

## Perancangan Alat Proteksi Tegangan Listrik Berlebih dan Menurun pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah

Pirza Hariyanto\*, Sepdian\*, Mahmud Idris\*, Maizal Isnen#

\*Teknik Listrik, Politeknik Jambi, Jl Lingkar Barat 2, Lrg. Veteran RT 4, Kota Jambi, 36129, Indonesia  
E-mail: pirzahariyanto.13@gmail.com, sepdian@politeknikjambi.ac.id, mahmud@politeknikjambi.ac.id

#Teknik Elektronika, Politeknik Jambi, Jl Lingkar Barat 2, Lrg. Veteran RT 4, Kota Jambi, 36129, Indonesia  
E-mail: maizal@politeknikjambi.ac.id (corresponding author)

*Abstract— in a basic electricity network, the quality of electric power distribution is needed. There are also obstacles in the distribution of electric power that can affect, let alone damage, the electric power system. If this voltage constraint is connected to electrical or electronic equipment and exceeds the nominal voltage tolerance limit, it can interfere with the performance of the equipment or moreover it can damage it. From the testing of the Arduino uno microcontroller-based under / over voltage relay tool, it can be concluded that the under / over voltage relay device designed and made can work properly, in the sense that this tool can detect an under voltage of -5% and an over voltage of +5. % of nominal voltage and able to activate the fault indicator light and sound an alarm when the under / over voltage setting is exceeded.*

*Keywords— electricity network, microcontroller, over voltage relay*

**Abstrak— Pada sesuatu jaringan listrik dasar, mutu distribusi tenaga listrik sangat dibutuhkan. Ada pula kendala dalam penyaluran tenaga listrik bisa pengaruhi apalagi merusak sistem tenaga listrik. Bila kendala tegangan ini terhubung ke perlengkapan listrik ataupun elektronik serta melebihi batas toleransi tegangan nominalnya, hingga perihal itu bisa mengganggu kinerja peralatan tersebut ataupun apalagi bisa merusaknya. Dari pengujian alat under/over voltage relay berbasis mikrokontroler Arduino uno yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat under/over voltage relay yang dirancang dan dibuat dapat bekerja dengan baik, dalam arti alat ini dapat mendeteksi adanya under voltage sebesar -5% dan over voltage +5% dari tegangan nominal dan mampu mengaktifkan lampu indikator gangguan dan membunyikan alarm saat settingan under/over voltage terlewati.**

*Kata kunci— jaringan listrik, mikrokontroler, over voltage relay*

### I. PENDAHULUAN

Pada sesuatu jaringan listrik dasar, mutu distribusi tenaga listrik sangat dibutuhkan. Ada pula kendala dalam penyaluran tenaga listrik bisa pengaruhi apalagi merusak sistem tenaga listrik. Kendala yang bisa terjalin berbagai tipe antara lain merupakan pengangkatan ataupun penyusutan tenaga listrik (over/under voltage). Bila kendala tegangan ini terhubung ke perlengkapan listrik ataupun elektronik serta melebihi batas toleransi tegangan nominalnya, hingga perihal itu bisa mengganggu kinerja peralatan tersebut ataupun apalagi bisa merusaknya.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada dasarnya sesuatu sistem tenaga listrik wajib bisa beroperasi secara terus menerus secara wajar, tanpa terdapatnya kendala.

Kendala bisa ditimbulkan oleh beberapa perihal ialah kendala sebab kesalahan manusia antara lain merupakan kesalahan pada dikala merubah jaringan sistem, maupun tidak membuka pentanahan sehabis terdapatnya revisi terhadap jaringan listrik serta sebagainya.

Kendala dari dalam, bisa berbentuk: gangguan-gangguan yang bersumber dari sistem ataupun kendala dari perlengkapan itu sendiri, misalnya: aspek usia dari perlengkapan tersebut, arus lebih, tegangan lebih, keausan serta sehingga membuat membuat isolasi perlengkapan menjadi rusak.

Kendala dari luar, merupakan; kendala yang bersumber dari alam diantara lain: cuaca, gempa bumi, petir, serta banjir. Sebab kendala fauna, diantara lain: gigitan tikus, burung, ular, tumbuhan ataupun dahan/ ranting serta lain-lain

Kendala tersebut jelas tidak dapat dihindari secara totalitas. Jenis-jenis kendala pada sistem tenaga bisa dilihat dari watak serta penyebabnya dapat dikelompokkan sebagian berikut:

#### 1. *Beban lebih.*

Beban lebih pada sistem tenaga listrik bisa dipengaruhi sebab kondisi pembangkit yang menyuplai tenaga listrik kurang dari kebutuhan ataupun salah satu komponen pada sistem tersebut tersendat dengan demikian kendala bisa terjalin beban lebih maupun salah satu komponen, misalnya motor derek mengangkat beban lebih dari kapasitasnya.

Karakteristik dari beban lebih merupakan bentuknya arus lebih pada komponen yang berbeban lebih. Arus ini bisa memunculkan pemanasan, serta bersumber pada ilmu fisika ataupun dalam rumus bisa ditulis panas yang mencuat ini bisa mengakibatkan isolasi perlengkapan mengalami kehancuran

#### 2. *Hubung pendek.*

Seluruh komponen dari perlengkapan listrik senantiasa diberi pengaman isolasi terhadap tanah disamping itu terhadap fasa pula diisolasi dengan padat, cair (minyak), udara, gas (SF<sub>6</sub>) maupun kombinasi yang lainnya.

Sebagai contoh ialah:

- a. Kumparan generator atau motor listrik diisolasi terhadap stator dengan bahan yang digunakan yakni isolasi mica ataupun kertas.
- b. Trafo diisolasi dengan minyak trafo serta kertas.
- c. Kabel diisolasi dengan kertas yang di impregnated dengan minyak maupun diisolasi dengan bahan jenis polyethelen (PE) XLPE maupun karet.
- d. Bagian bertegangan pada pemutus beban diisolasi terhadap metal badannya ataupun terhadap fasa lainnya dengan minyak atau SF<sub>6</sub>.
- e. Konduktor terbuka yang dipergunakan pada jaringan udara dan rel diisolasi terhadap tanah dengan isolator sebaiknya antar fasa dengan udara ataupun SF<sub>6</sub> spesial buat kubikel.

Bahan isolasi tersebut sebab usia, aspek mekanis, tegangan yang melebihi kekuatan isolasi ataupun aspek yang lainnya, benang layang-layang, ranting tumbuhan, dan karena lain kemampuannya menyusut ataupun tidak sanggup sehingga jadi aspek pelepasan muatan listrik yang menyebabkan kehancuran pada isolasi serta terjalin percikan bunga api yang lekas diiringi busur api sehingga jadi hubung pendek serta hendak mengalir arus hubung pendek yang besar serta tegangannya akan sangat turun.

Bila arus hubung pendek itu terhenti, hingga busur api hendak padam. Apabiala busur api ini menimbulkan kehancuran yang senantiasa misalnya terhadap bahan isolasi padat ataupun cair sehingga kendala ini disebut kendala permanen. Namun apabiala busur api ini sehabis padam tidak memunculkan kehancuran misalnya pada isolasi udara ialah yang universal terjalin pada saluran udara tegangan besar ataupun menengah hingga kendala ini disebut kendala temporer.

#### 3. *Tegangan lebih.*

Kendala tegangan lebih dapat terjadi diakibatkan oleh sebagian aspek ialah:

##### a. *Petir.*

Sebab bertemunya muatan listrik yang sama ialah muatan positif ataupun negative hingga hendak terjalin beda tegangan antara awan dengan muatan positif dengan awan muatan negative ataupun awan bermuatan positif/negative dengan tanah. Apabial tegangan ini lumayan besar hingga hendak terjalin loncatan muatan listrik dari awan ke awan ataupun dari awan ke tanah. Sebab tiang listrik ini lumayan besar hingga awan bermuatan yang mengarah ke bumi ini terdapat hendak menyambar tiang ataupun kawat tanah dari saluran transmisi serta mengalir ketanah lewat tiang listrik serta tahanan pertanahan tiang listrik. Apabial arus petir ini besar serta tahanan tanah tiang listrik kurang baik hingga hendak menimbulkan tegangan besar pada tiang listrik, dalam perihal ini bisa terjalin loncatan muatan dari tiang listrik ke penghantar fasa. Dalam perihal ini penghantar fasa hendak terjalin tegangan besar serta gelombang tegangan besar petir yang kerap di ucap surya petir, ini hendak mengalir ataupun merambat mengarah keperlengkapan di gardu induk serta bisa membahayakan isolasi perlengkapan di gardu induk tersebut.

##### b. *Surja hubung.*

Menutup ataupun membuka kontak pada pemutus beban biasa pada sistem tegangan besar ataupun ekstra besar bisa menghasilkan tegangan transient yang besar serta ini bisa menimbulkan isolasi perlengkapan menghadapi kehancuran.

##### c. *Pengaruh feranti.*

Pada jaringan sistem tegangan besar bila tanpa beban ataupun beban kecil sebab terdapatnya beban kapasitif penghantar hingga tegangan di ujung saluran hendak lebih besar dari pada tegangan sisi pengirimnya. Pada salurannya Panjang ditambah terdapatnya kabel tanah maupun kabel laut maupun sistem tegangan ekstra besar bila tegangan disisi pembangkit pada tegangan pengenalan hingga wilayah yang jauh maupun di ujung saluran bisa terjalin tegangan lebih yang bisa membahayakan untuk perlengkapan.

##### d. *Pengaturan tegangan otomatis.*

Pada pelepasan beban yang lumayan besar hendak terjalin tegangan lebih, pengatur tegangan secara otomatis mengembalikan tegangan perlengkapan kembali dalam keadaan wajar. Hendak namun bila pengatur tegangan otomatis ini rusak ataupun tersendat hingga tegangan lebih ini hendak senantiasa serta perihal ini bisa memunculkan kehancuran pada isolasi.

#### 4. Gangguan stabilitas.

Generator yang terhubung pada sistem bekerja serempak satu sama lainnya. Disebabkan salah satu penyebabnya semacam terjadinya penggantian beban besar yang tiba-tiba, terbentuk ikatan pendek yang sangat lama, hingga hendak terjalin ayunan putaran rotor sebagian dari generator pada sistem tersebut. Perihal ini bisa menyebabkan sebagian generator menjadi motor serta sebagian berbeban lebih serta perihal ini bergantian, kendala ini disebut kendala stabilitas. Peristiwa ini hendak terjalin pada sistem tegangan besar ataupun ekstra besar yang sudah meluas misalnya pada sistem di pulau Jawa. Kendala ini wajib lekas diatasi dengan metode melepas generator yang tersendat maupun melepas wilayah yang terjalin ikatan pendek sedini mungkin, sebab bisa membahayakan generator serta pula membahayakan sistemnya (Widarsono et al., 2019).

Kecil besarnya jatuh tegangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Tahanan saluran
2. Arus saluran
3. Faktor daya ( $\cos \phi$ )
4. Panjang saluran

Akibat adanya impedansi saluran dan beban maka antara tegangan sumber ( $V_S$ ) dan tegangan penerima ( $V_P$ ) ada perbedaan. Dimana tegangan penerima akan selalu lebih kecil dari tegangan sumber ( $V_S > V_P$ ). selisih tegangan tersebut disebut jatuh tegangan ( $V$ ). secara umum jatuh tegangan adalah  $V = V_S - V_P$ .

Besar beban pada suatu titik (tiang) tidak sama pada fasa yang satu dengan fasa yang lainnya, walaupun dilihat dari gardu beban tiap fasanya mungkin sama besar diantaranya disebabkan oleh perilaku beban konsumen yang tidak teratur.

Beban dilihat dari gardu tidak sama untuk masing-masing fasa, sudah pasti beban ditiap tiang tidak sama.

Pembagian atau penempatan beban dimasing-masing fasa tidak sama.

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen ataupun dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh

tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.

Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh  $V$  pada penghantar semakin besar jika arus  $I$  didalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar  $R_L$  semakin besar pula. Tegangan jatuh merupakan penanggung jawab terjadinya kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan. Atas dasar hal tersebut maka tegangan jatuh yang diijinkan untuk instalasi arus kuat hingga 1.000 V yang ditetapkan dalam persen dari tegangan kerjanya (Baskoro, n.d.).

Sesuai dengan standar tegangan yang ditentukan oleh PLN (SPLN), perancangan jaringan dibuat agar jatuh tegangan di ujung diterima 10%. Tegangan jatuh pada jaringan disebabkan adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik ( $R$ ) dan reaktansi ( $X$ ). jatuh tegangan phasor  $V_d$  pada suatu penghantar yang mempunyai impedansi ( $Z$ ) dan membawa arus ( $I$ ) dapat dijabarkan dengan rumus;

$$V_d = I \cdot Z \quad (1)$$

Keterangan :

$V_d$  = jatuh tegangan phasor

$I$  = arus

$Z$  = impedansi

Dalam pembahasan ini yang dimaksudkan dengan jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) adalah selisih antara tegangan kirim ( $V_K$ ) dengan tegangan terima ( $V_T$ ), maka jatuh tegangan dapat didefinisikan dengan:

$$\Delta V = (V_K) - (V_T) \quad (2)$$

Keterangan :

$\Delta K$  = jatuh tegangan

$V_K$  = tegangan kirim

$V_T$  = tegangan terima

Karena adanya resistansi pada penghantar maka tegangan yang diterima konsumen ( $V_r$ ) akan lebih kecil dari tegangan kirim ( $V_S$ ), sehingga tegangan jatuh ( $V_{drop}$ ) merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (sending end) dan tegangan pada ujung penerimaan (receiving end) tenaga listrik. Tegangan jatuh relatif dinamakan regulasi tegangan  $V_R$  (voltage regulation) dan dinyatakan oleh rumus:

$$V_R = \frac{V_S - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana :

$V_R$  = regulasi tegangan

$V_S$  = tegangan pada pangkal pengiriman

$V_r$  = tegangan pada ujung penerimaan

Untuk menghitung jatuh tegangan, diperhitungkan reaktansinya, maupun faktor dayanya yang tidak sama dengan yang satu maka berikut ini akan duraikan cara perhitungannya. Dalam penyederhanaan perhitungan diasumsikan beban-bebannya merupakan beban fasa tiga yang seimbang dan faktor dayanya ( $\cos \phi$ ) antara 0,6 s/d 0,85. Tegangan dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut:

$$(\Delta V) = I(R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi) L \quad (4)$$

Dimana :

I = arus beban (ampere)

R = tahanan rangkaian (ohm)

X = reaktansi rangkaian (ohm)

Berdasarkan peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 04 Tahun 2009 tentang aturan distribusi tenaga listrik adalah:

Frekuensi nominal sistem adalah 50 Hz dan frekuensi normal mempunyai rentang antara 49,5 Hz sampai dengan 50,5 Hz

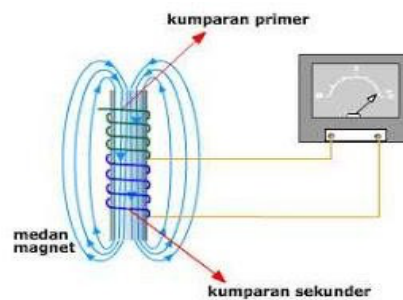
Tegangan sistem distribusi harus dijaga pada batas-batas kondisi normal yaitu maksimal +5% dan minimal -10% dari tegangan normal.

Sensor tegangan bisa menggunakan transformator stepdown dengan tujuan menurunkan level tegangan AC 220V menjadi 5V agar dapat diproses oleh mikrokontroler. Transformator adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak balik (AC). Transformator terdiri dari 3 komponen pokok yaitu: kumparan pertama (primer) yang bertindak sebagai input, kumparan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai output, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan.

Prinsip kerja transformator:

Prinsip kerja dari sebuah transformator adalah sebagai berikut: ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung – ujung

kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (mutualinductance). Pada skema transformator dibawah ini, ketika arus listrik dari sumber tegangan yang mengalir pada kumparan primer berbalik arah (berubah polaritasnya) medan magnet yang dihasilkan akan berubah arah sehingga arus listrik yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan berubah polaritasnya.



Gambar 1. skema transformator

Hubungan antara tegangan primer, jumlah lilitan primer, tegangan sekunder dan jumlah lilitan sekunder, dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} \quad (5)$$

Dimana :

VP = tegangan primer (volt).

VS = tegangan sekunder (volt).

NP = jumlah lilitan primer.

NS = jumlah lilitan sekunder.

Berdasarkan perbandingan antara jumlah lilitan primer dan jumlah lilitan sekunder transformator ada 2 jenis yaitu :

Transformator step up yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik rendah menjadi tinggi, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan sekunder lebih banyak dari pada jumlah lilitan primer ( $N_S > N_P$ ).

Transformator step down yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik tinggi menjadi rendah. Transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak dari pada jumlah lilitan sekunder ( $N_P > N_S$ ).

Pada transformator besarnya tegangan yang dikeluarkan oleh kumparan sekunder adalah:

Sebanding dengan banyaknya lilitan sekunder ( $V_S \sim N_S$ ). Berbanding terbalik dengan banyaknya lilitan primer,

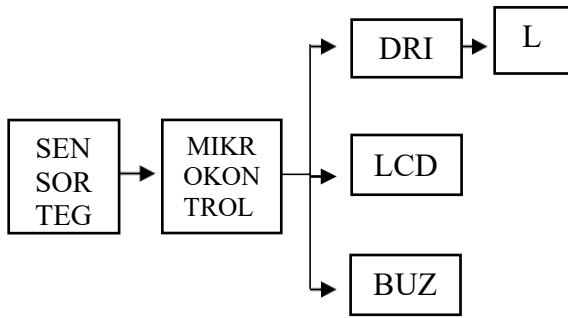
$$\left( V_S \sim \frac{1}{N_P} \right) \quad (6)$$

Sehingga dapat dituliskan:

$$V_S = \frac{N_S}{N_P} \times V_P \quad (7)$$

### III. METODE PENELITIAN

Perancangan under/over voltage protektor ini meliputi perancangan keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Adapun diagram blok perancangan under/over voltage relay diperlihatkan pada gambar 10 berikut ini.



Gambar 2. Diagram blok under/over voltage relay

Secara garis besar, sistem terdiri dari beberapa blok utama, yaitu:

1. *Sensor tegangan ac*

Bagian ini merupsksn unit masukan dari alat yang dibangun. Fungsi sensor tegangan AC ini adalah untuk mengetahui kondisi tegangan dalam keadaan normal atau tidak normal, terjadi kenaikan atau penurunan tegangan melebihi toleransi yang diijinkan.

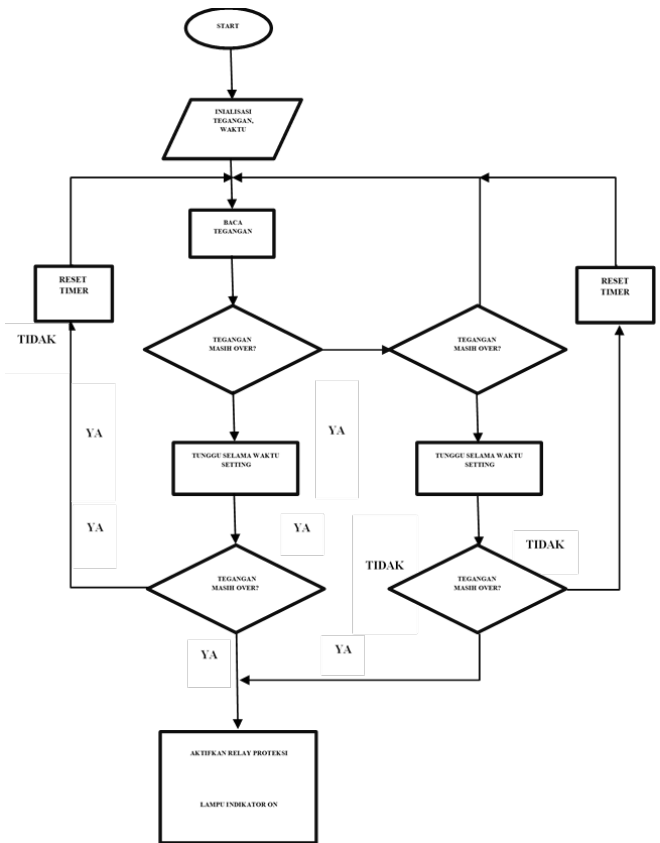
2. *Microcontroller*

Alat yang digunakan yaitu mikrokontroler Arduino uno sebagai pengolah data dari keseluruhan sistem yang akan mengendalikan relay dalam pemutus tegangan apabila terjadi under/over voltage. Pada mikrokontroler Arduino harus dibuat setting batasan tegangan under/over voltage dan setting batasan waktu dalam satu gangguan. Dalam aturan distribusi tenaga listrik dijelaskan bahwa untuk under voltage yaitu -10% dari tegangan normal, sedangkan untuk over voltage yaitu +5% dari tegangan normal. Akan tetapi batasan waktu dalam satu gangguan yang dibuat dalam proyek ini yaitu: untuk over voltage 5 detik dan untuk under voltage 5 detik dan batasan gangguan under voltage yaitu -5% dari tegangan normal dan +5% untuk over voltage dari tegangan normal.

3. *Unit keluaran :*

Relay akan bekerja Ketika *output* dari mikrokontroler Arduino uno tegangan yang dibaca terjadi drop tegangan atau lonjakan tegangan melebihi *settingan* pada Arduino.

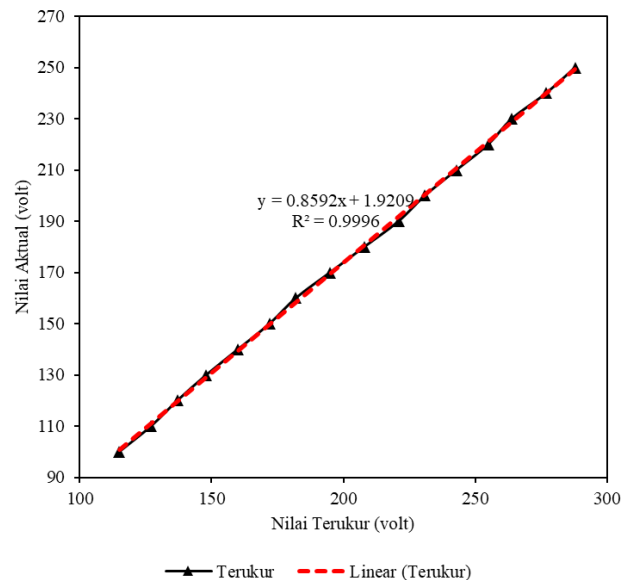
LCD sebagai tampilan dari pembacaan tegangan yang masuk.



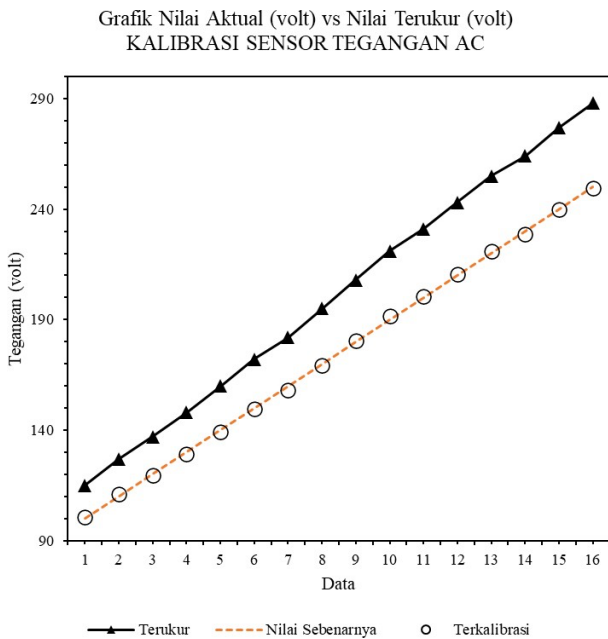
Gambar 3. Diagram alir under/over voltage relay

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik Nilai Aktual (volt) vs Nilai Terukur (volt) KALIBRASI SENSOR TEGANGAN AC

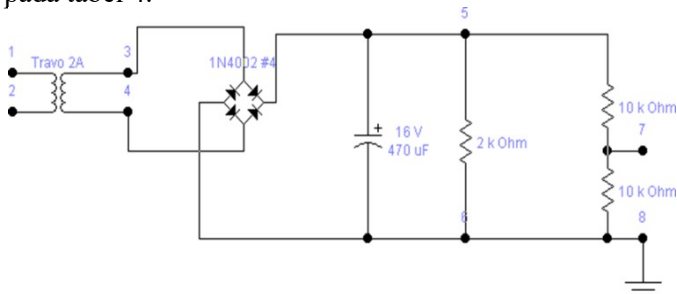


Gambar 4. Hasil kalibrasi sensor



Gambar 5. Hasil pengujian pada jaringan listrik

Tujuan pengujian sensor tegangan adalah untuk mengetahui hasil tegangan output dari sensor tegangan. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan suplai terhadap rangkaian dibawah, kemudian fasa tegangan input AC dinaikan atau diturunkan dengan variasi tegangan dari 196 – 235 VAC. Hasil pengujian terlihat pada tabel 4.



Gambar 6. Rangkaian pengujian sensor tegangan

TABEL I.

HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN.

No	Titik pengukuran 1 & 2	Titik pengukuran 3 & 4	Titik pengukuran 5 & 6	Titik pengukuran 7 & 8	Kondisi
1	196V	5.34V	5.94V	2.99V	Under voltage
2	198V	5.41V	6.05V	3.03V	Under voltage
3	200V	5.45V	6.14V	3.07V	Under voltage
4	202V	5.52V	6.22V	3.11V	Under voltage
5	204V	5.57V	6.3V	3.15V	Under voltage
6	206V	5.62V	6.38V	3.19V	Under voltage
7	208V	5.67V	6.43V	3.21V	Under voltage
8	210V	5.73V	6.51V	3.25V	Normal voltage

9	212V	5.77V	6.56V	3.28V	Normal voltage
10	214V	5.83V	6.66V	3.33V	Normal voltage
11	216V	5.87V	6.72V	3.36V	Normal voltage
12	218V	5.94V	6.82V	3.14V	Normal voltage
13	220V	6.01V	6.88V	3.44V	Normal voltage
14	222V	6.05V	6.91V	3.46V	Normal voltage
15	224V	6.09V	6.98V	3.49V	Normal voltage
16	226V	6.14V	7.08V	3.54V	Normal voltage
17	228V	6.19V	7.13V	3.56V	Normal voltage
18	230V	6.22V	7.2V	3.6V	Normal voltage
19	231V	6.24V	7.21V	3.61V	Over voltage
20	233V	6.31V	7.28V	3.64V	Over voltage
21	235V	6.36V	7.35V	3.67V	Over voltage

Pada hasil pengujian keseluruhan under/over voltage relay dapat disimpulkan bahwa alat under/over voltage sudah mampu memproteksi adanya gangguan drop tegangan (under voltage) dan gangguan tegangan lebih (over voltage). Pada range antara under/over voltage sering berubah-ubah dikarenakan tegangan dari PLN tidak stabil.

Pengujian under/over voltage relay terhadap beban tidak ada masalah yang dihadapi, pada saat relay kondisi under/over voltage rangkaian beban terhadap suplai listrik langsung terputus setelah 5 detik (sesuai dengan delay setting pada Arduino).

#### V. KESIMPULAN

Dari pengujian alat under/over voltage relay berbasis mikrokontroler Arduino uno yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat under/over voltage relay yang dirancang dan dibuat dapat bekerja dengan baik, dalam arti alat ini dapat mendeteksi adanya under voltage sebesar -5% dan over voltage +5% dari tegangan nominal dan mampu mengaktifkan lampu indikator gangguan dan membunyikan alarm saat settingan under/over voltage terlewati. Display dapat menampilkan besar tegangan yang ada pada input sensor tegangan, dan juga menampilkan kondisi under/over voltage relay.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afif, M. T., & Pratiwi, I. A. P. (2015). Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik-Review. *Rekayasa Mesin*, 6(2), 95–99.
- [2] Baskoro, F. (n.d.). Pembuatan Prototype Penstabil Tegangan Untuk Mengatasi Gangguan Over-Under Voltage Berbasis Arduino Uno.
- [3] Bawotong, V. T., Mamahit, D. J., & Sompie, S. R. U. A. (2015). Rancang Bangun Uninterruptible Power Supply Menggunakan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 4(2), 1–7.
- [4] Wasista, S., & Saraswati, D. A. (2019). 19 Jam Belajar Cepat Arduino: Edisi Revisi. Bumi Aksara.

- [5] Widarsono, K., Jauhari, M., & Dzuhuri, A. L. (2019). Relay Protection of Over Voltage, Under Voltage Arduino Mega. Seminar MASTER PPNS, 4(1), 39–48.