

RANCANG BANGUN SISTEM PROTEKSI *UNDERVOLTAGE* DAN *OVERVOLTAGE* PADA INSTALASI BANGUNAN SEDERHANA BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Ananda Hidayat^{1*}, Sofyan Tato² dan Sarma Thata³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

^{1,2,3}Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea, Makassar 90245.

*Email: a.hdyt21@gmail.com

Abstrak

Sistem proteksi listrik sangat dibutuhkan untuk menjaga keamanan suatu sistem kelistrikan. Pada instalasi bangunan sederhana hanya terdapat sebuah MCB (*Main Circuit Breaker*) yang berfungsi sebagai proteksi ketika terjadi arus lebih dan hubung singkat pada instalasi listrik. Sehingga tidak dapat melindungi ketika terjadi gangguan *undervoltage* atau *overvoltage* yang dapat merusak perangkat rumah tangga yang digunakan. Tujuan penelitian ini ialah untuk merancang sistem proteksi tegangan berbasis *Internet of Things* yang dapat melindungi perangkat rumah tangga dari gangguan tegangan dengan toleransi *undervoltage* sebesar -10% dan *overvoltage* sebesar +5% dari tegangan standar 230 volt dan dapat juga memonitor secara online atau offline. Cara kerja sistem yaitu dengan pembacaan sumber tegangan oleh sensor PZEM-004T lalu dilakukan pengolahan data oleh mikrokontroler ESP32 dengan mengaktifkan alarm sebagai penanda ketika tegangan mendekati -2.5% dari batas toleransi tegangan dan relay memutuskan aliran arus jika tegangan melewati batas toleransi yang telah diatur. Pada saat pengujian sistem proteksi sudah bekerja sesuai dengan prinsip kerja dimana alarm aktif pada saat tegangan melewati dari 212.74 Volt sampai 235.74 Volt dan relay trip ketika tegangan melewati dari 207 Volt sampai 241.5 Volt dengan persentase error pembacaan nilai tegangan sebesar 0,84% dan jeda pengiriman data ke web server tergantung dari pengaturan jeda dan jaringan internet.

Kata kunci: ESP32, Overvoltage, Pzem-004T, Undervoltage, Website.

1. PENDAHULUAN

Proteksi listrik sangat dibutuhkan untuk mencegah terjadinya gangguan pada sistem kelistrikan (Hutauruk, 1991). Pada instalasi bangunan sederhana hanya terdapat sebuah MCB (*Miniatur Circuit Breaker*) yang berfungsi sebagai proteksi ketika terjadi arus lebih dan hubung singkat pada instalasi listrik (Saodah,dkk. 2019). Sehingga tidak dapat melindungi ketika terjadi gangguan *undervoltage* atau *overvoltage*. Dalam aturan distribusi tenaga listrik dijelaskan bahwa untuk *undervoltage* yaitu -10% dari tegangan normal, sedangkan untuk *overvoltage* yaitu +5% dari tegangan normal (SPLN 1: 1995). Gangguan *undervoltage* disebabkan oleh pengkawatan yang kurang baik, jarak transformator yang jauh dari konsumen dan pembebanan yang berlebih, sedangkan *overvoltage* diakibatkan sistem terlalu lemah untuk pengaturan tegangan yang diinginkan dan pelepasan beban besar. 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 (Arsyad,dkk. 2019).

Tujuan dari penelitian ini adalah dapat mengidentifikasi dan mengamankan gangguan tegangan tersebut secara *real time* sehingga dapat dipantau secara langsung maupun dari jarak jauh dan dapat juga diterapkan sebagai pengamanan tegangan listrik pada instalasi rumah.

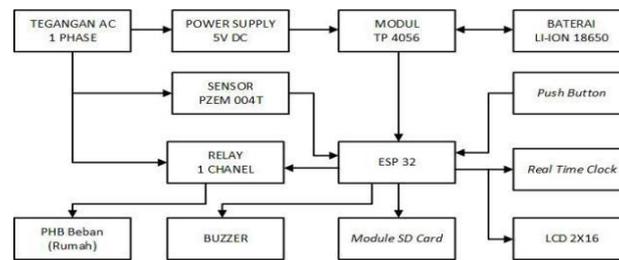
2. METODOLOGI

2.1. Studi Literatur

Studi literatur ini berupa studi pencarian referensi melalui buku – buku, penelusuran internet tentang permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir. Pengambilan dan pengumpulan data-data serta dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir antara lain: prinsip kerja mikrokontroler, sensor, sistem proteksi dan teori lainnya yang terkait dalam penyelesaian penelitian ini.

2.2. Prosedur Perancangan Hardware

Prosedur perancangan *Hardware* merupakan tahapan untuk merancang alat secara fisik baik itu kontrol maupun yang dikontrol. Adapaun komponen-komponen yang menyusun alat kontrol ini dapat dilihat pada gambar 1 diagram perancangan *hardware*.

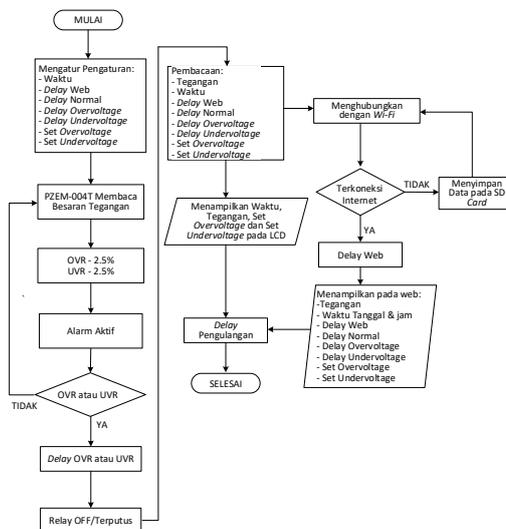


Gambar 1. Diagram Perancangan Hardware

Diagram perancangan *hardware* diatas merupakan diagram kerja sistem proteksi tegangan berbasis IoT dimana sumber tegangan untuk sistem proteksi tegangan ini di *supply* langsung dari tegangan AC 1 phase atau kWh meter. Sistem monitoring alat memanfaatkan sensor PZEM-004T yang mendeteksi data tegangan. Data dari PZEM-004T akan terkirim ke ESP 32 melalui komunikasi *serial*. ESP 32 akan menampilkan data pada LCD 16 x 2 dengan bantuan I2C dan untuk melihat riwayat monitoring pengukuran secara *offline* dapat dilihat melalui *Micro SD Card*. Untuk mendapatkan riwayat waktu pengukuran yang *realtime* maka dibutuhkan module RTC (*Real Time Clock*). Sedangkan untuk melihat riwayat pengukuran secara online dapat dilihat melalui web server. Pada alat proteksi tegangan terdapat beberapa pengaturan seperti waktu, *delay* pengiriman data ke web, *delay* kondisi normal, *delay overvoltage*, *delay undervoltage*, set *overvoltage* dan set *undervoltage* dimana pengaturan tersebut bisa diubah melalui *Push button*. Pada saat tegangan mendekati batas *overvoltage* dan *undervoltage* alarm akan aktif dan ketika besaran tegangan melewati dari batas toleransi *undervoltage* dan *overvoltage* yang telah diatur maka relay akan memutuskan listrik ke beban. Apabila tegangan sudah keadaan normal maka relay terhubung kembali .

2.3. Rangkaian Perancangan Software

Prosedur perancangan *software* merupakan tahapan untuk merancang *interface* atau sistem komunikasi antara *hardware* dan pengguna pada tahapan ini perancangan *software* dibagi menjadi dua yaitu membuat coding pada *software* ARDUINO IDE dan pembuatan *Webserver* dengan berdasarkan gambar 2 *flowchart* prinsip kerja.



Gambar 2. Flowchart Prinsip Kerja

2.4. Pengambila Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan pengujian langsung terhadap alat sistem proteksi tegangan dengan menggunakan *Variabel Transformator* untuk menyesuaikan tegangan masukan sesuai yang diinginkan. Selain itu pengujian juga dilakukan pada instalasi rumah dengan sumber tegangan dari PLN.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perancangan

Perancangan alat yang dibuat memiliki dimensi dengan panjang 16,5 cm, lebar 9 cm, dan tinggi 6,5 cm. Berdasarkan rangkaian pada Gambar 3.7, hasil perancangan *hardware* dapat dilihat gambar 4.1.



Gambar 3. Hasil Perancangan *Hardware*

3.2. Pengujian Alarm

Pengujian alarm dilakukan untuk menguji dan membandingkan dengan hasil perhitungan yaitu alarm bunyi ketika tegangan mendekati -2.5% dari batas toleransi *overvoltage* dan *undervoltage* yang telah diatur. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut :

a. Alarm *Overvoltage*

$$\text{Alarm Overvoltage} = \text{Tegangan Standar} + (\text{Toleransi Overvoltage} - \text{Toleransi Alarm}) \quad (1)$$

$$= 230 \text{ V} + (5\% - 2.5\%)$$

$$\text{Alarm Overvoltage} = 235.75 \text{ Volt}$$

Jadi, berdasarkan hitungan diatas apabila tegangan mengalami kenaikan sebesar lebih dari 237.5 Volt maka alarm akan berbunyi.

b. Alarm *Undervoltage*

$$\text{Alarm Undervoltage} = \text{Tegangan Standar} - (\text{Toleransi Undervoltage} - \text{Toleransi Alarm}) \quad (2)$$

$$= 230 \text{ V} + (10\% - 2.5\%)$$

$$\text{Alarm Undervoltage} = 212.75 \text{ Volt}$$

Jadi, berdasarkan hitungan diatas apabila tegangan mengalami penurunan sebesar kurang dari 237.5 Volt maka alarm akan berbunyi.

Adapun hasil pengujian alarm alat, dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Pengujian Kondisi Alarm

Pengujian	Toleransi (%)	Hitungan	Pengujian	
			Tegangan	Alarm
<i>Overvoltage</i>	5 %	235.75 V	235.90 V	ON
Normal	-	235.74 V - 212.74 V	223. 30 V	OFF
<i>Undervoltage</i>	10 %	212.75 V	212.40 V	ON

Berdasarkan dari hasil pengujian alarm diatas menggunakan *Variabel Transformator*, pada saat tegangan melewati 235.75 Volt dan dibawa 212.75 Volt akan mengaktifkan alarm. Dimana

hasil pengujian sudah sesuai dengan program yang telah di rancang yaitu alarm akan bunyi ketika besaran tegangan mendekati -2.5% dari pengaturan *overvoltage* dan *undervoltage*.

3.3. Pengujian Relay

Pengujian relay dilakukan untuk mengetahui sensitivitas pada saat tegangan mengalami gangguan yaitu *overvoltage* dan *undervoltage*. Adapun setelan yang diatur yaitu *overvoltage* dengan toleransi $+5\%$ dari tegangan standar dengan jeda 5 detik, *undervoltage* dengan toleransi -10% dari tegangan standar dengan jeda 5 detik dan jeda pada saat kembali normal 10 detik. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut :

a. *Overvoltage*

$$\text{Overvoltage} = \text{Tegangan Standar} + \text{Toleransi Overvoltage \%} \quad (3)$$

$$= 230 \text{ V} + 5\%$$

$$\text{Overvoltage} = 241.5 \text{ Volt}$$

Jadi, berdasarkan hitungan diatas apabila tegangan mengalami kenaikan sebesar lebih dari 241.5 Volt maka relay akan OFF/ terputus.

b. *Undervoltage*

$$\text{Undervoltage} = \text{Tegangan Standar} - \text{Toleransi Undervoltage \%} \quad (4)$$

$$= 230 \text{ V} - 10\%$$

$$\text{Undervoltage} = 207 \text{ Volt}$$

Jadi, berdasarkan hitungan diatas apabila tegangan mengalami penurunan sebesar kurang dari 207 Volt maka relay akan OFF/ terputus.

Adapun hasil dari pengujian relay dapat dilihat pada tabel 2 :

Tabel 2. Pengujian Relay

Pengujian	Toleransi (%)	Jeda Waktu	Hitungan	Pengujian		
				Tegangan	Jeda Waktu	Relay
<i>Overvoltage</i>	5%	5 detik	241.5 V	241.90 V	05.66 detik	OFF
Normal	-	10 detik	241.4 – 206.9 V	223.30	10.22 detik	ON
<i>Undervoltage</i>	10%	5 detik	207 V	207.10	05.30 detik	OFF

Berdasarkan dari hasil pengujian alarm diatas menggunakan *Variabel Transformator*, pada saat tegangan melewati 241.5 Volt dan dibawa 207 Volt relay akan trip/ terputus dengan jeda 5 detik yang telah diatur. Apabila besaran tegangan berada diantar 241.5 Volt sampai 207 Volt relay terhubung dengan jeda 10 detik dari kondisi relay trip. Dimana hasil pengujian sudah sesuai dengan program yang telah di rancang yaitu pada saat tegangan melewati dari batas toleransi *undervoltage* dan *overvoltage* yang telah diatur maka relay akan/ terputus dengan waktu tunda yang telah diatur.

3.4. Pengujian Lapangan

Pengujian lapangan dilakukan pada hari Minggu pada tanggal 4 Juli 2021 pada saat LWBP (luar waktu beban puncak) rentan waktu pukul 06.00 - 09.00 WITA dan WBP (waktu beban puncak) rentan waktu pukul 18.00 - 21.00 WITA, di rumah saya sendiri di Jalan Lembo No.101 Makassar. Pengukuran tegangan dilakukan dengan mengunakan alat ukur standar dengan merek MASDA DT266 dan alat ukur pada proteksi tegangan dengan sensor PZEM-004T V3 dengan menggunakan rumus:

$$\text{Error} (\%) = \frac{\text{Nilai Pengukuran} - \text{Nilai Pembanding}}{\text{Nilai Pembanding}} \times 100\% \quad (5)$$

Adapun Hasil pembacaan alat ukur, dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 :

Tabel 3. Pengukuran pada LWBP (Luar waktu beban puncak)

No.	Waktu	Tegangan (V)		Persentase Kesalahan (%)
		Alat ukur proteksi tegangan	Alat ukur standar	
1	06.00	222.60 Volt	221 Volt	0.72 %
2	06.30	222.10 Volt	220 Volt	0.95 %
3	07.00	222 Volt	220 Volt	0.91 %
4	07.30	221.30 Volt	219 Volt	1.05 %
5	08.00	221 Volt	219 Volt	0.91 %
6	08.30	221.90 Volt	220 Volt	0.86 %
7	09.00	221.10 Volt	220 Volt	0.50 %
Rata-rata error (%)				0.84 %

Tabel 4. Pengukuran pada WBP (Waktu beban puncak)

No.	Waktu	Tegangan (V)		Persentase Kesalahan (%)
		Alat ukur proteksi tegangan	Alat ukur standar	
1	18.00	220.50 Volt	219 Volt	0.68 %
2	18.30	218.60 Volt	217 Volt	0.74 %
3	19.00	216.90 Volt	215 Volt	0.88 %
4	19.30	215.30 Volt	215 Volt	0.14 %
5	20.00	213.60 Volt	212 Volt	0.75 %
6	20.30	216.80 Volt	215 Volt	0.84 %
7	21.00	216.60 Volt	215 Volt	0.74 %
Rata-rata error (%)				0.68 %

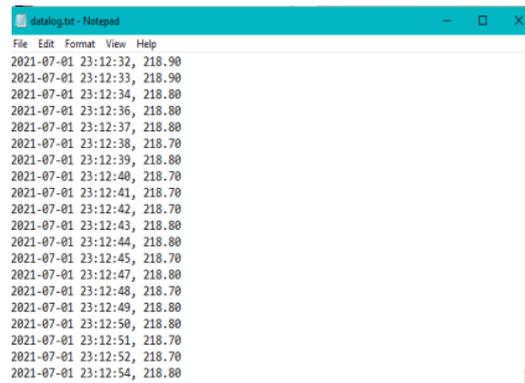
Berdasarkan hasil pengukuran tegangan diatas antara alat ukur standar dengan alat ukur sistem proteks, dimana dengan melakukan pengukuran pada saat waktu beban tertinggi maka arus juga akan naik dan tegangan semakin turun sesuai dengan pernyataan rumus daya aktif $P = V \times I$. Dimana ketika pengukuran dilakukan pada beban terendah pukul 06.00 WITA perubahan beban harian tegangan yang dihasilkan pada alat ukur sistem proteksi sebesar 222,60 Volt dan alat ukur standar sebesar 221 Volt, sedangkan untuk beban tertinggi dilakukan pada saat pukul 20.00 WITA tegangan yang dihasilkan pada alat ukur sistem proteksi 213.60 Volt dan alat ukur standar sebesar 212 Volt.

3.5. *Storage System*

Selain dapat memonitoring besaran tegangan beserta waktunya dari module PZEM-004T dengan tampilan LCD alat hasil rancangan juga memiliki penyimpanan yang dapat diakses secara *offline* maupun *online*. Berikut adalah data hasil monitoring yang telah dilakukan untuk menguji fungsi alat.

a. *Penyimpanan Offline*

Data waktu dan hasil pengukuran besaran tegangan akan tersimpan secara otomatis pada *micro SD Card* ketika alat proteksi tegangan tidak terhubung dengan koneksi internet dan ketika data tidak berhasil terkirim.

Gambar 4. Data penyimpanan secara *offline*

b. Penyimpanan *Online*

Pada sistem proteksi tegangan yang telah dibuat akan mengirim data ke *web server* ketika terkoneksi dengan jaringan internet. Adapun jeda pengiriman data ke *web server* tergantung dari pengaturan jeda pengiriman ke *web* pada alat sistem proteksi dan sinyal jaringan internet. Untuk memonitoring jarak jauh dapat mengakses *website* mengunjungi alamat situs web <https://tryiot.online/skripsi/web-pzem/> dengan menggunakan Google atau *Mozilla Firefox*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian hasil dari sistem yang telah dibuat maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem proteksi akan mengaktifkan alarm sebagai penanda apabila tegangan mendekati batas -2.5% dari settingan toleransi *overvoltage* dan *undervoltage*, apabila tegangan melewati dari batas toleransi maka relay akan OFF/ memutuskan berdasarkan waktu tunda yang telah diatur sehingga dapat melindungi dari gangguan *overvoltage* dan *undervoltage* yang terjadi.
2. Pada saat melakukan pengukuran diwaktu LWBP (luar waktu beban puncak) dengan tegangan tertinggi 222.60 Volt dan WBP (waktu beban puncak) dengan tegangan terendah 213.60 Volt dimana sudah sesuai dengan pernyataan rumus daya aktif $P = V \times I$ yaitu diwaktu beban tertinggi maka arus juga akan naik dan tegangan semakin turun.
3. Hasil perbandingan pengukuran tegangan dengan menggunakan alat ukur standar dengan alat ukur sistem proteksi terdapat selisih dengan rata-rata *error* diwaktu LWBP sebesar 0.84% dan diwaktu WBP sebesar 0.69%.
4. Untuk melakukan memonitoring dan melihat riwayat pengukuran dari jarak jauh dapat memanfaatkan koneksi internet *wi-fi* yang dapat diakses melalui *website* dan apabila koneksi internet *wi-fi* tidak tersedia dapat diakses melalui *Micro SD Card*.

DAFTAR PUSTAKA

- B. M. Arsyad, A. Sofwan, and A. Nugroho, "Perancangan Sistem Kontrol Over/Under Voltage Relay Berbasis Mikrokontroler Pada Saluran Tegangan 220Vac," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 85–92, 2019.
- SPLN 1:1995 Tegangan Standar. Jakarta: PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), 1995.
- S. Saodah, A. Daud, and A. D. Ali Mashar, "Rancang bangun modul sistem proteksi tegangan rendah," *J. Tek. ENERGI*, vol. 9, no. 1, pp. 9–19, 2019.
- T. S. Hutauruk, "Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja," *Erlangga, Jakarta*, 1989.

