

**MONITORING DAN KONTROL KETIDAKSEIMBANGAN ARUS FASA  
PADA SISTEM DISTRIBUSI BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)**

**(SKRIPSI)**

**Oleh**

**MUCHLAS AL MA'RUF**

**1915031071**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2024**

## ABSTRAK

### MONITORING DAN KONTROL KETIDAKSEIMBANGAN ARUS FASA PADA SISTEM DISTRIBUSI BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)

Oleh

MUCHLAS AL MA'RUF

Ketidakseimbangan beban mengakibatkan penurunan keandalan suatu sistem tenaga, penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah tidakseimbangny keadaan beban antar fasa (fasa R, fasa S dan fasa T) pada beban satu fasa pada jaringan tegangan rendah, batas maksimal ketidakseimbangan beban menurut PLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014) sebesar 10% dan sebesar 5% - 20% berdasarkan IEEE std 446 -1995. Sehingga, diperlukan peralatan yang dapat memonitoring dan mengontrol ketidakseimbangan beban sistem distribusi berbasis IoT. Prototipe yang dibangun terdiri dari beberapa modul antara lain menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan Nodemcu ESP8266 berbasis IoT (*internet of things*). Sensor PZEM-004T dan Relay 5V dihubungkan dengan Arduino Mega 2560. Pengontrolan ketidakseimbangan Arus Fasa dilakukan dengan memindahkan beban pada fasa R, fasa S dan fasa T dengan pembebanan pada Arus Fasa terbesar dipindahkan pada Arus Fasa terkecil menggunakan Relay 5V sehingga arus ketidakseimbangan Arus Fasa dibawah standar. Rancang bangun sistem monitoring dan kontrol terhadap ketidakseimbangan Arus Fasa dapat berfungsi dengan baik dengan berbasis IoT menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan NodeMCU ESP8266 telah berhasil memonitoring dan mengontrol beban dengan cara melakukan switching beban ketika ketidakseimbangan Arus Fasa terjadi. Perbandingan hasil pembacaan daya listrik pada media monitoring dengan hasil alat ukur baik pada monitoring arus dan tegangan memiliki error arus sebesar 0,077% dan error tegangan sebesar 0,002%. Ketika terjadi ketidakseimbangan melebihi standar yang ditentukan, sistem dapat melakukan switching sehingga ketidakseimbangan Arus Fasa memenuhi standar yang ditentukan. Hal ini baik untuk peralatan dan beban yang digunakan.

Kata kunci: Monitoring dan Kontrol, Ketidakseimbangan Fasa, *Internet of Things*.

## **ABSTRACT**

### **MONITORING DAN KONTROL KETIDAKSEIMBANGAN ARUS FASA PADA SISTEM DISTRIBUSI BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)**

**By**

**MUCHLAS AL MA'RUF**

Load imbalance results in a decrease in the reliability of a power system. The cause of this imbalance is the unequal distribution of loads among phases (phase R, phase S, and phase T) in a single-phase load on a low-voltage network. According to PLN regulations (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014), the maximum allowable load imbalance is 10%, and it ranges from 5% to 20% according to IEEE std 446-1995. Therefore, equipment is needed to monitor and control load imbalance in IoT-based distribution systems. The prototype consists of several modules, including the Arduino Mega 2560 microcontroller and IoT-based Nodemcu ESP8266. The PZEM-004T sensor and 5V Relay are connected to the Arduino Mega 2560. Control of phase current imbalance is achieved by switching the load among phases R, S, and T, with the load on the phase with the highest current switched to the phase with the lowest current using a 5V Relay. This ensures that the phase current imbalance is below the standard. The design of the monitoring and control system for phase current imbalance functions effectively in an IoT-based environment using the Arduino Mega 2560 microcontroller and NodeMCU ESP8266. It successfully monitors and controls loads by switching the load when phase current imbalance occurs. The comparison of power readings between the monitoring system and the measuring instrument shows a current error of 0.077% and a voltage error of 0.002%. When an imbalance exceeds the specified standard, the system can perform a load switching, ensuring that the phase current imbalance meets the specified standard. This is beneficial for the equipment and loads used.

**Keywords:** Monitoring and Control, Phase Imbalance, Internet of Things.

**MONITORING DAN KONTROL KETIDAKSEIMBANGAN ARUS FASA  
PADA SISTEM DISTRIBUSI BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)**

**Oleh**

**MUHLAS AL MA'RUF**

**(SKRIPSI)**

**Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar  
SARJANA TEKNIK**

**pada**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : **MONITORING DAN KONTROL  
KETIDAKSEIMBANGAN ARUS FASA  
PADA SISTEM DISTRIBUSI BERBASIS  
INTERNET OF THINGS (IoT)**

Nama Mahasiswa : **Muchlas Al Ma'ruf**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1915031071**

Program Studi : **Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

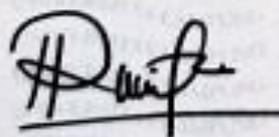
  
**Dr. Eng. Ir. Dikpride Despa, S.T.,  
M.T., IPM, ASEAN Eng.  
NIP 197204281998032001**

  
**Afri Yudamson, S.T., M.Eng.  
NIP 198904302019031011**

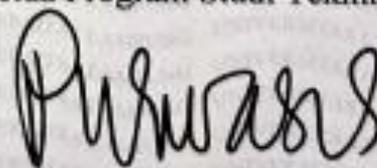
**2. Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Ketua Program Studi Teknik Elektro**



**Herlinawati, S.T., M.T.  
NIP 197103141999032001**



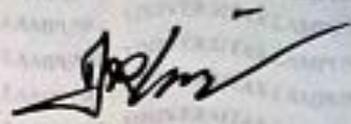
**Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T  
NIP 197404222000122001**

**MENGESAHKAN**

1. **Tim Penguji**

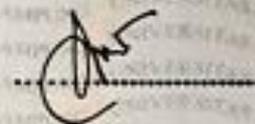
**Ketua**

**: Dr. Eng. Ir. Dikpride Despa, S.T.,  
M.T., IPM, ASEAN Eng**



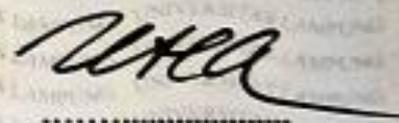
**Sekretaris**

**: Afri Yudamson, S.T., M.Eng.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Osea Zebua, S.T., M.T.**



2. **Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. J**

**NIP. 197509382691121002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Januari 2024**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 5 Februari 2024



Muchlas Al Ma'ruf  
NPM 1915031071

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Way Kanan, pada tanggal 11 Mei 2000, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, dari bapak Riyadi dan ibu Susilowati.

Riwayat Pendidikan penulis dimulai dari SD Negeri 1 Setia Negara pada tahun 2006 hingga 2012, SMP Negeri 01 Baradatu pada tahun 2012 hingga 2015, dan SMA Negeri 1 Bukit Kemuning pada tahun 2015 hingga tahun 2018.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, pada tahun 2019 melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis berkesempatan menjadi asisten Laboratorium Sistem Tenaga Listrik dari tahun 2021. Selain itu, penulis juga bergabung dalam organisasi intra kampus Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) yang pada tahun 2020 diamanahkan sebagai anggota Divisi Pengabdian Masyarakat dan pada tahun 2021 diamanahkan sebagai anggota Divisi Pengabdian Masyarakat. Penulis juga tergabung dalam organisasi Unila Robotika dan Otomasi sebagai anggota Divisi Vertical Take of & Landing (VTOL). Penulis melaksanakan kerja praktik & Magang di PT. Takenaka Indonesia, Kota Industri Internasional Karawang (KIIC) dalam divisi *Mechanical, Electrical, & Plumbing* (MEP) kemudian membuat laporan yang berjudul “Perencanaan Pemasangan *Agitator Mixer Engine* pada *Blending Room*”.

**“Ku Persembahkan dan ku dedikasikan Skripsi ini untuk Kedua Orangtua saya, Ayahanda Riyadi dan Ibunda Susilowati yang memberikan semua hal terbaik demi anaknya untuk mencapai kesuksesan”**

## **MOTTO**

**“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya.”**

(Ali bin Abi Thalib)

**“Bersemangatlal atas hal-hal yang bermanfaat bagimu. Minta tolonglah kepada Allah, dan jangan engkau lemah.”**

(HR. Muslim)

**“Sungguh, Allah memberi rezeki kepada siapa yang dikehendaki-Nya tanpa batas.”**

(QS. Ali Imran:37)

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT, atas limpahan nikmat dan karunia-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan yang mampu membuka sesuatu yang terkunci, penutup dari semua yang terdahulu, penolong kebenaran dengan jalan yang benar, dan petunjuk kepada jalan-Mu yang lurus.

Tugas akhir dengan judul “ Monitoring dan Kontrol Ketidakseimbangan Arus Fasa Pada Sistem Distribusi Berbasis *Internet of Things* (IoT)” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dikpride Despa, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing utama yang selalu memberikan motivasi dan pandangan kehidupan, mengarahkan dan membimbing dengan tulus dan penuh kesabaran.

5. Bapak Afri Yudamson, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran, bimbingan dan arahan dengan baik dan ramah.
6. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, masukan, kritik dan arahan.
7. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, bimbingan dengan baik dan tulus bagi penulis selama perkuliahan.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan pengajaran dan pandangan hidup selama perkuliahan.
9. Staff administrasi Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
10. Kedua orang tua Penulis, Bapak Riyadi dan Ibu Susilowati tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, dan tak henti-hentinya mendoakan serta mengingatkan penulis.
11. Mba Galih dan Mba Waskita yang selalu menjadi tempat bercanda, bercerita dan bertukar pikiran.
12. Teruntuk NPM. 1915041022, terimakasih selalu menjadi *support system* dan telah banyak memberikan dorongan, bantuan, dan doa selama penulisan skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
13. The Zulfi Family Wira, Ridho, Hafizh, Aqilla, Alhadi, Adrian atas tawa canda dan saling supportnya.
14. Segenap Keluarga Besar Laboratorium Sistem Tenaga Listrik; Pak Rahman atas kerjasamanya selama menjadi asisten laboratorium; Al Hadi, Aqila, Adrian,

Adam, Fatur, Adhi, Natasya, dan Khairan sebagai asisten laboratorium semoga segera menyusul dan dipermudah segala urusan tugas akhir, dan tidak lupa adik-adik 2020, Rizki, Aymanul, Arnes, Ipna, dan syawal.

15. Keluarga besar Angkatan ETERNITY 2019, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.
16. Keluarga besar HIMATRO UNILA, yang telah menjadi wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.
17. Semua pihak yang terlibat dalam proses perkuliahan dan penulisan skripsi ini penulis ucapkan terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan masyarakat pada umumnya.

Bandar Lampung, 2 Februari 2024

**Muchlas Al Ma'ruf**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Hipotesis .....	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Penelitian Terkait .....	5
2.2. Sistem 3 Fasa Dalam Kelistrikan .....	7
2.3. Ketidakseimbangan pada listrik 3 fasa .....	8
2.3.1. Ketidakseimbangan Tegangan .....	8
2.3.2. Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator .....	8
2.3.3. Ketidakseimbangan Beban 1 Fasa .....	12

2.4.	<i>Internet of Things</i> .....	13
2.5.	Arduino Mega 2560.....	14
2.6.	NodeMCU ESP8266 .....	15
2.7.	Modul Relay 5 V .....	15
2.8.	Sensor PZEM-004T.....	16
<b>III.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian .....	18
3.2.	Alat dan Bahan .....	18
3.3.	Spesifikasi Alat dan Bahan.....	19
3.4.	Tahapan Penelitian .....	19
3.5.	Diagram Alir Penelitian.....	21
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1.	Skema Monitoring dan Kontrol pada Ketidakseimbangan Arus Fasa ...	27
4.2.	Tampilan pada Aplikasi Blynk.....	29
4.3.	Pengujian Sensor PZEM-004T.....	32
4.3.1.	Pengujian Arus .....	32
4.3.2.	Pengujian Tegangan.....	35
4.4.	Pengujian Pengontrolan Ketidakseimbangan Arus Fasa.....	37
4.5.	Monitoring pada Blynk .....	40
4.5.1.	Monitoring Tegangan.....	40
4.5.2.	Monitoring Arus.....	41

4.5.3. Monitoring Daya .....	41
4.6. Analisis Persentase Ketidakseimbangan Arus Fasa .....	42
<b>V. KESIMPULAN.....</b>	<b>47</b>
5.1. Kesimpulan.....	47
5.2. Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Gelombang Tegangan 3 Fasa .....	7
Gambar 2.2 Vektor Diagram Arus Dalam Keadaan Seimbang .....	9
Gambar 2.3 Vektor Diagram Arus yang Tidak Seimbang .....	10
Gambar 2.4 prinsip <i>Internet of Things</i> .....	14
Gambar 2.5 Arduino Mega 2560 .....	14
Gambar 2.6 NodeMCU ESP8266 .....	15
Gambar 2.7 Modul Relay 5 V .....	16
Gambar 2.8 Sensor PZEM 004T .....	16
Gambar 3.0 Diagram Alir .....	21
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Monitoring .....	22
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem kontrol.....	23
Gambar 3.3 Blok Diagram Perancangan Perangkat Lunak (Software) .....	24
Gambar 4.1. Skema Monitoring dan Kontrol Arus Fasa .....	27
Gambar 4.2 Sistem elektronika <i>prototype</i> .....	28
Gambar 4.3 Monitoring dan kontrol pada Aplikasi Blynk .....	29
Gambar 4.4 Monitoring dan kontrol dengan Mode Manual .....	31
Gambar 4.5 Monitoring dan kontrol dengan Mode Otomatis.....	32

Gambar 4.6 pengujian arus dari sensor PZEM-004T.....	33
Gambar 4.7 Grafik perbandingan arus alat ukur dengan alat rancangan .....	34
Gambar 4.8 pengujian tegangan dari sensor PZEM-004T.....	35
Gambar 4.9 Grafik perbandingan tegangan alat ukur dengan alat rancangan .....	37
Gambar 4.10 kontrol pada mode manual .....	38
Gambar 4.11 kontrol pada mode otomatis .....	39
Gambar 4.12 Monitoring Tegangan pada Blynk .....	40
Gambar 4.13 Monitoring arus pada Blynk.....	41
Gambar 4.13 Monitoring daya pada Blynk.....	41
Gambar 4.14 Kontrol ketidakseimbangan kasus 1 .....	43
Gambar 4.15 Kontrol ketidakseimbangan kasus 2.....	44
Gambar 4.14 Kontrol ketidakseimbangan kasus 3.....	45

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan .....	18
Tabel 4.1. Pengujian pembacaan arus Sensor PZEM-004T.....	33
Tabel 4.2. pengujian pembacaan tegangan sensor PZEM-004T.....	36
Tabel 4.3. beban pada sistem ketidakseimbangan arus fasa .....	42
Tabel 4.4. <i>Switching</i> pada sistem ketidakseimbangan arus fasa .....	43

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam dunia industri, kebutuhan energi listrik merupakan kebutuhan utama. Energi listrik adalah energi yang dapat dengan mudah diubah menjadi besaran energi lain, seperti energi mekanik, panas. Beban listrik di industri sangat bervariasi, seperti beban penerangan, peralatan listrik atau motor. Dalam proses pendistribusian tenaga karena adanya beban yang tidak seimbang, setiap fasa (fasa R, fasa S, fasa T) dari trafo distribusi biasanya memiliki beban yang tidak seimbang, dan arus netral (In) muncul pada penghantar netral trafo. [1].

Ketidakseimbangan beban yang terjadi secara terus-menerus mengakibatkan munculnya arus netral, dan dengan adanya ketidakseimbangan antara fasa (fasa R, fasa S, fasa T) menyebabkan adanya suatu pemanasan pada suatu konduktor dan pada ketidakseimbangan menyebabkan kerusakan pada peralatan pada industry. Ketidakseimbangan beban yang terjadi secara terus-menerus mengakibatkan penurunan keandalan suatu sistem tenaga, Persentase ketidakseimbangan beban pada yang diizinkan yaitu sebesar 10% berdasarkan PLN (SK ED PLN No.0017.E/DIR/2014) dan sebesar 5% - 20% berdasarkan IEEE std 446 -1995. Tingginya ketidakseimbangan beban berpengaruh terhadap besarnya arus netral, dengan besarnya arus netral mengakibatkan meningkatnya *losses* serta kualitas daya akan rendah rendah, sehingga berpengaruh terhadap kualitas sistem penyaluran daya listrik [2].

Perbedaan arus setiap fasa menyebabkan panas dalam salah satu fasa, untuk itu diperlukan suatu peralatan yang dapat memonitoring dan kontrol terhadap ketidakseimbangan beban yang dilayani oleh transformator distribusi dengan terhubung *smartphone* atau PC/laptop operator melalui jaringan internet dengan tampilan berupa grafik sehingga dapat dipantau dan dikontrol kapanpun dan dimanapun oleh user serta dapat dilakukannya pemerataan beban. Peralatan yang

dapat memonitoring dan kontrol ketidakseimbangan beban sistem distribusi berbasis *internet of things*.

## **1.2. Tujuan**

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem monitoring dan kontrol terhadap ketidakseimbangan Arus Fasa.
2. Memonitoring ketidakseimbangan fasa dengan monitoring adalah arus, tegangan dan daya setiap penghantar melalui internet.
3. Melindungi peralatan elektronik akibat dari ketidakseimbangan Arus Fasa.

## **1.3. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem perancangan monitoring dan kontrol terhadap ketidakseimbangan Arus Fasa?
2. Bagaimana pengaruh nilai arus pada setiap penghantar terhadap persentase ketidakseimbangan Arus Fasa?

## **1.4. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler yang digunakan merupakan Arduino mega 2560 dan NodeMCU ESP8266.
2. Data yang dimonitoring yaitu arus, tegangan, dan daya.
3. Menggunakan *platform* Blynk sebagai media antarmuka IoT.
4. Kontrol dilakukan pada kondisi ketidakseimbangan Arus Fasa dengan beban 1 fasa maksimal sebesar 4 ampere.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Monitoring dan kontrol secara *real-time* terhadap ketidakseimbangan Arus Fasa.
2. Melindungi peralatan elektronik akibat ketidakseimbangan Arus Fasa.

### **1.6. Hipotesis**

Monitoring dan kontrol terhadap ketidakseimbangan Arus Fasa pada dapat dibangun menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengelola sinyal *output* dari sensor PZEM-004T dan NodeMCU ESP8266 sebagai komunikasi serial dengan modul *Wi-Fi* dengan Arduino Mega. sensor PZEM-004T sebagai sensor tegangan, arus, dan daya. Relay berfungsi pemutus dan penghubung arus sebagai penanganan saat kondisi ketidakseimbangan fasa. Sensor PZEM-004T dan Relay tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data agar dapat dikirimkan ke platform blynk dapat memonitoring dan kontrol sehingga dapat melindungi peralatan elektronik akibat ketidakseimbangan fasa.

### **1.7. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan akhir bertujuan guna memberikan suatu gambaran secara sederhana terkait pembahasan yang ada dalam tugas akhir skripsi dan untuk memudahkan dalam memahami isi yang disajikan dalam skripsi ini. Adapun sistematika yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat, hipotesis, dan sistematika penulisan penelitian.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini memaparkan tentang landasan teori dari penelitian ini yang didapat dari sumber buku, jurnal, serta penelitian terdahulu.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini memaparkan waktu dan tempat, alat dan bahan, metode penelitian dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi tentang perancangan dan pembahasan data hasil pengujian alat yang dibuat pada pengerjaan penelitian.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan dari hasil pembahasan masalah yang dikaji dalam penelitian tugas akhir dan berisi saran penulis untuk meningkatkan wawasan bagi pembaca.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terkait

Pada penelitian ini terdapat 5 sumber acuan utama yang dijadikan referensi dalam pembuatan skripsi ini, referensi pertama berupa jurnal penelitian berjudul “Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway”. Pada penelitian ini dilakukan oleh Afrizal Fitriandi, Endah Komalasari dan Herri Gusmedi pada tahun 2016 di Universitas Lampung. Penelitian ini menjelaskan suatu alat monitoring arus dan tegangan berbasis mikrokontroler dengan sms gateway untuk mempermudah arus dan tegangan. Arus dan tegangan akan dimonitoring secara berkala melalui jaringan telekomunikasi melewati sms setiap 5 menit.[5]

Referensi kedua berupa jurnal penelitian berjudul “*The Implementation Internet of Things (IoT) Technology in Real Time Monitoring of Electrical Quantities*”. Penelitian ini dilakukan oleh D Despa, G.F Nama, dan M.A Muhammad pada tahun 2018 di Universitas Lampung. Penelitian ini menjelaskan pemantauan distribusi daya secara online sistem berbasis teknologi *Internet of Things (IoT)* diimplementasikan pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung (Unila), khususnya di gedung H panel distribusi utama tiga fasa. Pada sistem pengukuran menggunakan beberapa sensor seperti sensor arus dan sensor tegangan, sedangkan pengolahan data dilakukan oleh Arduino, yaitu data pengukuran disimpan ke dalam database server dan ditampilkan secara real-time melalui aplikasi berbasis web. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi kelistrikan sistem tenaga listrik pada gedung-H melakukan beban yang tidak seimbang, yang sering menyebabkan *drop-voltage*. [6]

Referensi ketiga berupa jurnal penelitian berjudul “Monitoring Arus, Tegangan dan Daya pada Transformator Distribusi 20 kV menggunakan Teknologi *Internet of Things*”. Pada penelitian ini dilakukan oleh Noer Soedjarwanto dan Gigih Forda pada tahun 2019 di Universitas Lampung. Penelitian ini menjelaskan Perancangan dan pembuatan alat monitoring Arus Fasa dari transformator distribusi secara online berbasis teknologi *internet of things* (IoT). Sensor tegangan dan sensor arus digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, mikrokontroler digunakan sebagai pemroses data hasil pengukuran dan ethernet shield serta modem internet digunakan untuk mengirimkan data ke server platform IoT *Ubidots*. Hasil pengujian menunjukkan alat monitoring transformator distribusi mampu bekerja untuk memonitor besaran-besaran listrik pada transformator distribusi dan mengirimkan data ke jaringan penyedia IoT sehingga dapat dimonitor dari jarak yang jauh melalui perangkat laptop atau handphone. [7]

Referensi keempat berupa jurnal penelitian berjudul “Perencanaan Alat Pengontrolan Beban Listrik Satu Fasa Jarak Jauh Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Arduino Mega” Pada penelitian ini dilakukan oleh Rahmi Berlianti dan Fibriyanti pada tahun 2020 di Politeknik Negeri Padang. Penelitian ini menjelaskan pemanfaatan Aplikasi Blynk pada smartphone pada setiap peralatan listrik pada rumah dan dapat dikontrol penggunaannya dari jarak jauh. Pengendalian peralatan listrik menggunakan Modul Relay sebagai saklar yang akan mengontrol tegangan AC untuk menyalakan atau memadamkan beban listrik yang dikirim dari aplikasi Blynk. Hasil pengujian dengan pengontrolan pada aplikasi smartphone yang dapat mengontrol dan menerima status dari beban yang dikontrol menunjukkan bahwa pengontrolan berjalan dengan baik. Terlihat bahwa pinpin Arduino Mega yang telah diaktifkan berhasil mengirimkan instruksi untuk mengontrol beban listrik pada rumah. [8]

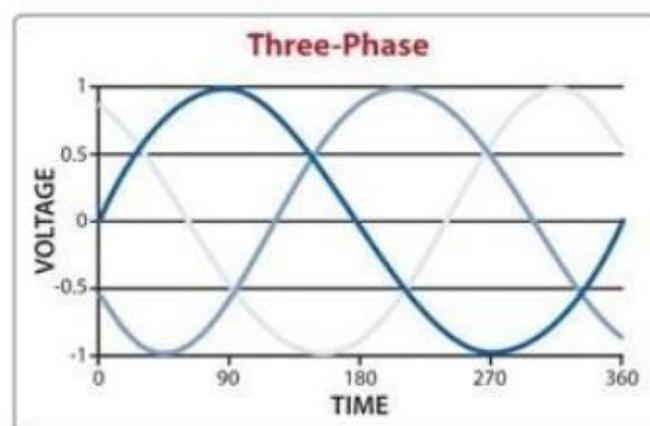
Referensi kelima berupa jurnal penelitian berjudul “Rancang Bangun Alat Monitoring Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Berbasis *Internet of Thing*”. Pada penelitian ini dilakukan oleh Osea Zebua, Endah Komalasari dan Syaiful Alam pada tahun 2021 di Universitas Lampung. Penelitian ini menjelaskan

Perancangan dan pembuatan alat monitoring ketidakseimbangan beban transformator distribusi menggunakan teknologi IoT. Pada pengujian menunjukkan monitoring ketidakseimbangan beban transformator distribusi dapat secara online dari jarak jauh menggunakan perangkat yang terhubung ke jaringan internet. [9]

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu tersebut, penelitian selanjutnya penulis ingin mengembangkan monitoring ketidakseimbangan beban 3 fasa menggunakan pengontrol saluran cabang 1 fasa yang memiliki beban tidak seimbang. tiap fasa (fasa R-N, fasa S-N, dan Fasa T-N) dengan menambahkan kontrol sehingga ketika terjadi ketidakseimbangan Arus Fasa dengan standar ketidakseimbangan  $\leq 10\%$ . pada suatu aliran distribusi menuju beban dapat diputus aliran salah satu fasa beban terbesar sebelum terjadi kerusakan pada peralatan elektronik. Dengan menggunakan *Internet of Things* yang dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja melalui *smartphone*.

## 2.2. Sistem 3 Fasa Dalam Kelistrikan

Sistem tenaga listrik tiga fasa biasa digunakan pada jaringan tenaga listrik yang didistribusikan langsung oleh PLN mulai dari pembangkit listrik hingga jaringan distribusi hingga konsumen. Sistem tiga fasa ini menggunakan 3 konduktor sinusoidal yang masing-masing mempunyai sudut fasa berbeda sebesar  $120^\circ$ . [3]



Gambar 2.1 Gelombang Tegangan 3 Fasa

Menurut istilah, listrik 3 fasa terdiri dari 3 kawat penghantar listrik (R, S, T) dan 1 kawat netral (N). Tegangan listrik dalam sistem 3 fasa terdiri dari 2 macam yaitu:

1. Tegangan antar fasa terhadap fasa. Umumnya listrik 3 fasa yang digunakan PLN bertegangan 380V- 400V.
2. Tegangan fasa terhadap netral. Tegangan fasa ke netral yang digunakan PLN sebesar 220V-240V

Trafo adalah perangkat elektromagnetik yang secara sederhana, andal, dan efisien mengubah tegangan AC dari satu level ke level lainnya. Umumnya terdiri dari inti besi laminasi dan dua kumparan, kumparan primer dan kumparan sekunder. Laju perubahan tegangan bergantung pada rasio putaran kedua kumparan. Kumparan biasanya terdiri dari kawat tembaga yang dililitkan pada “kaki” inti trafo.

### **2.3. Ketidakseimbangan pada listrik 3 fasa**

#### **2.3.1. Ketidakseimbangan Tegangan**

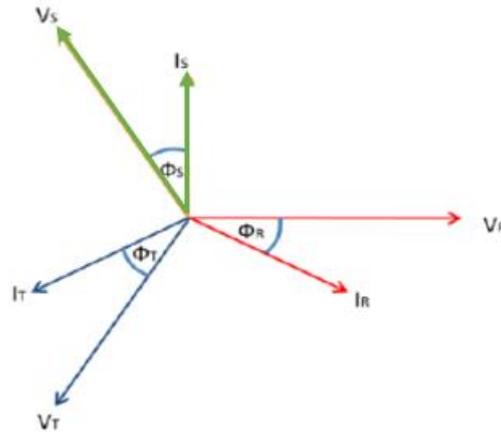
Ketidakseimbangan tegangan sering terjadi pada tingkat jaringan distribusi. Keadaan ini terjadi akibat distribusi beban satu fasa yang tidak seimbang. Ketidakseimbangan tegangan ini dapat menimbulkan berbagai permasalahan, termasuk pada industri di mana hal ini dapat menyebabkan motor induksi menjadi terlalu panas sehingga menyebabkan sistem keselamatan tidak bekerja sehingga mengakibatkan hilangnya produksi. [4].

#### **2.3.2. Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator**

Ketidakseimbangan beban sering terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik, penyebab ketidakseimbangan ini adalah beban satu fasa dari pengguna jaringan tegangan rendah. Akibat beban yang tidak seimbang, arus mengalir pada titik netral trafo. Arus yang mengalir melalui bagian netral trafo menimbulkan rugi-rugi yaitu rugi-rugi akibat arus netral pada netral trafo dan rugi-rugi akibat mengalirnya arus netral ke tanah. [7].

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana:

1. Ketiga vektor arus / tegangan sama besar.
2. Ketiga vektor saling membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.



Gambar 2.2 Vektor Diagram Arus Dalam Keadaan Seimbang

Di mana:

$I_R$  = Arus pada fasa R (Ampere)

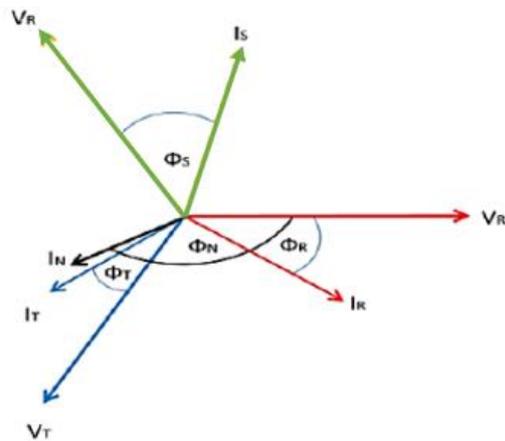
$I_S$  = Arus pada fasa S (Ampere)

$I_T$  = Arus pada fasa T (Ampere)

Bentuk diagram dari tegangan dan arus dari sistem tiga fasa yang dihubungkan dengan beban seimbang. Hal ini dapat kita perhatikan dari bentuk diagram fasor masing-masing fasa yang dipisahkan oleh sudut rugin-rugin atau  $\cos \Phi$  dari penggunaan beban masing-masing jalur fasa. Disini terlihat bahwa, ketika penjumlahan ketiga Phasor arusnya ( $I_R, I_S, I_T$ ) dengan nilai arus netral bernilai 0.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu:

1. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.



Gambar 2.3 Vektor Diagram Arus yang Tidak Seimbang

Dari gambar di atas menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan tidak seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya ( $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$ ) adalah tidak sama dengan nol sehingga muncul suatu besaran yaitu arus netral ( $I_N$ ) yang besarnya bergantung pada besar kecilnya arus. koefisien ketidakseimbangan. Nilai ketidakseimbangan beban dapat dicari dengan menggunakan koefisien a, b, dan c. Koefisien a, b, dan c memerlukan masing-masing arus fasa dan arus rata-rata. [9]. Maka diperoleh persamaan untuk koefisien a, b dan c sebagai berikut:

$$a = \frac{I_R}{I \text{ Rata-rata}}$$

$$b = \frac{I_S}{I \text{ Rata-rata}} \quad (2.1)$$

$$c = \frac{I_T}{I \text{ Rata-rata}}$$

Di mana:

$I_R$  = Arus pada fasa R (Ampere)

$I_S$  = Arus pada fasa R (Ampere)

$I_T$  = Arus pada fasa R (Ampere)

Persentase ketidaksimbangan beban, pada persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$I_{un} = \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Beban tidak seimbang ialah beban pada masing-masing fasa tidak sama besarnya. Oleh karena itu arus yang akan mengalir pada setiap fasanya juga akan berbeda tergantung seberapa besar beban yang ditanggung oleh fasa tersebut. Perbedaan besar arus pada setiap fasanya akan mengakibatkan mengalirnya arus pada penghantar netral. Karena pada beban tidak seimbang akan muncul arus netral, maka persamaan (2.3) untuk vektor di atas adalah:

$$I_N = I_R + I_S + I_T \neq 0 \dots\dots\dots(2.3)$$

Pada setiap indikasi ketidakseimbangan terlihat arus netral yang seharusnya tidak ada. Selain itu terlihat juga urutan fasa tidak searah jarum jam, dan arus fasa juga berbeda. Kehadiran fase netral menjadi faktor utama terjadinya ketidakseimbangan. Seperti yang Anda lihat, ketiga vektor ini tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.

Adapun penyebab ketidakseimbangan beban adalah sebagai berikut :

1. Beban yang tidak merata pada sistem distribusi tenaga listrik.
2. Beban yang tidak merata dalam sistem beban tenaga listrik.
3. Pembagian beban per fasa yang tidak merata.
4. Peralatan jaringan listrik yang mengalami kerusakan seperti kapasitor bank yang terbakar, trafo terbakar, hubungan open delt yang rusak dan lain-lain.

Arus netral dalam sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada kawat netral di sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa empat kawat [12].

Arus netral ini muncul jika :

1. Kondisi beban tidak seimbang
2. Karena adanya arus harmonisa akibat beban non-linear.

Arus yang mengalir pada kawat netral yang merupakan arus bolak-balik untuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus

fasa dalam komponen simetris. Arus netral dapat diperhitungkan dengan rumus berikut:

$$I_N = \sqrt{(I_R^2) + (I_S^2) + (I_T^2) - (I_R \times I_S) - (I_R - I_T)(I_S \times I_T)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Akibat dari ketidakseimbangan beban yang terjadi diantara setiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalir arus di saluran netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan *losses* (rugi-rugi) [13]. *Losses* pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 \times R_N \dots\dots\dots(2.5)$$

Di mana:

$P_N$  = *Losses* pada penghantar netral trafo (Watt)

$I_N$  = Arus yang mengalir pada netral trafo (A)

$R_N$  = Tahanan penghantar netral trafo ( $\Omega$ )

Presentase rugi – rugi daya akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator adalah:

$$\%P_N = \dots \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Panjang dan kawat penghantar yang digunakan pada jaringan tegangan rendah harus diperhatikan karena mempengaruhi rugi-rugi daya akibat beban yang tidak seimbang. Semakin besar arus yang mengalir pada penghantar netral maka semakin besar pula rugi-rugi daya beban tidak seimbang yang ditimbulkan.

### 2.3.3. Ketidakseimbangan Beban 1 Fasa

Beban tidak seimbang terjadi akibat penggunaan peralatan elektronik satu fasa yang jadwal pemakaiannya tidak pasti sehingga menyebabkan besarnya arus pada setiap fasa berubah-ubah seiring waktu. Beban yang tidak seimbang dapat menyebabkan

berbagai kondisi, antara lain: kerusakan peralatan elektronik dan peningkatan tegangan netral serta suhu penghantar.

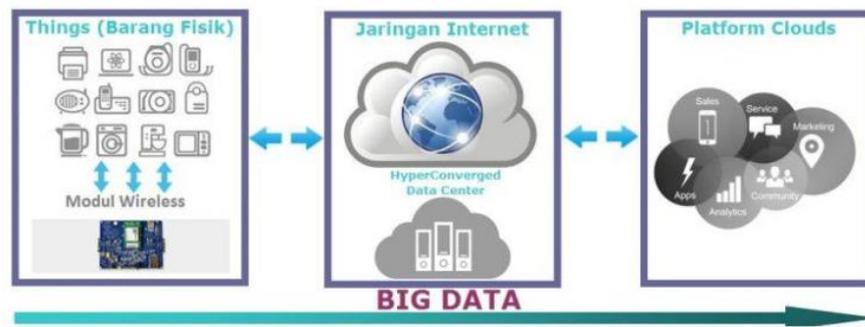
Menanggapi masalah yang dijelaskan oleh objek ketidakseimbangan fasa, kami merancang sistem pemantauan dan kontrol untuk meminimalkan efek ketidakseimbangan yang disebabkan oleh ketidakseimbangan beban 1 fasa.

#### **2.4. *Internet of Things***

*Internet of things* (IoT) merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas dari konektivitas internet yang terhubung secara terus-menerus. *Internet of things* (IoT) memiliki kemampuan seperti berbagai data, *remote control*, dan sebagainya. Sementara “*Things*” pada IoT merujuk pada subyek yang dikendalikan oleh internet. Pada dasarnya, *Internet of things* mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam struktur berbasis internet [6].

*Internet of Things* (IoT) akan memungkinkan objek apa pun untuk dideteksi atau dikendalikan dari jarak jauh di mana pun dalam infrastruktur jaringan yang ada, menciptakan peluang untuk integrasi dunia nyata ke dalam sistem berbasis komputer, meningkatkan efisiensi, akurasi, dan manfaat ekonomi selain mengurangi sumber daya manusia [10].

SAP (*Systeme, Anwendungen und Produkte*) mendefinisikannya sebagai berikut: dunia di mana objek fisik terus diintegrasikan ke dalam jaringan informasi dan objek fisik tersebut berperan aktif dalam proses bisnis. Layanan yang tersedia berinteraksi dengan "objek pintar" melalui Internet, mencari dan mengubah statusnya berdasarkan informasi yang relevan. Gambar di bawah ini adalah diagram skema *Internet of Things*.

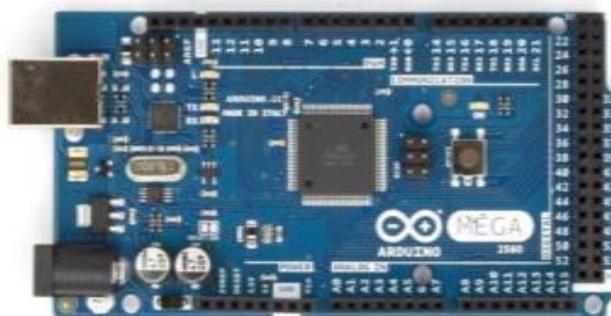


Gambar 2.4 prinsip *Internet of Things*

## 2.5. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560 yang memiliki 54 pin digital input/output dan 15 pin diantaranya digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack power, header ISCP, dan tombol reset [5].

Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau *Integrated Circuit* (IC) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan ditanamkannya program pada mikrokontroler adalah rangkaian elektronik dapat membaca input, kemudian memproses input tersebut sehingga menghasilkan output yang sesuai dengan keinginan. Jadi mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang mengatur input, proses, dan output sebuah rangkaian elektronik. Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Arduino Mega 2560

## 2.6. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan mikrokontroler yang merupakan sebuah *open source* platform IoT dan merupakan modul pengembangan yang menggunakan bahasa pemrograman untuk mempermudah dalam membuat suatu produk IoT. NodeMCU digunakan sebagai komunikasi serial dengan Arduino Mega dimanfaatkan untuk menerima arus, tegangan dan daya secara serial dari Arduino Mega. NodeMCU memiliki modul Wi-Fi yang dapat dimanfaatkan untuk menerima data nilai dari Arduino Mega ke Smartphone atau PC/laptop secara online.



Gambar 2.6 NodeMCU ESP8266

## 2.7. Modul Relay 5 V

Modul Relay 5 V merupakan komponen yang paling sering digunakan untuk memutus atau menghubungkan aliran listrik suatu rangkaian secara terkontrol. Relay adalah saklar elektronik yang bekerja dengan memanfaatkan medan magnet yang terdiri atas 2 bagian utama yaitu coil (kumparan) yang berfungsi untuk menggerakkan kontak dan switch contact (saklar). Dalam penelitian ini modul relay 5 V dikontrol oleh NodeMCU8266 untuk memutus atau menghubungkan daya listrik.



Gambar 2.7 Modul Relay 5 V

## 2.8. Sensor PZEM-004T

Module PZEM-004T merupakan module yang dapat mengukur (*measurement*) beberapa variabel kelistrikan sekaligus seperti tegangan, arus, daya dan energi. Selain itu sensor ini dapat menampilkan secara langsung pengukuran tersebut dalam LCD display (tegangan, arus, daya dan energi). Sensor ini merupakan bentuk lengkap dari kumpulan sensor-sensor konvensional sebelumnya yang umumnya terpisah antara satu dengan yang lain [11]. Adapun gambar dari sensor PZEM-004T dapat ditunjukkan seperti dibawah ini.



Gambar 2.8 Sensor PZEM 004T

## 2.9. Blynk

Blynk merupakan sebuah platform aplikasi yang bertujuan sebagai kendali module-module mikrokontroller atau sejenisnya melalui internet. Melalui aplikasi Blynk *user* dapat membuat *interface* tertentu untuk membuat proyek yang diinginkan, seperti proyek monitoring berbasis *Internet of Things*. Di dalam aplikasi Blynk terdapat pilihan seperti menampilkan button untuk proses *switching* ataupun grafik sebagai keluaran dari monitoring, yang keduanya menggunakan internet dalam pengendaliannya [8].



Gambar 2.9 Platform Blynk

### III.METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Universitas Lampung dari bulan Maret – Januari 2024 seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan									
		April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Januari
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Seminar Proposal	■									
3	Pengumpulan Alat dan Bahan	■	■								
4	Pembuatan Alat		■	■	■	■	■				
5	Pengujian Alat				■	■	■				
6	Pengumpulan Data						■	■			
7	Penulisan laporan, dan analisis data							■			
8	Seminar Hasil								■		
9	Perbaikan Laporan								■	■	
10	Komprehensif										■

#### 3.2. Alat dan Bahan

Adapun Alat dan bahan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop Lenovo
2. Arduino MEGA 2560
3. NodeMCU ESP8266
4. Sensor PZEM-004T
5. Relay 5 V
6. Software Arduino IDE
7. Kabel
8. Miniature Circuit Breaker (MCB)
9. LCD 20x4
10. Android

### 3.3. Spesifikasi Alat dan Bahan

Spesifikasi alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan Arduino Mega sebagai pengelola sinyal *output* dari sensor PZEM-004T yang menampilkan nilai yang diterima ke media *monitoring*.
2. Menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai komunikasi serial dengan modul *Wi-Fi* dengan Arduino Mega untuk informasi penerimaan data arus, tegangan dan daya secara serial dari Arduino Mega secara *online* ke *smartphone*.
3. Menggunakan Miniature Circuit Braker (MCB) sebagai pembatas arus pada beban.
4. Menggunakan Sensor PZEM-004T sebagai pembaca parameter listrik arus, tegangan, dan daya.
5. Menggunakan Relay 5 V sebagai penghubung dan pemutus arus pada setiap fasa.

### 3.4. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pendakatan studi literatur, perencanaan perangkat keras, penentuan komponen, rancangan alat, pengujian, dan pembahasan data.

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur ini melakukan pengumpulan referensi mengenai monitoring ketidakseimbangan beban yang akan digunakan sebagai pedoman dalam melakukan perancangan alat. Dari referensi-referensi tersebut akan dipelajari komponen, metode, rangkaian, dan hal hal lainnya yang berhubungan dengan perancangan alat. Tahap ini juga bertujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan karakteristik dan prinsip kerja dari komponen komponen maupun program yang akan digunakan dalam merancang alat.

#### 2. Perancangan Alat dan Bahan

Dalam tahap perancangan alat ini terdiri dari beberapa tahap yang akan dilakukan antara lain:

- a. Perancangan modul monitoring

- b. Perancangan modul kontrol
- c. Perancangan modul *Internet of Things*
- d. Pemrograman Arduino dan NodeMCU

### 3. Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk melihat keberhasilan alat sesuai dengan prinsip kerjanya dan referensi yang digunakan. Selain itu, saat pengujian berlangsung akan dilakukan pengambilan data-data yang akan digunakan sebagai acuan untuk menganalisa hasil pengujian. Tahap pengujian ini terdiri dari beberapa proses, antara lain;

#### a. Pengujian rangkaian *Internet of Things*

Pengujian ini dilakukan dengan melihat kinerja sensor – sensor untuk menampilkan nilai yang dibutuhkan dari rangkaian. Kemudian nilai keluaran dari sensor dikirim ke database lalu ditampilkan secara *online*. Kemudian membandingkan nilai hasil yang terukur saat menggunakan ampere tank dengan nilai yang terbaca dengan aplikasi *monitoring*.

#### b. Pengujian Kontrol

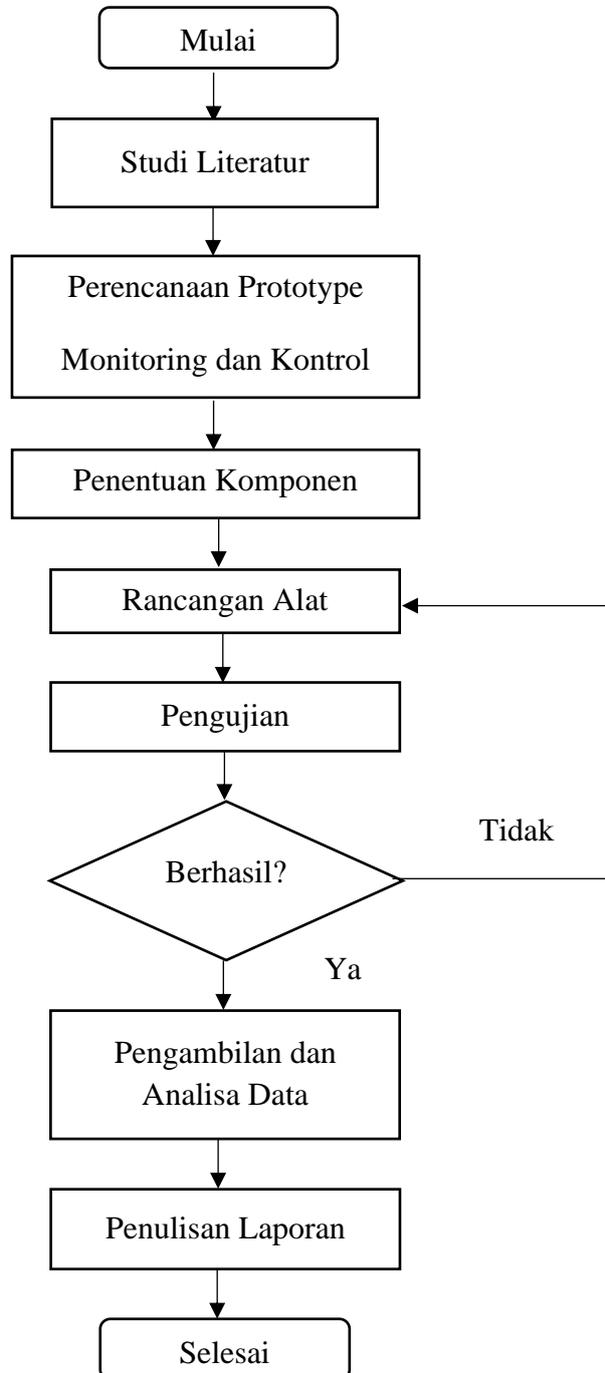
Pada pengujian ini dilakukan sistem kontrol untuk memutus dan menghubungkan aliran saat terjadi ketidakseimbangan beban dengan mengontrol *on/off* dari smartphone.

### 4. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, penelitian menuliskan mengenai rencana penelitian dalam bentuk laporan proposal dan hasil dari penelitian dalam bentuk laporan akhir. Laporan ini dapat digunakan sebagai bentuk tanggung jawab terhadap tugas akhir yang telah dilakukan dan digunakan untuk seminar usul dan seminar akhir.

### 3.5. Diagram Alir Penelitian

Penyelesaian tugas akhir dilakukan dalam beberapa tahap, secara umum tahap-tahap tersebut dijelaskan pada Gambar 3.0



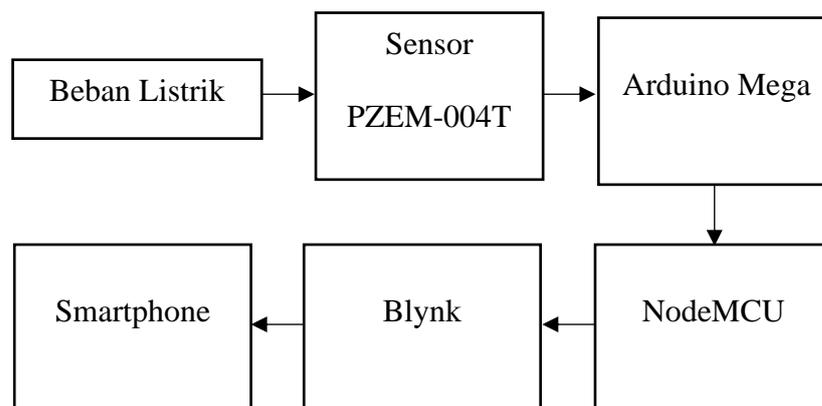
Gambar 3.0 Diagram Alir

Berdasarkan Gambar 3.0 dapat diketahui bahwa penelitian ini dimulai dengan cara memulai literatur sebagai bahan acuan untuk penelitian. Selanjutnya melakukan Perencanaan Prototype Monitoring dan Kontrol dan penentuan komponen alat sebagai awal proses untuk rancangan alat lalu dilanjutkan dengan pengujian alat monitoring dan kontrol tersebut, pada saat pengujian alat monitoring dan kontrol ini dilakukan pada ketidakseimbangan Arus Fasa  $\leq 10\%$  maka alat akan memproteksi salah satu Arus Fasa jika tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka akan kembali ke tahap pembuatan alat monitoring dan kontrol hingga sesuai dengan apa yang diharapkan. Setelah alat monitoring dan kontrol sesuai dengan apa yang diharapkan maka selanjutnya akan dilakukan pengambilan data untuk dapat dilakukannya analisa dan pembahasan pada data yang telah didapat tersebut. Penelitian ini diakhiri dengan cara penulisan laporan akhir atau skripsi.

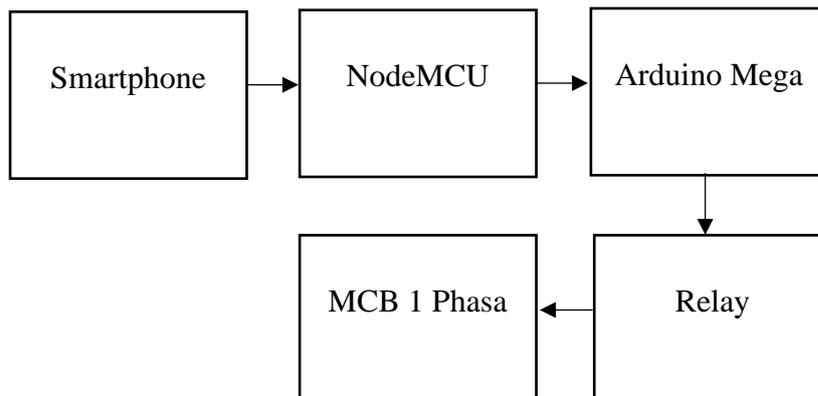
### 3.6. Diagram Blok Perancangan Alat

Pada tahapan ini, melakukan perancangan dan implementasi dari beberapa komponen yang sebelumnya telah ditentukan dan berdasarkan acuan referensi menjadi suatu sistem yang menjadi objek penelitian ini.

#### a. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Monitoring

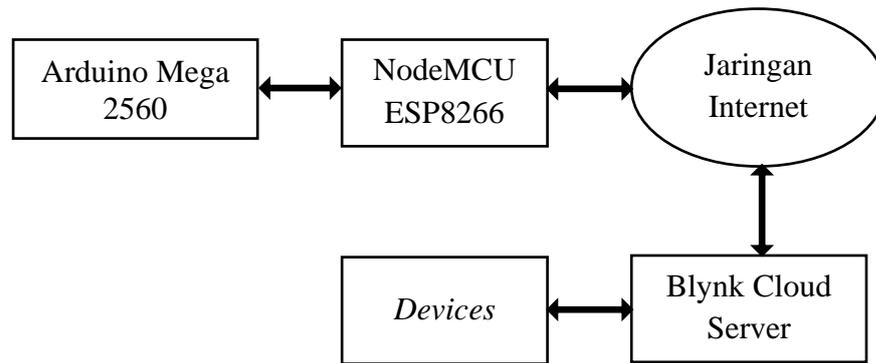


Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem kontrol

Pada perancangan perangkat keras memiliki beban listrik 3 fasa (phasa R, phasa S, phasa t) yang kemudian keluaran arus, tegangan dan daya akan diolah oleh 3 buah sensor Pzem-004. Di mana nilai-nilai tersebut akan diolah kembali oleh Arduino Mega 2560. Sensor relay dihubungkan ke Arduino Mega 2560 Setelah itu Arduino Mega 2560 akan komunikasi serial dengan sebuah NodeMCU ESP8266. Kemudian nilai-nilai yang terukur tersebut akan dilanjutkan NodeMCU ESP8266 yang terkoneksi dengan jaringan internet yang kemudian menuju *cloud server platfirm* Blynk. Pada platform blynk, ketidakseimbangan arus dengan standar  $\leq 10\%$  akan di monitoring dan dikontrol.

Pada perancangan sistem kontrol, smartphone akan memerintahkan pada platform blynk sebagai kontrol ketika ketidakseimbangan  $\leq 10\%$ . Salah satu relay dengan tiap phasa (phasa R, phasa S, phasa T) akan memproteksi pada aliran listrik jika terjadi ketidakseimbangan Arus Fasa terjadi pada setiap beban.

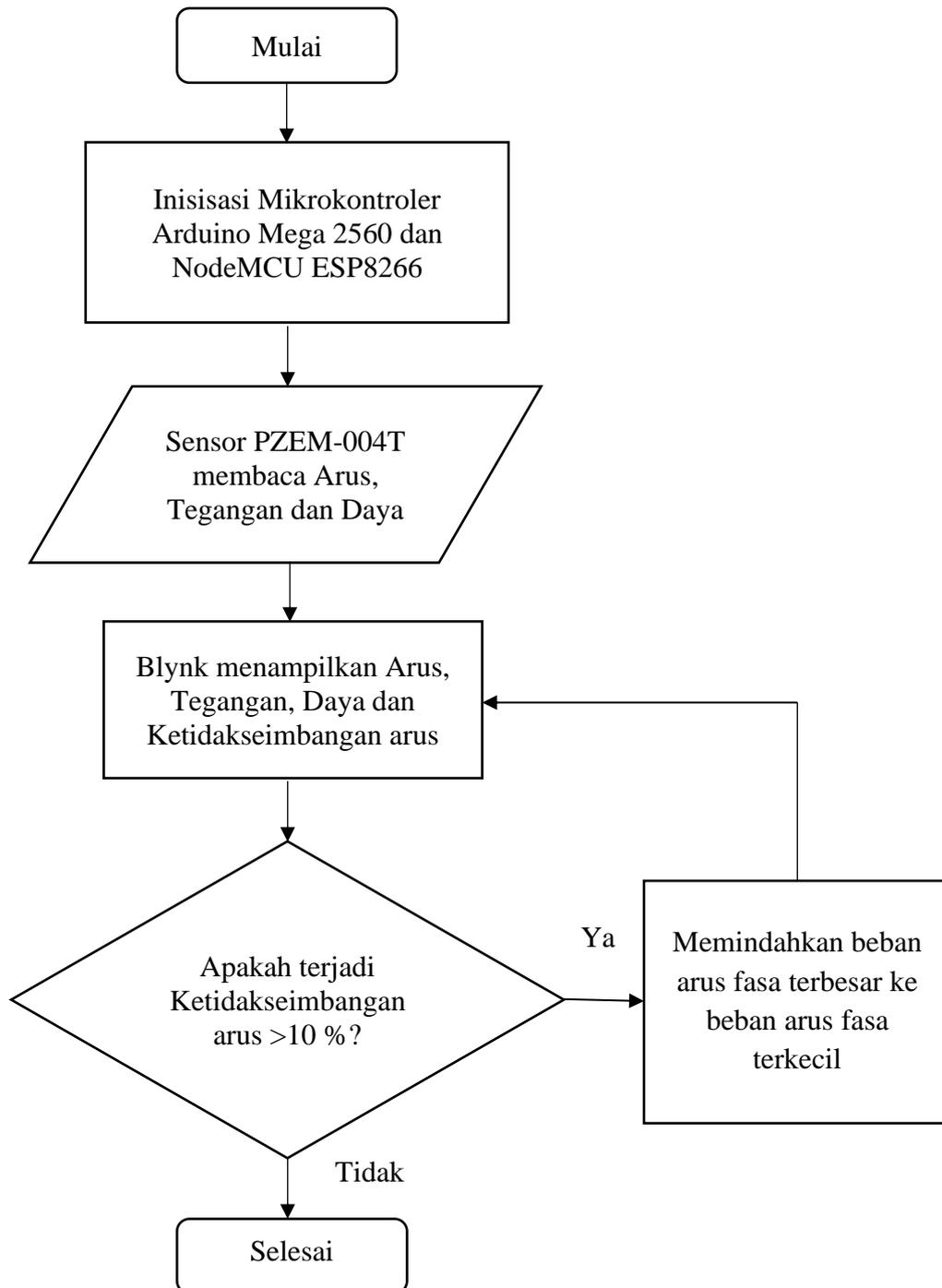
b. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)



Gambar 3.3 Blok Diagram Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat atau devices akan digunakan sebagai media pemantauan dan pengendalian, di mana aplikasi pada devices akan memberikan perintah dan terhubung jaringan internet. Kemudian data dari perangkat menuju blynk cloud server, setelah itu akan meneruskan data ke perangkat NodeMCU ESP8266 dan selanjutnya data tersebut akan diolah oleh mikrokontroler.

### 3.7. Diagram Alir Sistem



Gambar 3.4 Diagram Alir Sistem

Pada Gambar 3.4 menjelaskan mengenai flowchart diagram alir sistem ketidakseimbangan arus fasa berbasis *Internet of Things*. Setelah sistem aktif mikrokontroler akan diinisiasi dan data akan terbaca pada Arduino Mega 2560 dan NodeMCU ESP8266. Arduino Mega 2560 akan memproses dan mengolah data output dari pembacaan sensor PZEM-004T dan kontrol untuk Relay 5V. NodeMCU ESP8266 yang memiliki modul Wi-Fi akan melakukan komunikasi serial dengan Arduino Mega 2560. NodeMCU ESP8266 dimanfaatkan untuk mengirim data nilai dari Arduino Mega 2560 ke platform Blynk. Blynk menampilkan Arus, Tegangan, Daya dan Ketidakseimbangan arus. Kontrol pada blynk berfungsi untuk memerintahkan relay 5v untuk melakukan kontrol yang dapat dilakukan secara saat terjadi ketidakseimbangan arus fasa  $>10\%$  dapat dilakukan peralihan beban dengan menggunakan mode otomatis sehingga beban arus fasa R, S, dan T. menjadi  $\leq 10\%$ .

## **V. KESIMPULAN**

### **5.1. Kesimpulan**

1. Sistem monitoring dan kontrol terhadap ketidakseimbangan Arus fasa dapat beroperasi sesuai fungsinya dengan berbasis IoT menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan NodeMCU ESP8266 telah berhasil memonitoring dan mengontrol beban dengan cara melakukan switching beban ketika ketidakseimbangan Arus fasa terjadi.
2. Monitoring arus, tegangan dan daya telah berhasil dilakukan. Perbandingan hasil pembacaan sistem pada media monitoring dengan hasil alat ukur baik pada monitoring arus dan tegangan memiliki error arus sebesar 0,077% dan error tegangan sebesar 0,002% yang dilakukan melalui internet.
3. Ketika terjadi ketidakseimbangan melebihi standar yang ditentukan, sistem dapat melakukan switching sehingga ketidakseimbangan Arus fasa memenuhi standar yang ditentukan. Hal ini baik untuk peralatan dan beban yang digunakan.

### **5.2. Saran**

Untuk kedepannya jika terdapat pengembangan dari judul tugas akhir ini, pengembangan yang diharapkan yaitu penambahan pada relay untuk melakukan switching lebih baik dan mengganti Relay dengan spesifikasi yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rumakat, Julfikar, and D FAUZIAH. "Analisa Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Pada Transformator 2500 KVA Departemen Spinning 4 di PT. Asia Pacific Fiber,TBK" *Repository USM*. 2019.
- [2] Suherman, Eri, and Putra Sofyan. "Kerugian Daya Akibat Ketidakseimbangan Terhadap Arus Netral pada Transformator Distribusi". *Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada*. Volume VII. No. 1. (2017)
- [3] AmaniTekno. "Memahami Sistem 3 Phasa dalam Kelistrikan." (2021).
- [4] Wara Bagas, Kurniawan. "Sistem Proteksi dan Monitoring Keseimbangan Phase 3 Pada Panel Distribusi Berbasis IoT". Bangka Belitung (2021).
- [5] Fitriandi, Afrizal, Endah Komalasari, and Herri Gusmedi. "Rancang bangun alat monitoring arus dan tegangan berbasis mikrokontroler dengan SMS gateway." *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* 10.2 (2016): 87-98.
- [6] Despa, Dikpride, et al. "The implementation Internet of Things (IoT) technology in real time monitoring of electrical quantities." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 335. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [7] Soedjarwanto, Noer, and Gigih Forda Nama. "Monitoring Arus, Tegangan dan Daya pada Transformator Distribusi 20 KV Menggunakan Teknologi Internet of Things." *Jurnal EECCIS* 13.3 (2019).
- [8] Berlianti, Rahmi, and Fibriyanti Fibriyanti. "Perancangan Alat Pengontrolan Beban Listrik Satu Phasa Jarak Jauh Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Arduino Mega." *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri* 5.1 (2020): 17-26.
- [9] Zebua, Osea, et al. "Rancang Bangun Alat Monitoring Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Berbasis Internet of Things." *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* 15.2 (2021): 146-152.

- [10] Despa, Dikpride, et al. "Multi-Area Smart Monitoring of Electrical Quantities Based on Mini Single Board Computer BCM 2835." (2016): 147-150.
- [11] Alfian, Raviki. "Rancang Bangun Alat Monitoring Pemakaian Tarif Listrik dan Kontrol Daya Listrik pada Rumah Kos Berbasis Internet of Things." *Jurnal Teknik Elektro, Volume 10. No 03*, (2021)
- [12] Putra, Tiko Arjanati. Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban dan Suhu Eksternal Terhadap Susut Umur Transformator" (*Studi Kasus: PT PLN (Persero) Gardu Induk Garuda Sakti*). Diss. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2020.
- [13] Rizki, Ahmad. "Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo 200 KVA". Diss. 2021.