. Tegangan 5 VDC ini kemudian diteruskan ke perangkat-perangkat simulasi seperti Arduino Mega 2560, NodeMCU Esp8266, sensor PZEM-004T, serta LCD 20x4 untuk menjadi suplai tegangan kerja. Setelah perangkat diaktifkan, pengguna dapat menghubungkan NodeMCU ESP8266 dengan platform *Blynk* melalui koneksi internet.

Untuk melakukan simulasi gangguan *overvoltage* dan *undervoltage*, digunakanlah AC *Voltage Regulator* sebagai sumber tegangan masukan fasa R. Sementara, untuk fasa S dan T akan diberikan langsung oleh sumber 3 fasa tanpa melalui AC voltage regulator terlebih dahulu. Pengaturan pada AC Voltage Regultaor ini dapat mengubah tegangan, sehingga dapat tercipta kondisi tegangan fasa R dalam kondisi *undervoltage* atau *overvoltage*. Hasil perubahan tegangan dari AC *Voltage Regulator* akan diteruskan ke sensor PZEM- 004T. Nilai input tegangan dari sensor kemudian mengalami proses kalibrasi oleh Arduino Mega 2560 agar sesuai dengan nilai yang diukur menggunakan multimeter.

Mikrokontroler akan membandingkan nilai tegangan yang telah dikalibrasi dengan settingan tegangan yang telah ditetapkan sebelumnya. Apabila tegangan yang terbaca pada nilai normal, *Solid State Relay* akan berada dalam posisi *close*, mengindikasikan bahwa beban terhubung dengan pasokan listrik. Lampu indikator fasa R, S, dan T akan menyala sebagai tanda bahwa pasokan listrik pada beban telah terhubung.

Namun, jika tegangan yang terbaca melebihi atau kurang dari *setting* tegangan yang ditetapkan, mikrokontroler akan memberi perintah kepada *buzzer* untuk memberikan alarm peringatan

mengenai kondisi tegangan yang tidak normal. Jika kondisi tegangan di luar batas ini berlangsung selama 5 detik atau lebih (sesuai dengan *setting* delay), mikrokontroler akan mengirimkan perintah kepada *Solid State Relay* untuk memutus aliran daya menuju perangkat beban. Akibatnya, beban tidak akan beroperasi. Lampu indikator fasa R, S, dan T akan mati sebagai tanda bahwa pasokan listrik pada beban tidak terhubung.

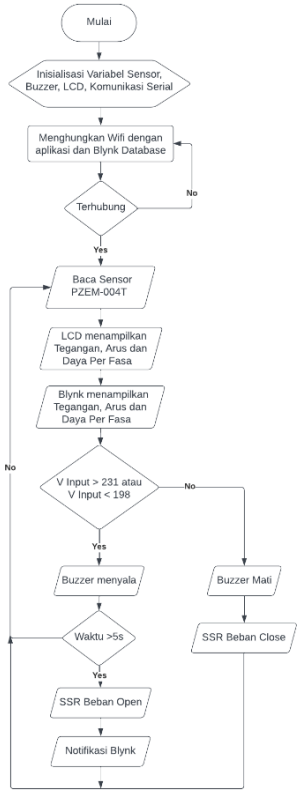
Selain itu, Arduino Mega 2560 akan mengirimkan perintah kepada NodeMCU untuk memberikan notifikasi melalui platform Blynk, yang akan ditampilkan pada aplikasi sebagai "*Overvoltage Detected*" atau "*Undervoltage Detected*". Notifikasi ini akan muncul selama 1 menit, dengan interval 1 kali setiap menit, selama kondisi gangguan masih berlangsung. Dengan koneksi ke internet, seluruh instrumen monitor dapat diakses dan dipantau melalui aplikasi Blynk dari jarak jauh.

Sebagai sarana monitoring yang dapat diamati langsung dari kotak panel distribusi, LCD 20x4 menampilkan Tegangan (V), Arus (A), dan Daya (Watt) per fasa secara *realtime*. Sedangkan, untuk media pemantauan yang dapat diakses dari jarak jauh, Platform Blynk menampilkan Tegangan (V), Arus (A), dan Daya (Watt) per fasa yaitu fasa R, S dan T secara *realtime*.

Penyusun menggunakan rangkaian beban yang terdiri dari 2 lampu pijar dan 1 stop kotak pada masing- masing fasa. Rangkaian ini difungsikan sebagai penerapan simulasi pemakaian beban dengan menggunakan daya sebesar 100 Watt setiap lampu pijar dan daya tambahan bersifat fleksibel pada stop kontak. Rangkaian beban dikendalikan manual menggunakan saklar serta dapat dapat disesuaikan penggunaannya.

Perancangan Software

Perancangan Software dapat dimulai dengan adanya Flowchart Sistem yang ditunjukan pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Sistem

Dalam menjalankan sistem sesuai dengan gambar 4, langkah awal adalah mengaktifkan sistem dan menghubungkan perangkat dengan jaringan Wi-Fi. Setelah itu, PZEM-004T akan melakukan pembacaan tegangan, arus, dan daya, kemudian data tersebut akan ditampilkan pada layar LCD dan aplikasi Blynk.

Jika tegangan masukan melebihi 231 Volt atau kurang dari 198 Volt, buzzer akan memberikan peringatan. Jika gangguan ini berlangsung lebih dari 5 detik, Solid State Relay akan dalam keadaan terbuka, yang mengindikasikan bahwa pasokan listrik ke beban telah terputus. Selanjutnya, Blynk akan mengirimkan notifikasi kepada pengguna.

Jika tegangan masukan berada dalam rentang antara 198 Volt dan 231 Volt, buzzer tidak akan aktif, dan Solid State Relay akan dalam keadaan tertutup, menunjukkan bahwa pasokan listrik ke beban tetap terjaga. Pada saat yang sama, Blynk dan layar LCD akan menampilkan data tegangan, arus, dan daya secara real- time.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses pembuatan alat, baik perangkat keras maupun perangkat lunak telah selesai dilaksanakan, tahap selanjutnya adalah melakukan

pengukuran dan pengujian. Pengukuran dan pengujian alat bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dalam perangkat telah bekerja sesuai dengan tujuan utama pembuatannya, yaitu untuk *monitoring* dan *proteksi* terhadap *undervoltage* dan *overvoltage* pada panel distribusi tegangan rendah berbasis *Internet of Things* (IoT).

Pengujian Sensor PZEM-004T dalam Membaca Tegangan

Pengujian modul PZEM-004T dilakukan dengan membandingkan pengukuran tegangan yang terbaca oleh multimeter dengan tegangan yang terbaca oleh sensor PZEM-004T yang ditampilkan pada LCD 20x4. Pada pengujian sensor PZEM-004T ini, menggunakan AC Voltage Regulator sebagai sumber tegangan keseluruhan alat guna untuk menaikan dan menurunkan tegangan. Pada Tabel 3-1 merupakan hasil data pengujian dari perbandingan pengukuran sensor PZEM- 004T dalam membaca tegangan dengan pembacaan tegangan oleh multimeter.

Tabel 1. Data Pengujian Sensor PZEM-004T dalam Pembacaan Tegangan

No.	Fasa	Pengukuran Sensor (VAC)	Pengukuran Multimeter (VAC)	Selisih	%Eror (%)
1.	R	192.4	192.9	0.5	0.25
		201.0	201.4	0.4	0.19
		210.7	211.3	0.6	0.28
		220.4	221.0	0.6	0.27
		230.2	230.8	0.6	0.25
		240.4	241.3	0.9	0.37
2.	S	192.1	192.7	0.6	0.31
		200.6	201.1	0.5	0.24
		210.7	211.3	0.6	0.28
		220.5	221.1	0.6	0.27
		230.2	230.6	0.4	0.17
		241.0	241.4	0.4	0.16
3.	T	192.1	192.7	0.6	0.31
		200.5	201.1	0.6	0.29
		210.6	211.2	0.6	0.28
		220.4	221.0	0.6	0.27
		230.1	230.6	0.5	0.21
		240.9	241.4	0.5	0.20
Rata-Rata Keseluruhan				0.56	0.26

Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel 1, diperoleh rata-rata %error antara pengukuran tegangan oleh sensor PZEM-004T dibandingkan dengan pengukuran tegangan oleh multimeter, yaitu sebesar 0.26%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor masih berada dalam kategori akurat dengan tingkat akurasi sebesar 99.74%.

Pengujian Tampilan LCD dan Aplikasi Blynk

Pengujian ini merupakan pengujian keselarasan antara data yang ditampilkan oleh LCD dan data yang di tampilkan pada aplikasi Blynk. Indikator yang ditampilkan pada LCD dan Blynk yaitu tegangan (V), arus (A) dan Daya (W) pada fasa R, S dan T. Tabel 3-2 merupakan data pengujian tampilan LCD dan Blynk dalam menampilkan data pengukuran tegangan (V), arus (A), dan daya (Watt).

Tabel 2. Data Pengujian Tampilan LCD dan Blynk

No	Fasa	Hasil Pembacaan		Selisih Pembacaan
		LCD	Blynk	
1	R	V = 213.6	V = 213.6	V = 0
		I = 0.77	I = 0.77	I = 0
		P = 186.47	P = 186.47	P = 0
2	S	V = 217.3	V = 217.3	V = 0
		I = 0.73	I = 0.73	I = 0
		P = 182.1	P = 182.1	P = 0
3	T	V = 216.1	V = 216.1	V = 0
		I = 0.73	I = 0.73	I = 0
		P = 181.31	P = 181.31	P = 0

No	Fasa	Hasil Pembacaan		Selisih Pembacaan
		LCD	Blynk	
Rata-Rata Eror Keseluruhan				0

Berdasarkan data pengujian yang ditampilkan pada Tabel 3-2, tidak terdapat selisih pembacaan data yang ditampilkan baik oleh LCD maupun pada aplikasi Blynk. Hal tersebut menunjukkan bahwa komunikasi dan logika di kedua sisi berfungsi dengan baik dan data yang dikirimkan ke keduanya adalah seragam dan akurat.

Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian dilaksanakan sesuai dengan standar SPLN 1:1995 tentang batasan variasi tegangan pelayanan yang ditetapkan dengan toleransi maksimum adalah 5% di atas nilai tegangan normal dan toleransi minimun adalah 10% di bawah nilai tegangan normal. Dalam pengujian *overvoltage* dan *undervoltage*, digunakan AC *Voltage regulator* untuk mengatur tegangan fasa R secara naik dan turun sehingga tercipta kondisi *undervoltage* dan *overvoltage*. *Setting* batasan tegangan untuk kondisi *overvoltage* adalah 5% di atas tegangan nominal yang ditetapkan, dengan perhitungan sebagai berikut:

V Over = (5% x Vnominal) + Vnominal

$= (\frac{5}{100} x\ 220) + 220$

= 11 + 220

= 231 VAC

Dengan keterangan,

V Over = Batasan tegangan untuk kondisi overvoltage

V Nominal = Ketentuan besar tegangan normal yang ditetapkan pada system

Dari perhitungan tersebut, maka didapatkan bahwa batas tegangan untuk kondisi overvoltage adalah pada 231 VAC, sehingga apabila tegangan yang terukur lebih dari 231 VAC maka proteksi overvoltage akan bekerja.

Sedangkan setting batasan tegangan untuk kondisi undervoltage adalah 5% di bawah tegangan nominal yang ditetapkan, dengan perhitungan sebagai berikut:

V Under = V Nominal - (10% x Vnominal)

$= 220 - (\frac{10}{100}$ x 220)

= 220 – 22

= 198 VAC

Dengan keterangan,

V Under = Batasan tegangan untuk kondisi undervoltage

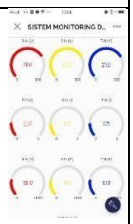
V Nominal = Ketentuan besar tegangan normal yang ditetapkan pada system

Dari perhitungan tersebut maka didapatkan bahwa batas tegangan untuk kondisi *undervoltage* adalah pada 198 VAC, sehingga apabila tegangan yang terukur kurang dari 198 VAC maka proteksi terhadap *undervoltage* akan bekerja.

Setting batas tegangan untuk kondisi normal yaitu pada rentang tegangan 199 VAC sampai dengan 230 VAC. Apabila tegangan yang terukur pada *range* tegangan normal maka relay proteksi terhadap *overvoltage* dan *undervoltage* tidak bekerja.

Berikut adalah hasil dari pengujian rangkaian keseluruhan sistem alat Prototype Sistem Proteksi Terhadap *Overvoltage* dan *Undervoltage* pada panel distribusi tegangan rendah berbasis Internet of Things yang akan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Alat Keseluruhan

Kondisi	Tampilan Alat	Tampilan LCD	Tampilan Blynk
Over-voltage			
Normal			
Under-voltage			

Dari pengujian keseluruhan alat yang ditampilkan pada Tabel 3-3 pada kondisi *Overvoltage*, normal dan *Undervoltage*, alat bekerja sesuai dengan sistem dan program yang telah dibuat, yaitu:

1. Ketika tegangan yang terukur 5% di atas batas tegangan normal (220V) dalam pengujian ini fasa R diatur pada tegangan R-N: 240.7, sementara S-N:201.6 dan T-N: 222.0, maka alarm peringatan akan menyala. Jika nilai tegangan di atas batas tegangan normal berlangsung selama lebih dari 5 detik (waktu delay), sistem proteksi terhadap overvoltage akan aktif yang ditandai dengan Solid State Relay dalam keadaan open, lampu indikator fasa R, S dan T mati, beban tidak beroperasi dan aplikasi blynk mengirimkan notifikasi "overvoltage detected" kepada pengguna. Namun, jika tegangan melebihi settingan tegangan normal berlangsung kurang dari 5 detik, proteksi terhadap overvoltage tidak aktif.
2. Ketika tegangan yang terukur 10% di bawah tegangan normal (220V) dalam pengujian ini, fasa R diatur pada tegangan R-N: 183.9, sementara S-N: 216.3, dan T-N: 217.3, maka alarm peringatan akan menyala. Jika nilai tegangan di bawah batas tegangan normal selama 5 detik (waktu delay) atau lebih, sistem proteksi terhadap undervoltage akan aktif yang ditandai dengan Solid State Relay dalam keadaan open, lampu indikator fasa R, S dan T mati, beban tidak beroperasi dan aplikasi blynk mengirimkan notifikasi "undervoltage detected" kepada pengguna. Namun, jika tegangan dibawah batas tegangan normal berlangsung kurang dari 5 detik, sistem proteksi terhadap undervoltage tidak aktif.
3. Saat nilai tegangan yang terukur berada dalam rentang setting tegangan normal (199 VAC sampai dengan 230 VAC), dalam pengujian, tegangan R-N: 213.6, S-N: 217.3, dan T-N: 216.1, alarm peringatan akan tidak aktif secara instan. Jika nilai tegangan kembali berada pada nilai setting tegangan normal, Solid State Relay akan close, lampu indikator fasa R, S, T akan menyala kembali dan beban akan beroperasi normal kembali.
4. Proteksi overvoltage dan undervoltage akan terus beroperasi hingga tegangan kembali dalam kisaran tegangan normal (199 VAC sampai dengan 230 VAC). Selama proses ini, buzzer peringatan akan terus berbunyi sampai tegangan mencapai kembali nilai normalnya dan aplikasi blynk akan mengirim notifikasi kepada pengguna setiap 1 menit sekali selama kondisi gangguan masih berlangsung.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan alat Tugas Akhir dan analisis pengujiannya yang penyusun lakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem proteksi terhadap overvoltage dan undervoltage pada panel distribusi tegangan rendah berbasis Internet of Things (IoT) dapat berjalan sesuai dengan fungsinya dengan memutus otomatis pasokan listrik ke beban ketika tegangan terukur melebihi batas maksimum atau kurang dari batas minimum tegangan nominal yang ditetapkan sesuai pedoman SPLN 1:1995 yakni 5% di atas batas tegangan normal dan 10% di bawah tegangan normal. Selain itu, sistem akan memberikan pemberitahuan melalui buzzer dan juga dapat mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Blynk untuk memberi tahu pengguna mengenai situasi gangguan yang sedang terjadi.
2. Sistem monitoring secara real-time terhadap tegangan, arus dan daya per fasa yang ditampilkan pada LCD 20x4 sebagai pemantauan di lokasi dan juga melalui aplikasi Blynk sebagai pemantauan dari jarak jauh dapat berjalan sesuai dengan fungsinya. Hasil pengujian menampilkan tidak terdapat selisih pembacaan data yang ditampilkan baik oleh LCD maupun pada aplikasi Blynk. Hal tersebut menunjukkan bahwa komunikasi dan logika di kedua sisi berfungsi dengan baik dan data yang dikirimkan ke keduanya adalah seragam dan akurat.
3. Dalam melakukan pengukuran tegangan, sensor PZEM-004T memiliki nilai eror pembacaan tegangan rata-rata sebesar 0.26% dengan nilai akurasi 99.74%. Dengan nilai tersebut, sensor ini memenuhi standar dengan tingkat keakuratan yang sangat baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian ini menyatakan ucapan terima kasih kepada pihak yang berperan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian, misalnya laboratorium tempat penelitian. Peran donor atau yang mendukung penelitian disebutkan perannya secara ringkas. Dosen yang menjadi penulis tidak perlu dicantumkan di sini.

DAFTAR PUSTAKA

1. B. M. Arsyad, A. Sofwan, and A. Nugroho, "Perancangan Sistem Kontrol Over/Under Voltage Relay Berbasis Mikrokontroler Pada Saluran Tegangan 220Vac," Transmisi, vol. 21, no. 1, p. 25, 2019, doi: 10.14710/transmisi.21.1.25-32.
2. PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), "SPLN 1 : 1995 Tegangan-Tegangan Standar," Tegangan - Tegangan Standar, vol. 1.1995, pp. 1–12, 1995.
3. D. Hendarto and B. P. Gumilang, "Penerapan Sistem Proteksi Under Over Voltage Relay pada Low Voltage Main Distribusi Penel (LVMDP) di Gedung IR H Prijono UIKA Bogor," Jutek, vol. 3, no. 2, pp. 16–22, 2016.
4. F. G. Siringoringo, A. Sofwan, and A. Nugroho, "Over/Under Voltage Relay Menggunakan Mikrokontroler Pada Tegangan 1 Phasa 220Vac," Transient J. Ilm. Tek. Elektro, vol. 8, no. 1, pp. 93– 100, 2019, [Online]. Available: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/ar ticle/view/22753
5. Z. Abidin and M. Baha'udin, "Monitoring Dan Proteksi Tegangan Panel 3 Fasa Dengan Menggunakan Sensor Tegangan ZMPT101B".
6. "SISTEM PROTEKSI DAN MONITORING KESEIMBANGAN PHASE 3 PADA PANEL DISTRIBUSI BERBASIS IOT PROYEK AKHIR Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung."
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," Semin. MASTER, vol. 3, no. 2, pp. 39–48, 2019, [Online]. Available: http://journal.ppns.ac.id/index.php/SeminarMAST ER
8. M. H. Basri, "Rancang Bangun Diagram Satu Garis Rencana Sistem Distribusi Tenaga Listrik di Gedung Bertingkat (HIGHRISES BUILDING)," Univ. Indones., pp. 1–86, 2008.
9. Alvi Syahrin, D. Okky Anggriawan, and E. Prasetyono, "Implementasi Fuzzy Logic Untuk Identifikasi Jenis Gangguan Tegangan Secara Realtime," J. Rekayasa Elektr., vol. 16, no. 3, pp. 176–184, 2020, doi: 10.17529/jre.v16i3.17692.