

**PERANCANGAN PROTEKSI KETIDAKSEIMBANGAN  
TEGANGAN (*UNBALANCE VOLTAGE*) BERBASIS ARDUINO  
UNO**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

**Oleh :**

**FEBRIYANTI NASUTION**  
**1810017111004**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA  
PADANG  
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN PROTEKSI KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN  
(UNBALANCE VOLTAGE) BERBASIS ARDUINO UNO

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

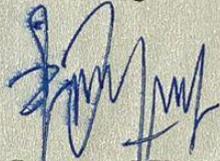
Oleh :

**FEBRIYANTI NASUTION**

NPM : 1810017111004

Disetujui Oleh:

Pembimbing



31/8/23

**Dr. Ir. Ija Darmana, MT, IPNI.**

NIK: 940 700 335

Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri

Dekan,

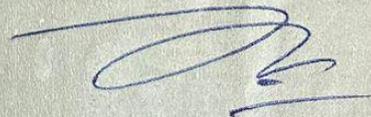


**Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST, MT**

NIK: 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro

Ketua,



**Ir. Arzul, MT**

NIK: 941 100 396

LEMBARAN PENGUJI

PERANCANGAN PROTEKSI KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN  
(UNBALANCE VOLTAGE) BERBASIS ARDUINO UNO

SKRIPSI

FEBRIYANTI NASUTION

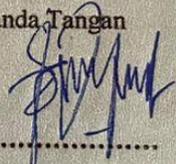
NPM : 1810017111004

Dipertahankan di depan penguji Skripsi  
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta  
Hari: Jum'at, 18 Agustus 2023

No. Nama

Tanda Tangan

1. Dr. Ir. Ija Darmana., MT., IPM.  
(Ketua Sidang)



.....

2. Ir. Arzul., MT.  
(Penguji)



.....

3. Dr. Ir. Hidayat., MT., IPM.  
(Penguji)



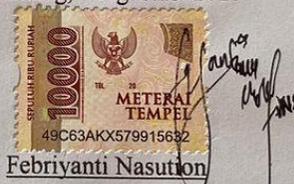
.....

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul “**Perancangan Proteksi Ketidakseimbangan Tegangan (*Unbalance Voltage*) Berbasis Arduino Uno**” adalah benar – benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan – bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

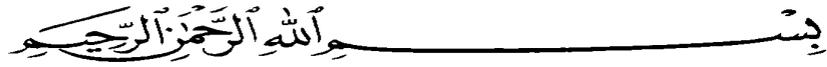
Padang, Agustus 2023



Febriyanti Nasution

NPM: 1810017111053

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini dengan judul **“Perancangan Proteksi Ketidakseimbangan Tegangan (*Unbalance Voltage*) Relay Berbasis Arduino Uno**”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam menyusun Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih.

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan membimbing penulis sehingga laporan ini dapat diselesaikan.

1. Kepada orang tua saya yang tercinta dengan penuh kasih sayang dan kesabaran telah membesarkan dan mendidik saya hingga dapat menempuh pendidikan yang layak. Juga buat kakak dan abang yang membantu selama penulisan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti., S.T. M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Ir.Arzul, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Dr. Ir. Ija Darmana..MT., IPM selaku Pembimbing yang telah memberikan arahan dan membagi pengetahuannya hingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
5. Bapak Ir. Yani Ridal,. M.T selaku Penasehat Akademis.

6. Bapak/ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
7. Teman-teman teknik elektro 18 yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini.

Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam penulisan Skripsi ini namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam skripsi ini. Oleh karena itu sumbangan, gagasan, kritikan, saran dan masukan yang akan membangun penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagi pihak yang membutuhkan.

Padang, 21 Agustus 2023

Febriyanti Nasution  
1810017111004

## ABSTRAK

Penggunaan energi listrik sangat bervariasi seperti halnya di industri, tempat-tempat umum, pendidikan, serta rumah tangga, peralatan yang menggunakan energi listrik harus memiliki kualitas daya yang baik seperti tegangan, arus, frekuensi yang layak dan baik. Untuk meningkatkan kualitas listrik yang baik peralatan-peralatan listrik dilengkapi dengan alat proteksi yang digunakan untuk melindungi peralatan yang sensitif akan kerusakan. Sistem tenaga listrik, kualitas listrik memiliki peran krusial dalam menjaga operasional peralatan dan mencegah kerusakan. Gangguan seperti *unbalance voltage* dapat mengganggu kinerja peralatan dan merusaknya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang Proteksi Ketidakseimbangan Tegangan (*Unbalance Voltage*) Relay Digital menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengatasi masalah tersebut.

Untuk kondisi *unbalance voltage*, pemutusan terjadi pada gangguan dengan tegangan turun 198 Volt dan tegangan naik berada pada tegangan 231 Volt. Keseluruhan karakteristik ini mengindikasikan bahwa sistem proteksi ini akan merespons dengan berbagai tingkat kecepatan pemutusan tergantung pada seberapa besar gangguan yang terdeteksi. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan maka hasil Rata-Rata Tegangan turun 10% dari setpoint (220) dinyatakan dalam persentase sebesar 0,8% dan Rata-Rata Tegangan naik 5% dari setpoint (220) sebesar 0,1%

**Kata kunci :** Proteksi *Unbalance Voltage*, Relay Digital, Mikrokontroler Arduino Uno.

## ABSTRACT

The use of electrical energy varies greatly as in industry, public places, education, and households, equipment that uses electrical energy must have good power quality such as proper and good voltage, current, frequency. To improve the quality of good electricity, electrical equipment is equipped with protective devices that are used to protect equipment that is sensitive to damage. In the electric power system, the quality of electricity has a crucial role in maintaining equipment operations and preventing damage. Interference such as unbalanced voltage can interfere with the performance of the equipment and damage it. This study aims to design a Digital Relay Unbalance Voltage Protection using the Arduino Uno microcontroller to overcome this problem.

For unbalanced voltage conditions, the disconnection occurs when the voltage drops to 198 Volts and the voltage rises to 231 Volts. All of these characteristics indicate that this protection system will respond with varying rates of disconnection depending on the magnitude of the detected fault. From the results of the calculations that have been carried out, the average voltage drop of 10% from setpoint (220) is expressed in a percentage of 0.8% and the average voltage rises 5% from setpoint (220) of 0.1%.

**Keywords:** Unbalanced Voltage Protection, Digital Relay, Arduino Uno Microcontroller.

## DAFTAR ISI

|  |       |
|--|-------|
| HALAMAN JUDUL  |       |
| HALAMAN PENGESAHAN   |       |
| LEMBARAN PENGUJI   |       |
| PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI  |       |
| KATA PENGANTAR   | i     |
| ABSTRAK  | iii   |
| ABSTRACT   | iv    |
| DAFTAR ISI   | v     |
| DAFTAR GAMBAR  | viii  |
| DAFTAR TABEL   | ix    |
| <br>   |       |
| BAB 1 PENDAHULUAN  |       |
| 1.1 Latar Belakang Masalah   | I-1   |
| 1.2 Rumusan Masalah  | I-2   |
| 1.3 Batasan Masalah  | I-2   |
| 1.4 Tujuan Penelitian  | I-3   |
| 1.5 Manfaat Penelitian   | I-3   |
| <br>   |       |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA  |       |
| 2.1 Tinjauan Penelitian  | II-4  |
| 2.2 Landasan Teori   | II-6  |
| 2.2.1 Sistem Tenaga Listrik  | II-6  |
| 2.2.1.1 Sistem Proteksi  | II-8  |
| 2.2.1.2 Manfaat Sistem Proteksi  | II-8  |
| 2.2.1.3 <i>Over Voltage</i> (Tegangan Lebih)                           | II-9  |
| 2.2.1.4 <i>Under Voltage</i> (Tegangan Kurang)                         | II-10 |
| 2.2.2 Ketidakseimbangan Tegangan ( <i>Unbalance Voltage</i> )          | II-10 |
| 2.2.2.1 Dampak <i>Unbalance Voltage</i> (Ketidakseimbangan Tegangan)   | II-11 |
| 2.2.2.2 Penyebab <i>Unbalance Voltage</i> (Ketidakseimbangan Tegangan) | II-12 |

|  |        |
|--|--------|
| 2.2.2.3 Cara Mengatasi <i>Unbalance Voltage</i> (Ketidakseimbangan Tegangan) | II-13  |
| 2.2.3 Relay Proteksi   | II-13  |
| 2.3 Arduino Uno  | II-15  |
| 2.3.1 Jenis-jenis Hardware Arduino (Perangkat Keras Arduino)                 | II-18  |
| 2.3.2 Software Arduino (Perangkat Lunak Arduino)                             | II-19  |
| 2.4 Kontaktor  | II-20  |
| 2.4.1 Keuntungan Menggunakan Kontaktor                                       | II-21  |
| 2.5 PZEM-004T  | II-22  |
| 2.5.1 Spesifikasi/ Feature PZEM-004T   | II-22  |
| 2.5.1.1 Spesifikasi PZEM-004T  | II-22  |
| 2.5.1.2 Fungsi PZEM-004T   | II-22  |
| 2.5.1.3 Hardware yang dibutuhkan PZEM-004T                                   | II-23  |
| 2.5.1.4 Rangkaian/ Wiring Diagram  | II-23  |
| 2.6 LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> )                                    | II-26  |
| 2.7 MCB  | II-30  |
| 2.8 Hipotesis  | II-30  |
| <br>   |        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>   |        |
| 3.1 Alat dan Bahan Penelitian  | III-31 |
| 3.2 Alur Penelitian  | III-42 |
| 3.2.1 Langkah Penelitian   | III-43 |
| 3.2.2 Alur Sistem  | III-44 |
| 3.2.2.1 Blog Diagram Perancangan Sistem                                      | III-44 |
| 3.2.2.2 Perancangan program Arduino Uno                                      | III-44 |
| 3.2.2.3 Perancangan <i>Software</i> dan <i>Hardware</i>                      | III-45 |
| 3.3 Perancangan Sistem Keseluruhan   | III-46 |
| 3.4 Perancangan <i>Software</i>  | III-47 |
| 3.5 Perancangan Program Arduino IDE  | III-49 |
| 3.6 Rancangan Kontruksi  | III-52 |
| 3.7 Alur Penelitian  | III-52 |
| 3.8 Deskripsi Penelitian dan Analisis  | III-53 |
| 3.9 Rumus Yang Digunakan   | III-54 |

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

|   |       |
|---|-------|
| 4.1 Pengujian Alat                                  | IV-55 |
| 4.1.1 Pengujian Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) | IV-55 |
| 4.1.2 Pengujian Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) | IV-60 |
| 4.1.3 Pengujian Sistem Keseluruhan                  | IV-60 |
| 4.2 Pengambil Data                                  | IV-61 |
| 4.3 Analisa   | IV-62 |
| 4.4 Pembahasan                                      | IV-64 |

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

|                |      |
|----------------|------|
| 5.1 Kesimpulan | V-67 |
| 5.2 Saran      | V-67 |

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |        |
|-------------|---|--------|
| Gambar 2.1  | Pembangkit Listrik Ke Konsumen                            | II-7   |
| Gambar 2.2  | Arduino Uno   | II-16  |
| Gambar 2.3  | Arduino IDE ( <i>Integrated Development Environment</i> ) | II-19  |
| Gambar 2.4  | Struktur IDE  | II-20  |
| Gambar 2.5  | Kontaktor   | II-21  |
| Gambar 2.6  | Wiring PZEM-004T  | II-23  |
| Gambar 2.7  | Wiring Diagram Pzem-004TM dengan Arduino                  | II-24  |
| Gambar 2.8  | Konfigurasi PIN nodeMcu                                   | II-25  |
| Gambar 2.9  | LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> )                     | II-26  |
| Gambar 2.10 | Modul Relay 4 Channel                                     | II-27  |
| Gambar 2.11 | Rangkaian Relay 4 Channel dengan Arduino                  | II-28  |
| Gambar 2.12 | MCB 3 Phasa   | II-29  |
| Gambar 3.1  | Laptop  | III-30 |
| Gambar 3.2  | Printer EPSON L120  | III-31 |
| Gambar 3.3  | ATK (Alat Tulis Kantor)                                   | III-31 |
| Gambar 3.4  | Arduino Uno   | III-32 |
| Gambar 3.5  | Arduino IDE   | III-34 |
| Gambar 3.6  | Modul Relay   | III-35 |
| Gambar 3.7  | LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> )                     | III-36 |
| Gambar 3.8  | PZEM-004T   | III-38 |
| Gambar 3.9  | Kontaktor   | III-39 |
| Gambar 3.10 | MCB 3 Phasa   | III-40 |
| Gambar 3.11 | Alur Metode Penelitian                                    | III-41 |
| Gambar 3.12 | Blok Diagram Perencanaan Sistem                           | III-43 |
| Gambar 3.13 | <i>Software</i> Arduino IDE                               | III-44 |
| Gambar 3.14 | Blok Diagram Perancangan <i>Software</i>                  | III-45 |
| Gambar 3.15 | Flowchart Proteksi Unbalance Voltage Relay Digital        | III-48 |
| Gambar 3.16 | Kontruksi dari <i>Unbalance Voltage</i> Relay Digital     | III-51 |
| Gambar 3.17 | Alur Penelitian   | III-52 |

## DAFTAR TABEL

|           |   |        |
|-----------|---|--------|
| Tabel 2.1 | Ringkasan ATmega328   | II-17  |
| Tabel 2.2 | Hubungan atau koneksi antara modul PZEM-004T dengan Arduino | II-23  |
| Tabel 3.1 | Spesifikasi Arduino Uno                                     | III-33 |
| Tabel 3.2 | Spesifikasi Modul Relay 4 Channel                           | III-36 |
| Tabel 3.3 | Spesifikasi PZEM-004T                                       | III-37 |
| Tabel 3.4 | Spesifikasi MCB 3 Phasa                                     | III-40 |
| Tabel 4.1 | Pengujian Tegangan tiap-tiap Pin Arduino Uno                | IV-56  |
| Tabel 4.2 | Data Pengujian 1  | IV-61  |
| Tabel 4.3 | Data Pengujian 2  | IV-61  |
| Tabel 4.4 | Data Pengujian 3  | IV-61  |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Energy listrik adalah salah satu energi yang paling banyak dimanfaatkan manusia diseluruh dunia, penggunaan energy listrik sangat bervariasi seperti halnya di industri, tempat-tempat umum, pendidikan, serta rumah tangga, peralatan yang menggunakan energi listrik harus memiliki kualitas daya yang baik seperti tegangan, arus, frekuensi yang layak dan baik. Untuk meningkatkan kualitas listrik yang baik peralatan-peralatan listrik dilengkapi dengan alat proteksi yang digunakan untuk melindungi peralatan yang sensitif akan kerusakan, alat proteksi dalam kelistrikan pada umumnya adalah proteksi tegangan, proteksi arus, proteksi frekuensi, proteksi hubung singkat, alat-alat proteksi ini berfungsi mencegah peralatan atau beban agar tidak rusak karena adanya gangguan tersebut. Seluruh aktivitas manusia tidak terlepas dari penggunaan energi listrik (Kukuh Widarsono<sup>1</sup>,dkk Dzuhuri<sup>1</sup>, 2019).

Pada dasarnya suatu 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.

Pada saat sekarang ini konsumen listrik terbesar ada pada sektor industri, karena pada umumnya industri sangat banyak membutuhkan suplay tenaga listrik sebagai sumber utama dalam operasionalnya. Namun dengan berkurangnya pasokan listrik akibat banyaknya konsumen yang membutuhkan suplay tenaga listrik pada saat ini, menyebabkan terjadinya pemadaman listrik serta penurunan tegangan listrik pada waktu terjadinya beban puncak yang dapat berdampak buruk pada peralatan-peralatan yang terhubung pada suplay tenaga listrik.

Jika hal tersebut terjadi maka ketidakseimbangan antar fasa akan sulit untuk dihindari sehingga pada akhirnya peralatan yang terhubung dengan

jala-jala listrik 3 fasa juga akan mengalami kerusakan akibat gangguan over/under voltage. *Under* dan *Over Voltage* merupakan salah satu yang menyebabkan buruknya kualitas daya listrik. *Under* dan *Over Voltage* termasuk ke dalam *long duration variation*, dimana waktu kejadiannya adalah lama (Ramadhan Firdiyanto Firdaus, 2021)

Ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*) adalah tegangan yang memiliki fasa lebih dari satu dengan tegangan 3 fasa dengan masing-masing fasa bernilai 220V. Karna adanya ketidakseimbangan tegangan maka ada salah satu antara fasa R-S-T yang tidak bernilai 220V. Akibat dari *unbalance voltage* akan dapat terjadinya degradasi peralatan tenaga listrik (berkurangnya masa penggunaan alat). Penulis akan mengambil data besar dan kecilnya gangguan tegangan yang terjadi.

Dilihat dari latar belakang masalah tersebut, maka penulis mengangkat judul “Perancangan Proteksi Ketidakseimbangan Tegangan (*Unbalance Voltage*) digital berbasis Arduino Uno.”.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perancangan proteksi ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*) berbasis Arduino Uno?
2. Bagaimana proses pembacaan sensor tegangan ketika terjadi gangguan ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*) berbasis Arduino Uno?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar suatu pembahasan tidak menyimpang dari tujuannya memerlukan adanya pembatasan ruang lingkup masalah pada satu pokok persoalan. Masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

- Merancang rangkaian Proteksi *Unbalance Voltage Relay* Digital
- Pengujian dilakukan dengan merubah-ubah sumber tegangan dengan beban tetap.
- Perakitan Proteksi *Unbalance Relay* Digital
- Pembuatan Program Proteksi *Unbalance Voltage Relay* Digital
- Pengujian Proteksi *Unbalance Relay* Digital

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas tujuan penelitian yaitu :

1. Untuk merancang alat proteksi ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*) berbasis Arduino Uno antara fasa akibat gangguan fasa R-S-T
2. Untuk mendapatkan hasil persentase (+/-) 5% dan 10% dari *setpoint* yang telah ditentukan.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari perencanaan ini adalah :

1. Sebagai referensi mengenai proteksi ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*) berbasis Arduino Uno.
3. Melindungi peralatan elektronik dari gangguan ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*) dan mampu mengatasi gangguan ketidakseimbangan tegangan, dengan tujuan akhir memastikan keselamatan sistem kelistrikan.
2. Bagi pembaca, dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan dan dapat memahami sesuai kebutuhan yang diinginkan.