

**SISTEM PROTEKSI DAN *MONITORING* KESEIMBANGAN
PHASE 3 PADA PANEL DISTRIBUSI BERBASIS IOT**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

BAGAS WARA NIM : 0031833

KURNIAWAN NIM : 0031845

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2021

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PROTEKSI DAN *MONITORING* KESEIMBANGAN *PHASE 3*
PADA PANEL DISTRIBUSI BERBASIS IOT**

Oleh:

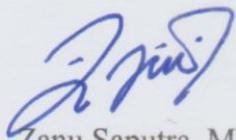
Bagas Wara/0031833

Kurniawan/0031845

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

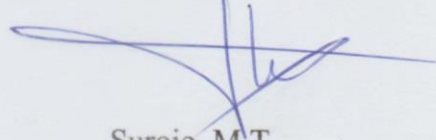
Menyetujui,

Pembimbing 1



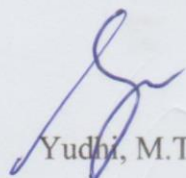
Zanu Saputra, M.Tr.T

Pembimbing 2



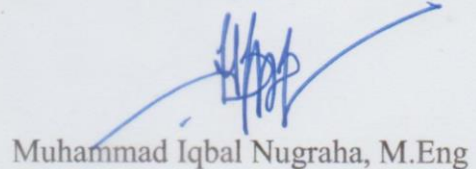
Surojo, M.T

Penguji 1



Yudhi, M.T

Penguji 2



Muhammad Iqbal Nugraha, M.Eng

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Bagus Wara NIM : 0031833

Nama Mahasiswa 2 : Kurniawan NIM : 0031845

Dengan Judul: Sistem Proteksi dan *Monitoring* Keseimbangan *Phase* 3
Pada Panel Distribusi Berbasis IoT


Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 20 Agustus 2021

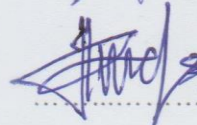
Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Bagus Wara


.....

2. Kurniawan


.....

ABSTRAK

Sistem listrik 3 fasa banyak digunakan konsumen atau industri yang membutuhkan daya listrik besar. Namun, dalam sistem listrik 3 fasa masih sering terjadi ketidak seimbangan tegangan antara fasa R-N, S-N, T-N. Adanya ketidak seimbangan fasa ini dapat menyebabkan overheating pada motor induksi. Pada proyek akhir ini, penulis merancang sistem proteksi dan monitoring keseimbangan fasa 3 pada panel distribusi berbasis IoT. Tujuannya adalah untuk meminimalisir kerusakan pada peralatan listrik akibat dari ketidak seimbangan fasa. Sistem ini menggunakan sensor PZEM-004T sebagai alat ukur parameter listrik fasa terhadap netral. Data sensor PZEM-004T diproses pada Arduino Mega dan diteruskan ke Nodemcu untuk mengirimkan data sensor ke media monitoring melalui jaringan internet. Sistem proteksi dalam proyek akhir ini dirancang dengan dua kondisi kerja yaitu dengan cara dikontrol menggunakan smartphone dan juga dapat bekerja secara otomatis. Berdasarkan dari hasil percobaan yang telah dilakukan, sistem proteksi mampu memutuskan aliran distribusi ke beban jika terjadi ketidakseimbangan fasa dan sistem monitoring berhasil memberikan informasi parameter listrik pada panel distribusi ke media monitoring secara real-time.

Kata Kunci : *keseimbangan 3 fasa, sistem proteksi, sistem monitoring, IoT, panel distribusi.*

ABSTRACT

Three-phase electrical systems are widely used by consumers or industries that require large electrical power. But, in a 3-phase electrical system there is still a voltage imbalance between the R-N, S-N, T-N phase. The presence of this phase imbalance can cause overheating of the induction motor. In this final project, author designs a phase 3 balance protection and monitoring system on an IoT based distribution panel. The goal is to minimize damage to electrical equipment due to phase imbalance. This system uses the PZEM-004T sensor as a measuring instrument for electrical parameters from phase to neutral. Data from the PZEM-004T sensor is processed on the Arduino Mega and forwarded to the Nodemcu to send sensor data to the monitoring media via internet network. The protection system in this study was designed with two working conditions, namely by being controlled using a smartphone and also being able to work automatically. Based on the results of experiments that have been carried out, the protection system is able to cut off the distribution flow to the load in the event of a phase imbalance and the monitoring system has succeeded in providing electrical parameter information on the monitoring media in real-time.

Keywords : *Three-phase balance, protection system, monitoring system, IoT, distribution panel.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya. Atas kehendaknya juga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Sistem Proteksi Dan *Monitoring Keseimbangan Phase 3* Pada Panel Distribusi Berbasis IoT” dengan baik dan tepat pada waktunya.

Sebagai penyusun laporan akhir, kami menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dari penyusunan hingga tata bahasa penyampaian dalam laporan akhir ini. Oleh karena itu, kami dengan rendah hati menerima saran dan kritik dari pembaca agar kami dapat memperbaiki makalah ini.

Kami berharap semoga laporan akhir yang kami susun ini memberikan manfaat dan juga inspirasi untuk pembaca.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T, selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak sekali memberi masukan dan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Surojo, M.T, selaku dosen pembimbing 2 yang telah banyak sekali memberi masukan dan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D, selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Muhammad Iqbal Nugraha, M.Eng, selaku Ka. Jurusan Teknik Elektronika.
5. Bapak Ocsirendi, M.T, selaku Ka. Prodi D-III Teknik Elektronika.
6. Ibu Yang Agita Rindri, M.Eng, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro dan Informatika.

7. Bapak Dr. Drs. Parulian Silalahi, M.Pd, selaku dosen wali.
8. Bapak/Ibu dosen, staf dan instruktur yang telah memberikan bekal wawasan dan bimbingan selama berada di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
9. Teman-teman dan rekan kerja penulis yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian laporan ini.
10. Dan pihak lain yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan berbagai kegiatan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas dukungan dan bantuannya.

Akhir kata semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis, mahasiswa lain dan pembaca umum.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sungailiat, 20 Agustus 2021

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Proyek Akhir	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Sistem 3 Fasa Dalam Kelistrikan	4
2.1.1 Hubungan Bintang	4
2.1.2 Hubungan Segitiga	5
2.2 Ketidakseimbangan Pada Listrik 3 Fasa	6
2.2.1 Ketidakseimbangan Tegangan	6
2.2.2 Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator	7

2.2.3	Ketidakseimbangan Beban 1 Fasa	8
2.3	Sistem Proteksi	9
2.4	<i>Internet of Things</i>	9
BAB III METODE PELAKSANAAN		11
3.1	Perencanaan Sistem Proteksi dan Sistem <i>Monitoring</i>	12
3.1.1	Sistem Proteksi Pada Jalur Pemakaian Listrik 1 Fasa	12
3.1.2	Sistem Proteksi Pada Jalur Pemakaian Listrik 3 Fasa	12
3.1.3	Sistem <i>Monitoring</i>	12
3.2	Penentuan Komponen	13
3.3	Rancangan Alat	17
3.4	Pengujian	19
3.5	Pemeriksaan Keseluruhan Dari Percobaan Yang Dilakukan	19
BAB IV PEMBAHASAN.....		20
4.1	Skema Sistem <i>Monitoring</i> dan Proteksi Pada Panel Distribusi Berbasis IoT.....	20
4.1.1	Skema <i>Monitoring Online</i>	20
4.1.2	Skema <i>Monitoring Offline</i>	21
4.1.3	Skema <i>Monitoring</i> Kondisi RPF.....	22
4.1.4	Skema Sistem Proteksi 3 Fasa	23
4.1.5	Skema Sistem Proteksi 1 Fasa	24
4.2	Hasil Keseluruhan Perancangan Sistem <i>Monitoring</i> dan Proteksi Pada Panel Distribusi.....	25
4.3	Tampilan Pada Aplikasi Blynk	27
4.4	Tampilan Pada LCD 20x4	28
4.5	Pengujian Pembacaan Sensor PZEM-004T	28

4.6	Pengujian Pengontrolan SSR Dari Aplikasi Blynk	28
4.7	Pengujian Sistem Proteksi 3 Fasa.....	31
4.7.1	Pengujian <i>UNDER Voltage</i>	31
4.7.2	Pengujian Urutan Fasa Terbalik R-S-T.....	32
4.7.3	Pengujian Fasa <i>Loss</i>	33
4.8	Pengujian Sistem Proteksi 1 Fasa.....	34
4.8.1	Pengujian <i>Under Voltage</i> 1 Fasa.....	35
4.8.2	Pengujian <i>Over Voltage</i> 1 Fasa.....	37
BAB V PENUTUP		40
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA		41

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Perbandingan Pembacaan Sensor PZEM-004T	28
Tabel 4. 2 Pengujian Sistem Kontrol Proteksi <i>OFF</i>	29
Tabel 4. 3 Pengujian Sistem Kontrol Proteksi <i>ON</i>	30
Tabel 4. 4 Pengujian <i>Under Voltage</i> 3 fasa	31
Tabel 4. 5 Pengujian Urutan Fasa Terbalik.....	32
Tabel 4. 6 Pengujian Fasa <i>Loss</i>	33
Tabel 4. 7 Pengujian <i>Under Voltage</i>	36
Tabel 4. 8 Pengujian <i>Over Voltage</i>	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gelombang Tegangan 3 Fasa	4
Gambar 2. 2 Hubungan Bintang	5
Gambar 2. 3 Hubungan Segitiga	6
Gambar 2. 4 <i>Vector</i> Diagram Arus	8
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metode Penelitian	11
Gambar 3. 2 Arduino Mega	14
Gambar 3. 3 NodeMCU	14
Gambar 3. 4 PZEM-004T	15
Gambar 3. 5 Solid State Relay	15
Gambar 3. 6 Relay Phase Failure	16
Gambar 3. 7 Blok Diagram Sistem <i>Monitoring</i>	17
Gambar 3. 8 Blok Diagram Sistem Kontrol Proteksi	17
Gambar 3. 9 Skema Sistem <i>Monitoring</i> dan kontrol SSR	18
Gambar 4. 1 Skema <i>Monitoring Online</i>	20
Gambar 4. 2 Skema <i>Monitoring Offline</i>	21
Gambar 4. 3 Skema <i>Monitoring</i> Kondisi Relay Phase Failure	22
Gambar 4. 4 Skema Sistem Proteksi 3 Fasa	23
Gambar 4. 5 Skema Sistem Proteksi 1 Fasa	24
Gambar 4. 6 Sisi Depan Dalam Panel Distribusi.	25
Gambar 4. 7 Sisi Samping Dalam Panel Distribusi	26
Gambar 4. 8 <i>Monitoring Online</i> Pada Aplikasi Blynk	27
Gambar 4. 9 <i>Monitoring Offline</i> dengan LCD	28
Gambar 4. 10 Pengujian Sistem Kontrol Proteksi <i>OFF</i>	29
Gambar 4. 11 Pengujian Sistem Kontrol Proteksi <i>ON</i>	30
Gambar 4. 12 Hubungan Transformator <i>Step Down</i> dari 380 V ke 110 V	31
Gambar 4. 13 Indikator Relay Phase Failure dan Notifikasi Blynk	32
Gambar 4. 14 Indikator RPF dan Notifikasi Blynk	33
Gambar 4. 15 Indikator RPF dan Notifikasi Blynk	34

Gambar 4. 16 AC <i>Voltage Regulator</i> 1 Fasa	35
Gambar 4. 17 Pengujian <i>Under Voltage</i> kurang dari 208 V	36
Gambar 4. 18 Pengujian <i>Under Voltage</i> dari 208 V sampai 210 V	37
Gambar 4. 19 Pengujian <i>Over Voltage</i> dari 230 V sampai 232 V	38
Gambar 4. 20 Pengujian <i>Over Voltage</i> lebih dari 232 V	39

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN 2: PROGRAM ARDUINO MEGA

LAMPIRAN 3: PROGRAM NODEMCU

LAMPIRAN 4: GAMBAR ALAT KESELURUHAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem listrik tiga fasa sering digunakan konsumen atau industri dengan kebutuhan daya listrik yang besar. Hal ini dikarenakan sistem 3 fasa lebih ekonomis dalam penghantaran daya listrik, dibandingkan dengan sistem 2 fasa atau 1 fasa, dengan ukuran penghantar yang sama. Sistem listrik 3 fasa mampu menghantarkan daya listrik yang besar dan juga dapat memberikan daya ke beban yang membutuhkan daya listrik yang besar seperti motor induksi 3 fasa dengan kapasitas yang besar (Simon Patabang, 2021).

Secara teori, sistem 3 fasa dapat mengalami keseimbangan fasa apabila beban yang digunakan juga seimbang diantara ketiga fasa R-S-T. Namun pada praktiknya, keseimbangan dari ketiga fasa sangat sulit di capai karena beban listrik setiap rumah ataupun industri belum tentu indentik. Apabila terjadi ketidak seimbangan fasa antara fasa R-S-T, maka besar arus listrik tiap fasa tidak sama, sehingga arus netral tidak lagi 0 A. semakin besar ketidak seimbangan fasa, maka arus netral akan semakin besar (Nasution *et al*, 2014).

Akibatnya arus netral akan mengalir ke jaringan instalasi listrik konsumen dan melewati sistem pembumian untuk masuk ke tanah. Hal tersebut dapat menimbulkan masalah bahkan kerusakan pada parameter prabayar konsumen bila pengawatannya tidak benar (Atmaja, 2021).

Monitoring listrik 3 fasa ini dilakukan untuk mengetahui kondisi arus listrik 3 fasa yang menuju ke beban apakah seimbang atau tidak. Metode yang pernah dilakukan oleh Nasution *et al*, (2014), untuk *monitoring* keseimbangan fasa 3 dengan cara manual menggunakan alat Tang Ampere. Dari metode tersebut masih dapat dikembangkan agar bisa dilakukan lebih efisien dan mengurangi kecelakaan kerja dilapangan.

Mohannad Jabbar Mnati *et al*, (2017), merancang metode *monitoring* menggunakan *bluetooth* seperti *Smart Voltage And Current Measurement System*

(SVCMS). Kelebihan metode ini dibandingkan dengan metode manual diatas ialah dengan metode ini *monitoring* sistem sudah berbasis android tentunya akan menghemat waktu dan mempermudah proses *monitoring* kondisi listrik 3 fasa, namun dari sisi kekurangannya sistem ini menggunakan *bluetooth* sebagai penghubung perangkat *monitoring* ke Android sehingga jarak untuk *monitoring* terbatas.

Dari permasalahan diatas, penulis ingin mengembangkan metode seperti yang telah diuraikan diatas dengan memperluas jangkauan *monitoring* sehingga operator dapat melakukan *monitoring* dimana saja dan kapan saja selagi *smartphone* operator terkoneksi ke internet dan menambahkan sistem proteksi sehingga apabila terjadi ketidakseimbangan antar fasa, aliran distribusi menuju beban dapat diputuskan sebelum terjadi kerusakan pada peralatan elektronik.

Ketidakseimbangan fasa yang dimaksud dalam tugas akhir ini adalah:

1. Terjadi penurunan atau kenaikan tegangan yang tidak sesuai standar.
2. Salah satu, dua atau tiga fasa *loss*.
3. Salah satu, dua atau tiga fasa *drop voltage*.
4. Salah satu, dua atau tiga fasa *over voltage*.
5. Fasa tidak berurutan dengan benar.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka permasalahan yang ingin diangkat dalam judul proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem proteksi agar dapat memutuskan aliran distribusi ke beban jika terjadi ketidakseimbangan fasa.
2. Sistem proteksi bisa dikontrol dari *smartphone* jika terjadi ketidakseimbangan fasa.
3. Jika terjadi ketidakseimbangan fasa pada sistem distribusi, maka sistem *monitoring* akan mengirimkan notifikasi ke *smartphone* melalui aplikasi yang telah terkoneksi dengan sistem yang dirancang melalui jaringan internet.

1.3 Batasan Masalah

1. Sistem *monitoring* pada *smartphone* dan LCD hanya menampilkan tegangan listrik (V), arus listrik (I), dan daya listrik (P) per fasa.
2. Panel distribusi yang dibuat berkapaitas 25 ampere, arus maksimal untuk beban 1 fasa sebesar 4 ampere dan arus maksimal pada beban 3 fasa sebesar 6 ampere.

1.4 Tujuan Proyek Akhir

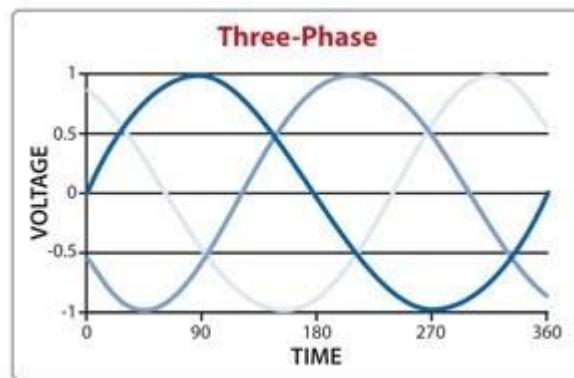
1. *Monitoring* keseimbangan fasa pada panel distribusi secara *real-time* dengan jarak *monitoring* lebih fleksibel.
2. Melindungi peralatan elektronik akibat dari ketidakseimbangan fasa.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sistem 3 Fasa Dalam Kelistrikan

Sistem listrik 3 fasa umumnya diterapkan pada jaringan listrik yang disalurkan langsung oleh PLN mulai dari pembangkit listrik sampai ke jaringan distribusi hingga ke konsumen. Pada sistem 3 fasa ini menggunakan 3 kawat penghantar dengan gelombang sinus yang berbeda sudut fasanya masing-masing 120° (AmaniTekno, 2021).



Gambar 2. 1 Gelombang Tegangan 3 Fasa (AmaniTekno, 2021)

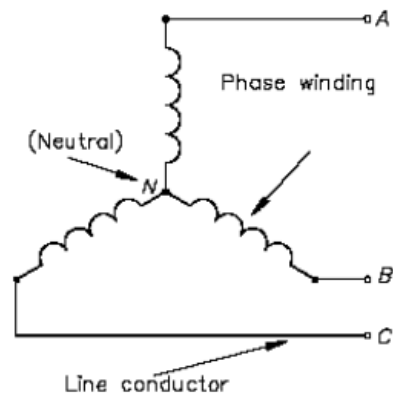
Menurut istilah, listrik 3 fasa terdiri dari 3 kawat penghantar listrik (R,S,T) dan 1 kawat netral (N). Tegangan listrik dalam sistem 3 fasa terdiri dari 2 macam yaitu:

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 (Arief Muhammad, 2018).

2.1.1 Hubungan Bintang

Pada hubungan bintang ujung-ujung tiap fasa disatukan untuk mendapatkan titik netral. Nilai tegangan antara ketiga terminal A, B, C memiliki nilai *magnitude* yang besar dan perbedaan tegangan fasa terhadap fasa berbeda

dengan tegangan tiap fasa terhadap titik netral. Tegangan V_a , V_b dan V_c disebut tegangan fasa (Hage, 2009).



Gambar 2. 2 Hubungan Bintang (Hage, 2009)

Dengan adanya titik netral maka nilai tegangan fasa dihitung terhadap titik netralnya, dan juga membentuk sistem tegangan 3 fasa yang seimbang dengan nilai *magnitude*.

$$V_{line} = \text{akar } 3 \text{ } V_{\text{fasa}} = 1,73V_{\text{fasa}}$$

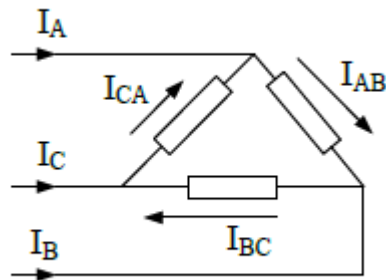
Sedangkan arus yang mengalir pada setiap fasa memiliki nilai yang sama, yaitu:

$$I_{line} = I_{\text{fasa}}$$

$$I_a = I_b = I_c$$

2.1.2 Hubungan Segitiga

Hubungan segitiga dalam sistem 3 fasa merupakan suatu hubungan transformator tiga fasa. Hubungan dibuat dengan menghubungkan ujung akhir dari lilitan fasa pertama dihubungkan dengan ujung awal dari lilitan fasa kedua, dan akhir fasa kedua dihubungkan dengan ujung awal fasa ketiga dan ujung akhir dari fasa ketiga dengan ujung awal fasa pertama. Besar sudut fasa pada transformator 3 fasa masing-masing 120° , dengan kumparan yang dihubungkan segitiga (Suprianto, 2015).



Gambar 2. 3 Hubungan Segitiga (Suprianto, 2015)

Transformator tiga fasa hubungan segitiga.

Dari gambar diperoleh bahwa:

$$I_A = I_B = I_C = I_L$$

$$I_L = I_{ph}$$

$$V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = V_{L-L}$$

$$V_{L-L} = V_{ph}$$

Dimana:

V_{L-L} = tegangan fasa ke fasa (V)

V_{ph} = tegangan fasa (V)

I_L = arus fasa (A)

I_{ph} = arus fasa (A)

2.2 Ketidakseimbangan Pada Listrik 3 Fasa

2.2.1 Ketidakseimbangan Tegangan

Ketidakseimbangan tegangan sering terjadi pada jaringan tingkat distribusi tenaga listrik. Hal ini terjadi disebabkan karena pembagian beban satu fasa yang tidak seimbang. Adanya ketidakseimbangan tegangan ini menyebabkan berbagai permasalahan diantaranya adalah pada *industry* dapat menyebabkan *overheating* pada motor induksi yang menyebabkan sistem pengaman bekerja berakibat pada kerugian produksi (Purwoharjo, 2014).

2.2.2 Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator

Ketidakseimbangan beban pada transformator mengakibatkan arus mengalir pada titik netral transformator. Arus listrik yang mengalir pada penghantar netral transformator menyebabkan rugi-rugi. Perhitungan rugi-rugi pada penghantar netral transformator dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

P_N : Rugi-rugi penghantar netral transformator (W).

I_N : Arus pada netral transformator (A).

R_N : Tahanan penghantar netral transformator (Ω).

Sedangkan rugi-rugi yang diakibatkan karena adanya arus netral yang mengalir ke tanah, dapat dihitung dengan rumus:

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

P_G : Rugi-rugi akibat arus netral yang mengalir ke tanah (W).

I_G : Arus netral yang mengalir ke tanah (A).

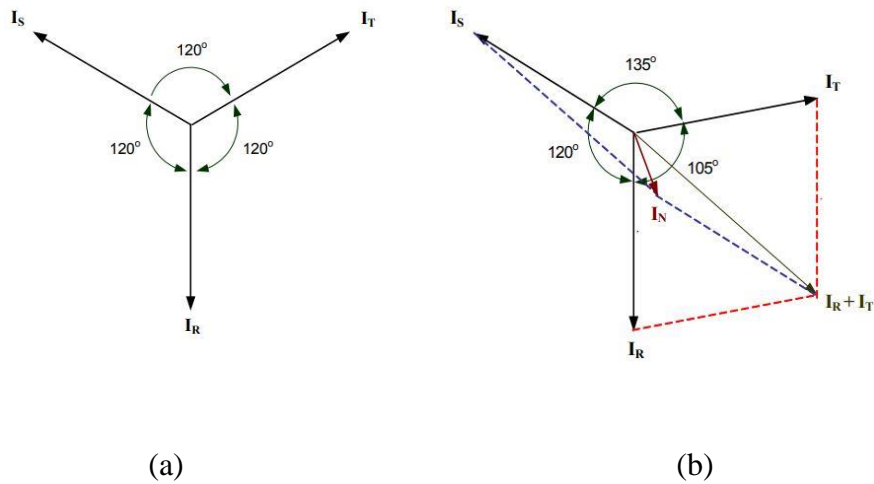
R_G : Tahanan pembumian netral transformator (Ω).

Keadaan seimbang yang dimaksud adalah:

- Ketiga *vector* arus / tegangan memiliki nilai sama besar.
- Ketiga *vector* saling membentuk sudut sebesar 120° satu sama lain.

Maksud dari keadaan yang tidak seimbang adalah dimana keadaan salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan dari keadaan tidak seimbang adalah:

- Ketiga *vector* sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.
- Ketiga *vector* tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain.
- Ketiga *vector* tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.



Gambar 2. 4 *Vector Diagram Arus* (Sentosa Setiadji *et al*, 2008)

Gambar 1 (a) menunjukkan *vector* diagram arus keadaan seimbang. Gambar a menunjukkan penjumlahan dari ketiga *vector* arus sama dengan 0, sehingga tidak muncul arus netral. Pada gambar 1 (b) menunjukkan *vector* diagram arus tidak seimbang. Terlihat pada gambar tersebut bahwa penjumlahan dari ketiga *vector* arusnya tidak sama dengan 0 sehingga munculah sebuah besaran arus netral yang besarnya tergantung dari seberapa besar faktor ketidak seimbangannya (Sentosa Setiadji *et al*, 2008) .

2.2.3 Ketidakseimbangan Beban 1 Fasa

Beban tidak seimbang terjadi karena penggunaan peralatan elektronik satu fasa yang tidak tentu jadwal penggunaannya, sehingga besar arus pada masing-masing fasa berubah-ubah tiap waktu. Beban tidak seimbang dapat mengakibatkan beberapa hal antara lain: Kerusakan pada peralatan elektronik, netral bertegangan hingga pada saluran penghantar mengalami kenaikan suhu (Firsya *et al*, 2018).

Dari permasalahan yang diuraikan pada objek ketidakseimbangan fasa tersebut, sistem proteksi dan sistem *monitoring* kami rancang sebagai metode untuk meminimalisir akibat dari ketidakseimbangan pada beban 1 fasa.

2.3 Sistem Proteksi

Sistem proteksi dalam kelistrikan adalah suatu sistem pengaman terhadap peralatan listrik yang diakibatkan adanya gangguan teknis, misalnya gangguan pada generator, transformator, jaringan dan lain-lain, terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Maksud dari kondisi abnormal ialah: hubung singkat, tegangan berlebih, beban berlebih, frekuensi sistem rendah (Purnomo bayu, 2014).

Dengan kata lain sistem proteksi ini berfungsi untuk mendeteksi gangguan pada bagian sistem yang diamankannya dan melepaskan bagian sistem yang terganggu sehingga bagian sistem yang lainnya dapat terus beroperasi.

Firsya *et al*, (2018), merancang sistem proteksi beban tidak seimbang, penelitian yang dilakukan menggunakan PLC Scheneider TM221CE24R sebagai kontrol utama dalam pengendalian beban, kontaktor sebagai akuator pemindah beban variabel yang tidak seimbang. Dari hasil pengujian yang dilakukan dari penerapan sistem tersebut diperoleh hasil yang kurang baik yaitu: Proses perpindahan beban dengan daya yang besar dapat menimbulkan lonjakan arus yang menyebabkan percikan api.

Hendarto and Gumilang, (2016), merancang sistem proteksi pada *Low Voltage Main Distribusi Panel* (LVMDP). Pada sistem yang dirancang ini menggunakan *under over voltage relay* yang memiliki prinsip kerja jika terjadi *under voltage* atau *over voltage* maka kontak *relay* akan bekerja dan mengirimkan sinyal alarm dengan waktu yang telah di *setting* oleh *main breaker*, akan tetapi jika melebihi batas waktu *setting* maka *relay* akan memberikan perintah *shun trip* untuk mengtripkan MCCB. Pada perancangan alat tersebut sistem proteksi bekerja pada dua kondisi yaitu *under voltage* dan *over voltage*.

2.4 Internet of Things

Secara umum *internet of things* merupakan suatu konsep dimana sebuah objek memiliki kemampuan untuk mentransmisikan data melalui jaringan tanpa menggunakan bantuan dari perangkat komputer atau manusia. Sebagai metode

komunikasi *internet of things* juga mencakup teknologi berbasis sensor, seperti teknologi nirkabel (Adani Muhammad Robith, 2020).

Ardiansyah, (2020), menerapkan *internet of things* untuk *monitoring* penggunaan energi listrik dengan tujuan menghemat pemakaian energi listrik. Sistem ini menggunakan *relay* sebagai pemutus arus listrik yang telah dibatasi melalui program yang dibuat berdasarkan arus listrik yang terbaca oleh sensor arus. Berdasarkan kesimpulan pada perancangan alat ini *monitoring* masih dilakukan menggunakan *website* sehingga dibutuhkan aplikasi khusus agar *monitoring* dapat dilakukan dengan lebih mudah oleh pengguna dan juga perlu ditambahkan sistem kontrol jarak jauh agar dapat mematikan alat ini melalui aplikasi pada saat terjadi pemborosan daya listrik.

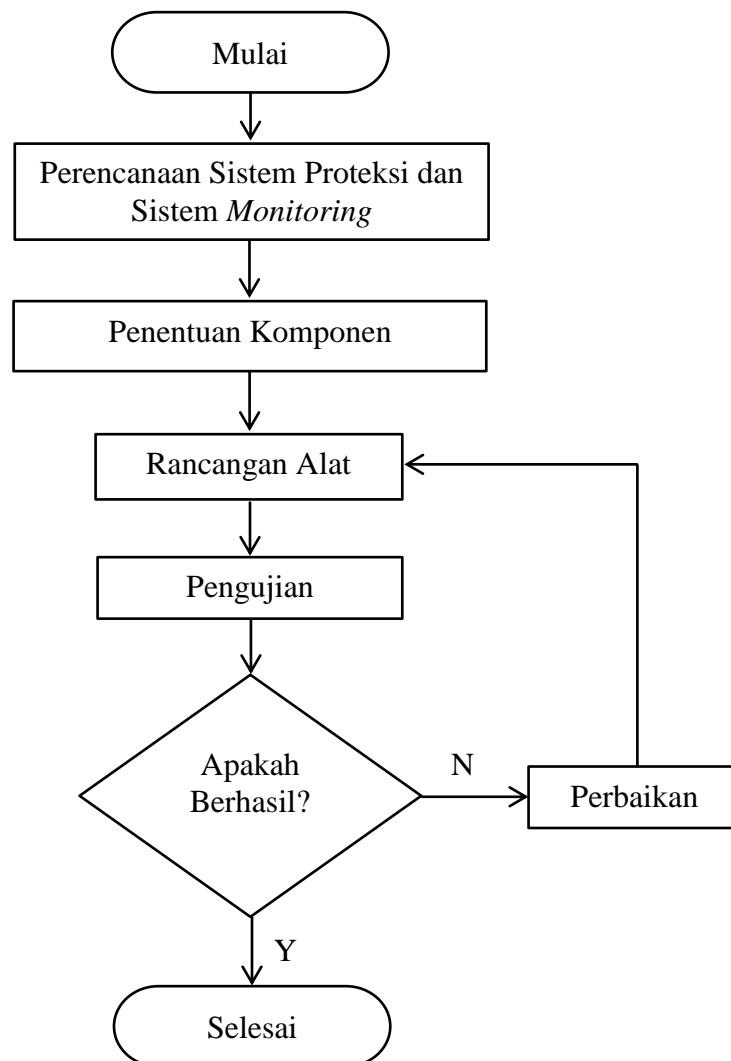
Lianda, J *et al*, (2019), merancang sistem *monitoring* konsumsi daya listrik untuk mendapatkan data pengukuran parameter listrik antara lain arus, tegangan, dan daya secara *real-time* menggunakan perangkat antarmuka *ubidiots*. Berdasarkan hasil pengujian sistem *monitoring* dari alat ini data yang ditampilkan berbentuk grafik dan selanjutnya diperlukan pengembangan sistem ini seperti optimalisasi pengambilan data sensor sehingga menghasilkan sinyal tegangan dan arus yang berbentuk *sinusoidal*.

Pada perancangan alat kami menerapkan *internet of things* untuk mengontrol sistem proteksi dan *monitoring* parameter listrik untuk melihat keseimbangan antar fasa pada panel distribusi.

BAB III

METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan dalam proyek akhir ini adalah dengan menyusun kegiatan-kegiatan dalam beberapa tahapan agar kegiatan yang dilakukan lebih terarah sehingga target-target yang diharapkan dapat tercapai dengan baik. Metode pelaksanaan disusun dalam bentuk diagram alir dibawah ini:



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metode Penelitian

3.1 Perencanaan Sistem Proteksi dan Sistem *Monitoring*

3.1.1 Sistem Proteksi Pada Jalur Pemakaian Listrik 1 Fasa

Sistem proteksi pada jalur pemakaian listrik 1 fasa yang akan dibuat dapat bekerja dalam dua kondisi yaitu bekerja secara otomatis dan bekerja dengan cara dikontrol *on/off* menggunakan *smartphone* untuk memutuskan aliran distribusi ke beban jika terjadi ketidak seimbangan fasa. Sistem proteksi dibuat bekerja secara otomatis jika terjadi penurunan atau kenaikan tegangan yang signifikan dalam waktu ≥ 10 detik. Sebagai acuan untuk melakukan pengontrolan *on/off* menggunakan *smartphone*, operator mendapatkan informasi berupa notifikasi dari aplikasi yang terhubung ke sistem distribusi. Setelah mendapatkan notifikasi tersebut operator dapat mempertimbangkan tindakan yang akan dilakukan dengan cara melihat kondisi parameter listrik dari sistem *monitoring* ketidak seimbangan fasa pada *smartphone*.

3.1.2 Sistem Proteksi Pada Jalur Pemakaian Listrik 3 Fasa

Sistem proteksi pada pemakaian listrik 3 fasa bekerja jika terjadi kondisi fasa 3 pada panel distribusi tidak normal seperti tegangan *drop*, tegangan *over*, fasa tidak berurutan, dan fasa *loss*. Sistem proteksi pada jalur pemakaian listrik 3 fasa dapat bekerja secara otomatis memutuskan aliran distribusi ke beban, dan juga dapat dikontrol *on/off* jika ada gejala ketidak seimbangan fasa.

3.1.3 Sistem *Monitoring*

Sistem *monitoring* dalam tugas akhir ini dibuat untuk memantau kondisi parameter listrik pada panel distribusi. *Monitoring* utama dalam tugas akhir ini menggunakan teknologi *internet of things* untuk memperluas jarak pemantauan parameter listrik pada panel distribusi, dan dilengkapi dengan media *monitoring* secara langsung pada *box* panel distribusi menggunakan LCD. Sistem *monitoring* dengan teknologi *internet of things* juga dimanfaatkan sebagai acuan kepada operator untuk melakukan tindakan memutuskan atau menghubungkan aliran listrik yang menuju ke beban melalui jaringan internet tanpa harus ke lapangan.

Tampilan pada media *monitoring* dalam tugas akhir ini memuat beberapa informasi yaitu sebagai berikut:

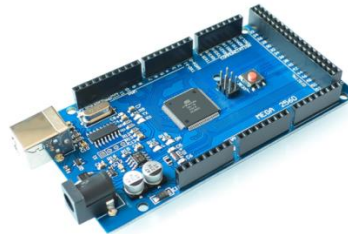
1. Menampilkan parameter listrik per satu fasa terhadap netral yang dimulai dari fasa R-N, fasa S-N, dan fasa T-N dengan pembacaan dalam bentuk digital pada aplikasi Blynk dan LCD. Masing-masing fasa akan menampilkan parameter tegangan (V), arus (I), daya (P).
2. Menampilkan 4 tombol *on/off* untuk pengontrolan sistem proteksi, tombol tersebut mewakili masing-masing dari komponen SSR yang digunakan sebanyak 4 unit sebagai media pemutus aliran distribusi menuju ke beban.
3. Memberikan informasi berupa notifikasi yang otomatis muncul pada *smartphone* jika terjadi ketidakseimbangan fasa pada sistem distribusi yang sedang beroperasi. Jadi dengan kata lain notifikasi ini berperan sebagai pemberi informasi kepada operator bahwa pada panel distribusi yang sedang beropersi sedang terjadi ketidakseimbangan fasa. Untuk mengetahui permasalahan lebih dalam, operator dapat memantau parameter pada aplikasi Blynk atau memeriksa secara langsung dilokasi yang menggunakan sumber listrik dari panel distribusi ini.

3.2 Penentuan Komponen

Pada tahap ini bertujuan untuk menentukan komponen apa saja yang akan digunakan pada pembuatan proyek akhir. Penentuan komponen disesuaikan dengan kebutuhan demi tercapainya hasil yang maksimal dan efisien dari segi biaya maupun kinerja sistem.

1. Arduino Mega 2560 digunakan untuk mengelola sinyal *output* dari sensor PZEM-004T yang akan diprogram untuk menampilkan nilai yang dibaca oleh sensor ke media *monitoring*. Pemilihan Arduino mega 2560 sebagai mikrokontroler utama karena memiliki pin digital yang cukup memenuhi kebutuhan untuk menerima koneksi dari sensor PZEM 004T yang dimana pada alat yang akan dirancang menggunakan 4 unit sensor PZEM 004T, satu sensor PZEM 004T memberikan 4 pin koneksi yaitu 5V, GND, RX,

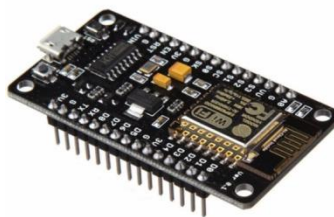
TX. Maka dari itu pada Arduino Mega 2560 perlu menyediakan 4 pin digital untuk 1 sensor PZEM 004T.



Gambar 3. 2 Arduino Mega (circuitsboards.blogspot.com)

2. NodeMCU digunakan karena dapat melakukan komunikasi serial dengan Arduino Mega yang mana dimanfaatkan untuk menerima data arus, tegangan dan daya secara serial dari Arduino Mega. NodeMCU memiliki modul *Wi-Fi* yang dapat dimanfaatkan untuk mengirim data nilai dari Arduino Mega ke *smartphone* secara *online*.

NodeMCU memiliki kecukupan pin *out* digital yang akan digunakan untuk mengontrol 4 unit SSR.



Gambar 3. 3 NodeMCU (pinterest.com)

3. PZEM 004T digunakan sebagai sensor yang digunakan dalam proyek akhir ini. PZEM 004T sudah dirancang untuk menerima sinyal sensor tegangan dan sensor arus dalam satu komponen sehingga mempermudah dan efisien untuk penggunaannya. PZEM 004T juga dapat membaca parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, frekuensi, dan faktor daya.

Namun pembacaan parameter ini hanya menampilkan tegangan, arus, dan daya pada media *monitoring*. PZEM 004T yang digunakan memiliki batas arus kerja 100A dan hanya dapat digunakan untuk listrik 1 fasa.



Gambar 3. 4 PZEM-004T (imall.com)

4. Solid State Relay (SSR) sebagai aktuator pemutus aliran listrik dari panel distribusi menuju ke penggunaan beban 1 fasa dan 3 fasa. SSR dapat beroperasi jika diberikan tegangan input sebesar 3-32 VDC. Untuk menjaga stabilitas tegangan pada mikrokontroler sebagai pengontrolannya maka SSR digunakan dalam tugas akhir ini karena SSR dapat bekerja pada tegangan input yang rendah. SSR yang digunakan memiliki arus kerja maksimal 25 A.

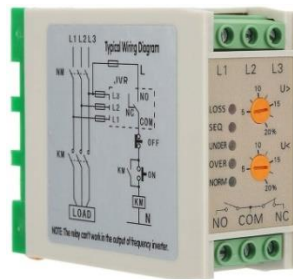


Gambar 3. 5 Solid State Relay (wikikomponen.com)

5. Relay Phase Failure

Relay Phase Failure digunakan karena dapat menangani kondisi ketidakseimbangan fasa secara otomatis. Relay Phase Failure memiliki kontak *relay* yang akan dimanfaatkan untuk mengaktifkan atau memutuskan *coil*

kontaktor secara otomatis jika terjadi ketidak seimbangan tegangan pada panel distribusi. Lebih dari itu Relay Phase Failure juga memiliki indikator yang menunjukkan kondisi fasa dan mempunyai pengatur batas tegangan kerja sebesar 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5, 20% dari 380V.



Gambar 3. 6 Relay Phase Failure (thekaqq.com)

6. Miniature Circuit Breaker (MCB)

MCB digunakan untuk membatasi arus yang masuk ke panel distribusi dan juga sebagai proteksi beban lebih. Pada panel distribusi dalam tugas akhir ini menggunakan MCB 25A sebagai MCB induk, MCB 6A untuk jalur pemakaian beban 3 fasa, dan MCB 4A untuk jalur pemakaian beban 1 fasa.

7. Kontaktor

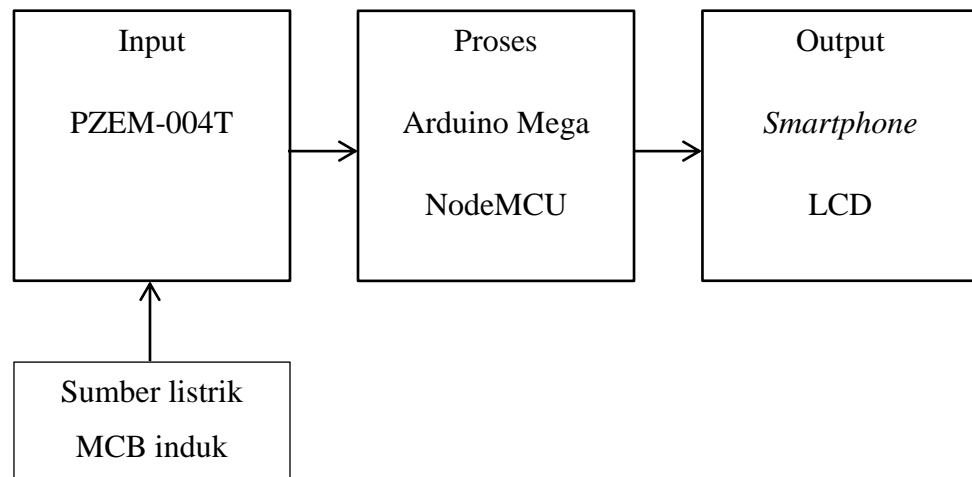
Kontaktor digunakan pada panel distribusi ini karena memiliki kontak yang dapat dikontrol. Kontak tersebut dimanfaatkan untuk memutus atau menghubungkan jalur pemakaian beban 3 fasa jika terjadi ketidak seimbangan fasa dengan SSR sebagai aktuator yang dapat dikontrol dengan teknologi *internet of things*.

8. LCD 20x4

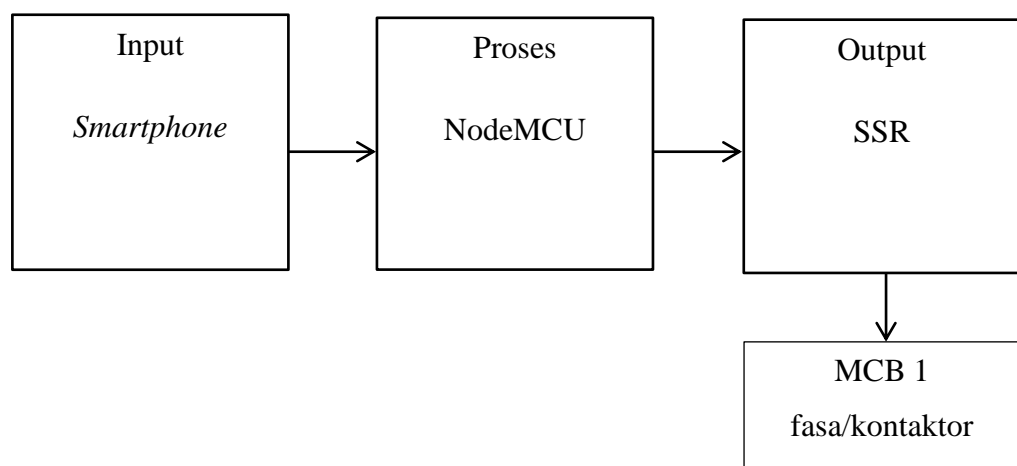
Pemakaian LCD 20x4 digunakan untuk media *monitoring* langsung pada panel distribusi. Satu LCD 20x4 digunakan untuk menampilkan parameter listrik per fasa-netral. Alasan memilih LCD dengan ukuran 20x4 ialah karena mencukupi komposisi parameter yang akan ditampilkan.

3.3 Rancangan Alat

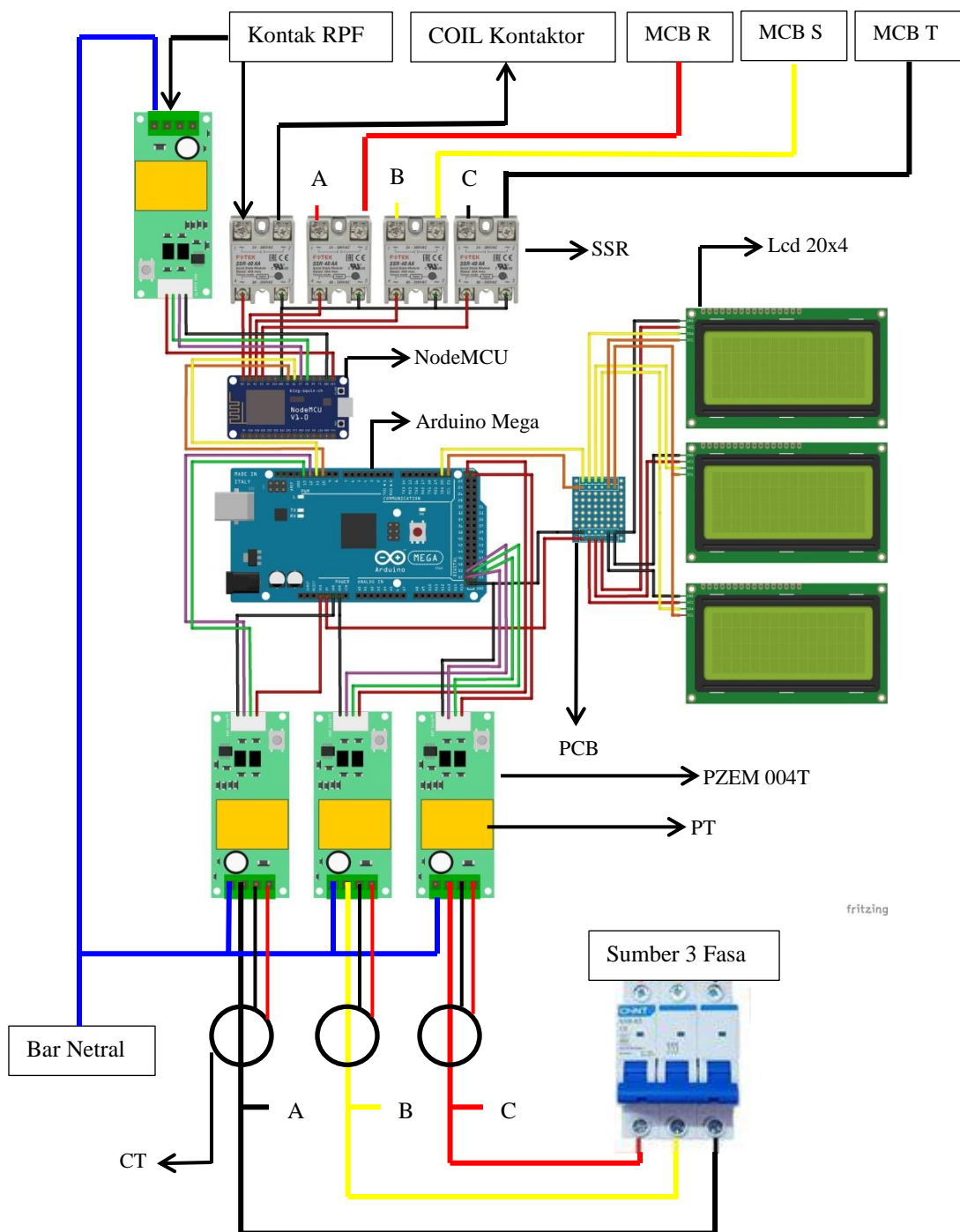
Rancangan alat yang akan dibuat mengacu pada blok diagram yang ditunjukkan oleh gambar 3.7 dan gambar 3.8.



Gambar 3. 7 Blok Diagram Sistem *Monitoring*



Gambar 3. 8 Blok Diagram Sistem Kontrol Proteksi



Gambar 3. 9 Skema Sistem *Monitoring* dan kontrol SSR

Untuk menjalankan fungsi-fungsi pada rancangan alat ini maka pada tugas akhir ini terdapat beberapa program yang perlu dibuat yaitu:

1. Pemrograman pembacaan sensor PZEM-004T pada Arduino Mega.

2. Pemrograman kinerja SSR otomatis dan kontrol pada NodeMCU.
3. Pemrograman untuk menampilkan hasil bacaan sensor PZEM-004T dari Arduino Mega ke LCD.
4. Pemrograman untuk menampilkan hasil bacaan sensor PZEM-004T dari Arduino Mega ke aplikasi Blynk pada *smartphone*.
5. Pemrograman NodeMCU untuk memberikan notifikasi pada aplikasi Blynk di *smartphone*.

3.4 Pengujian

1. Pengujian sistem *monitoring* dilakukan dengan membandingkan nilai yang terukur oleh multimeter dengan nilai yang terbaca pada media *monitoring online* dan *offline* dan melihat hasil pembacaan pada LCD dengan aplikasi *monitoring*.
2. Pengujian sistem kontrol proteksi untuk menghubungkan dan memutuskan aliran distribusi ke beban dengan mengontrol *on/off* dari *smartphone* dan melihat indikator *on/off* pada SSR.
3. Pengujian sistem proteksi dilakukan dengan:
 - Merubah nilai tegangan dalam kondisi normal menjadi kondisi tegangan tidak normal *under voltage* dan *over voltage*.
 - Melepas salah satu, dua hingga ketiga fasa.
 - Membalikan urutan fasa dalam keadaan normal menjadi keadaan tidak normal.

3.5 Pemeriksaan Keseluruhan Dari Percobaan Yang Dilakukan

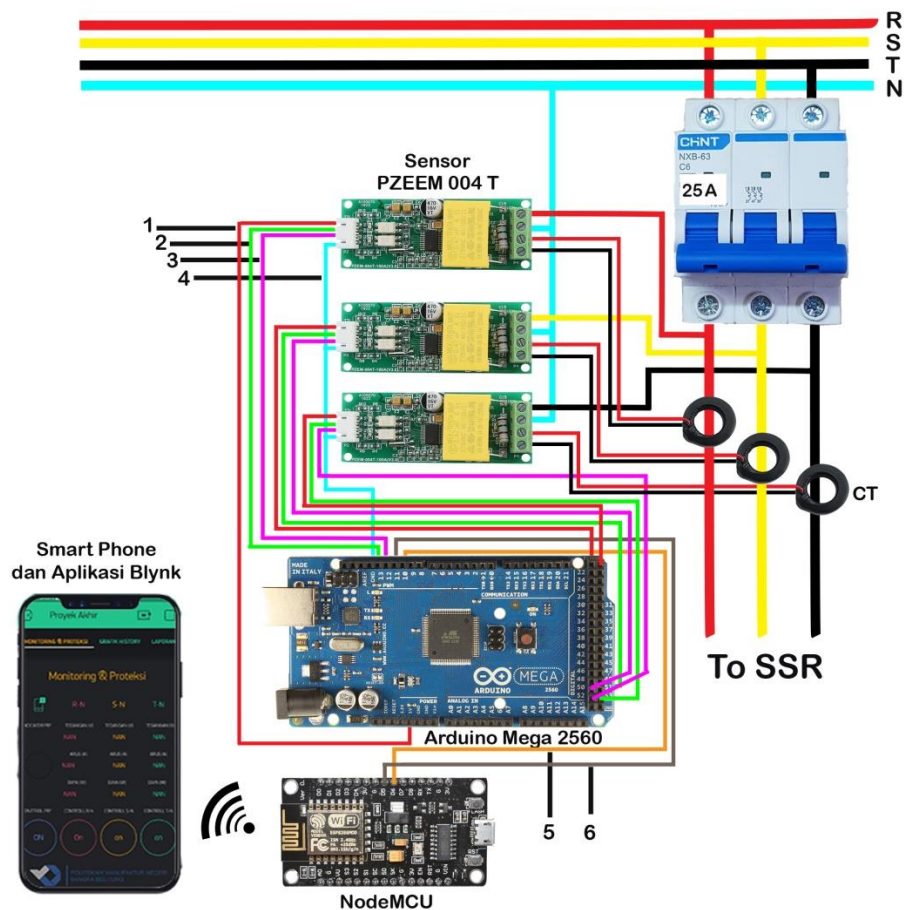
Pada tahap ini bertujuan untuk melihat kekurangan terhadap alat yang telah dibuat, baik dari segi konstruksi atau keakuratan.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Skema Sistem *Monitoring* dan Proteksi Pada Panel Distribusi Berbasis IoT.

4.1.1 Skema *Monitoring Online*



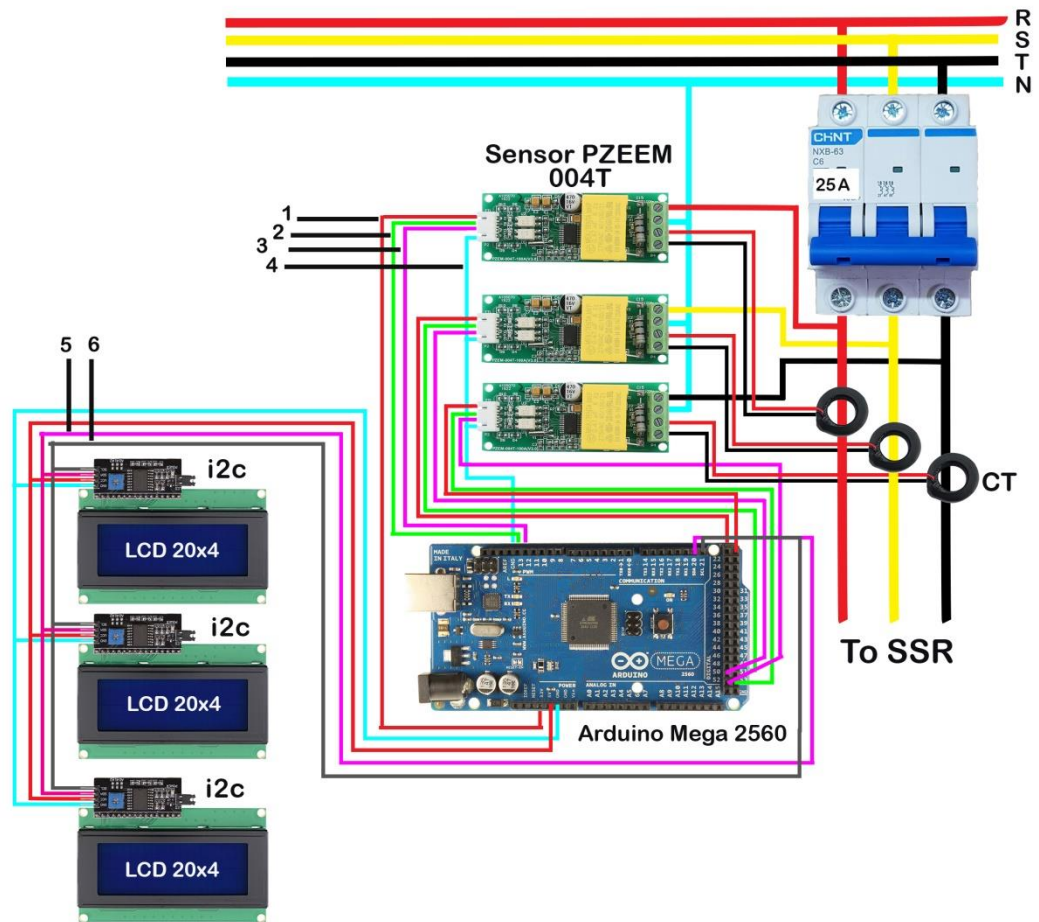
Gambar 4. 1 Skema *Monitoring Online*

Keterangan gambar 4.1:

1. VCC 5 VDC
2. RX (komunikasi serial/receive)
3. TX (komunikasi serial/transmit)

4. GND
5. D6 (Pin out digital NodeMCU di *setting* sebagai TX)
6. D5 (Pin out digital NodeMCU di *setting* sebagai RX)

4.1.2 Skema *Monitoring Offline*

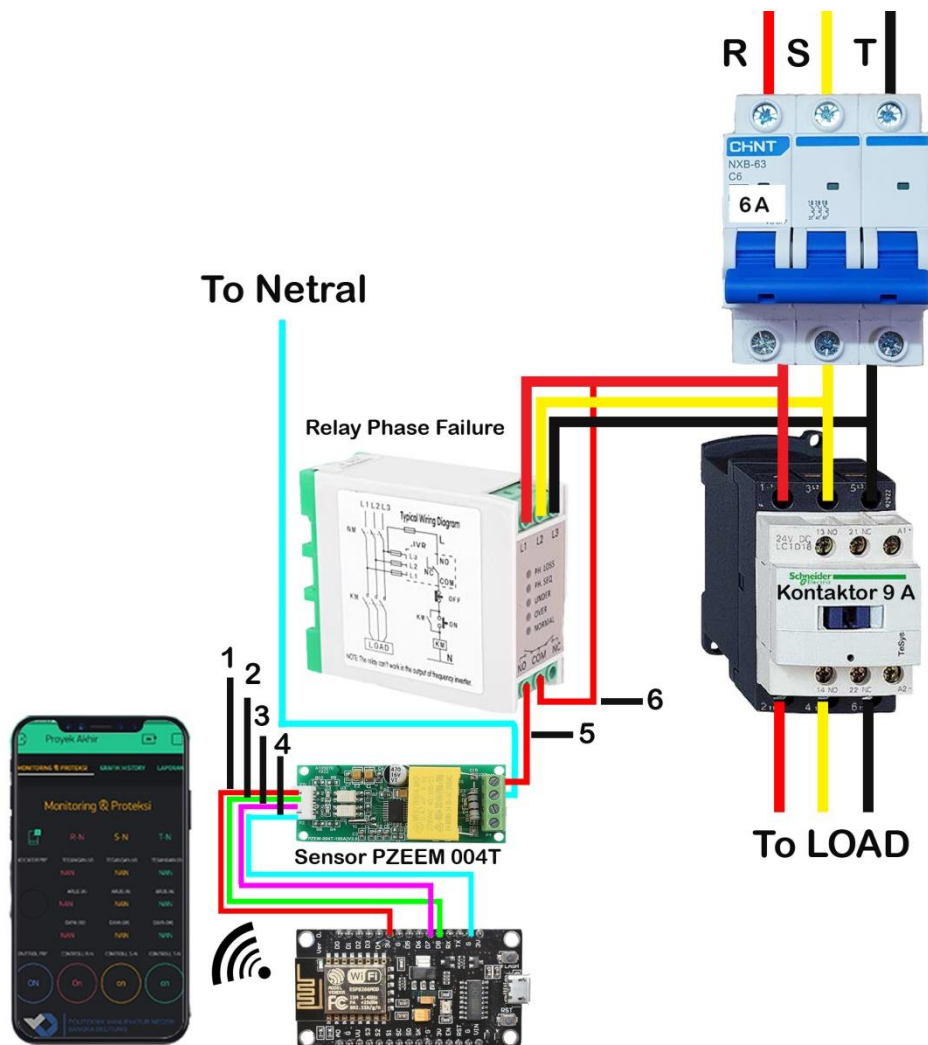


Gambar 4. 2 Skema *Monitoring Offline*

Keterangan gambar 4.2:

1. VCC 5VDC
2. RX (komunikasi serial/*receive*)
3. TX (komunikasi serial/*transmit*)
4. GND
5. SDA (serial data)
6. SCL (serial *clock*)

4.1.3 Skema *Monitoring* Kondisi RPF

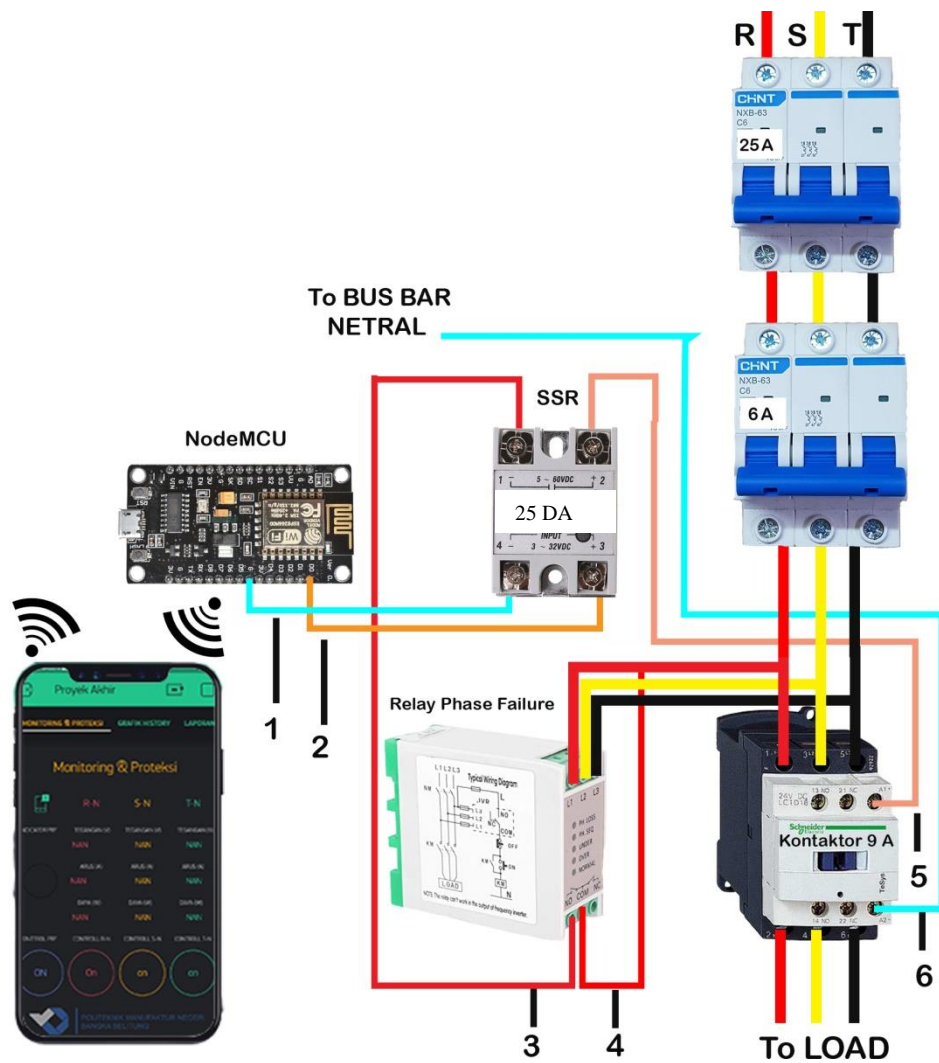


Gambar 4. 3 Skema *Monitoring* Kondisi Relay Phase Failure

Keterangan gambar 4.3:

1. VCC 5 VDC
2. RX (komunikasi serial/*receive*)
3. TX (komunikasi serial/*transmit*)
4. GND
5. NO (kontak *normaly open* Relay Phase Failure)
6. COM (sumber kontak Relay Phase Failure)

4.1.4 Skema Sistem Proteksi 3 Fasa

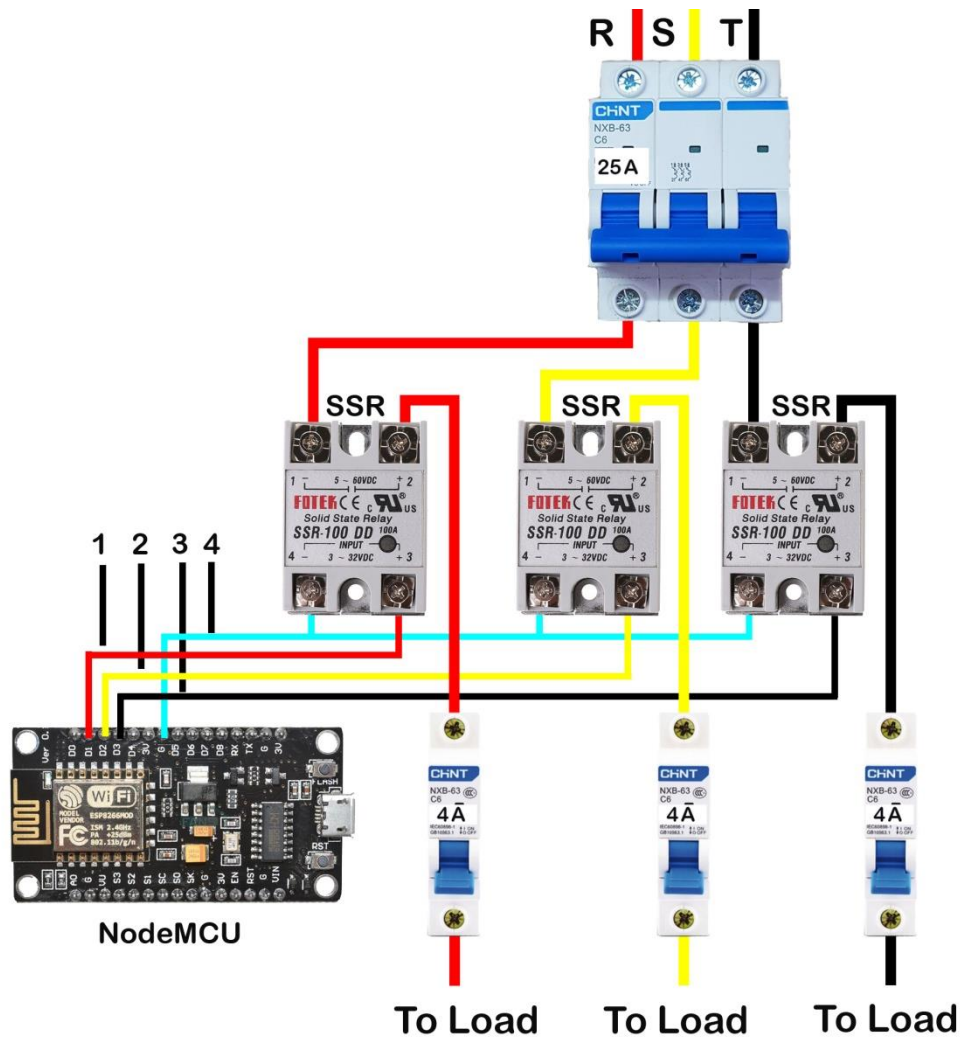


Gambar 4. 4 Skema Sistem Proteksi 3 Fasa

Keterangan gambar 4.4:

1. GND
2. D0 (pin out digital NodeMCU)
3. NO (kontak *normaly open* Relay Phase Filure)
4. COM (sumber kontak Relay Phase Failure)
5. A1 kontaktor
6. A2 kontaktor

4.1.5 Skema Sistem Proteksi 1 Fasa

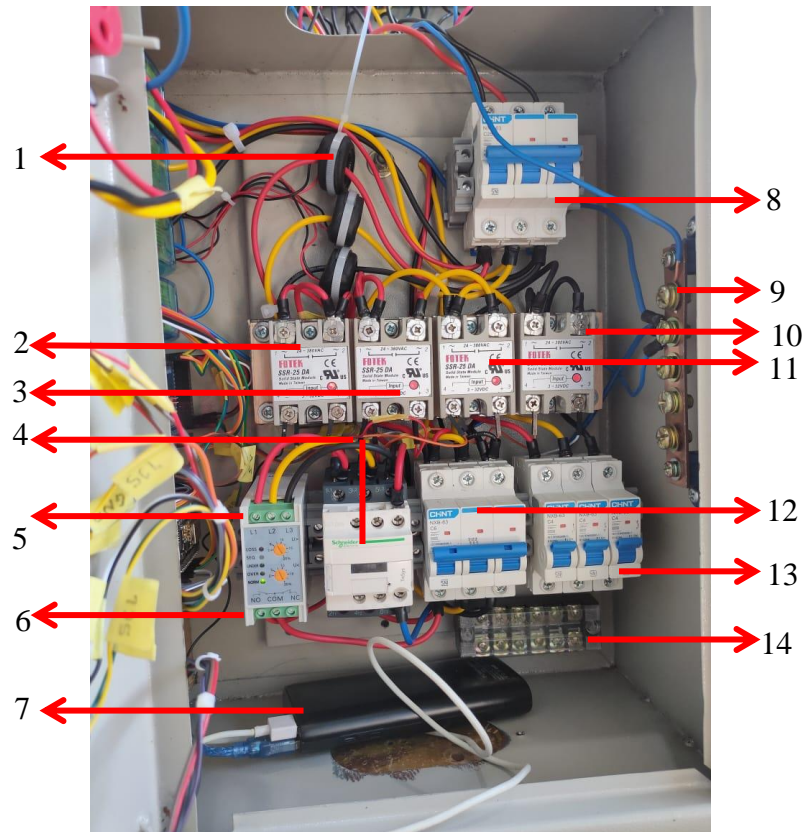


Gambar 4. 5 Skema Sistem Proteksi 1 Fasa

Keterangan gambar 4.5:

1. D1 (pin out digital NodeMCU)
2. D2 (pin out digital NodeMCU)
3. D3 (pin out digital NodeMCU)
4. D4 (pin out digital NodeMCU)

4.2 Hasil Keseluruhan Perancangan Sistem *Monitoring* dan Proteksi Pada Panel Distribusi.

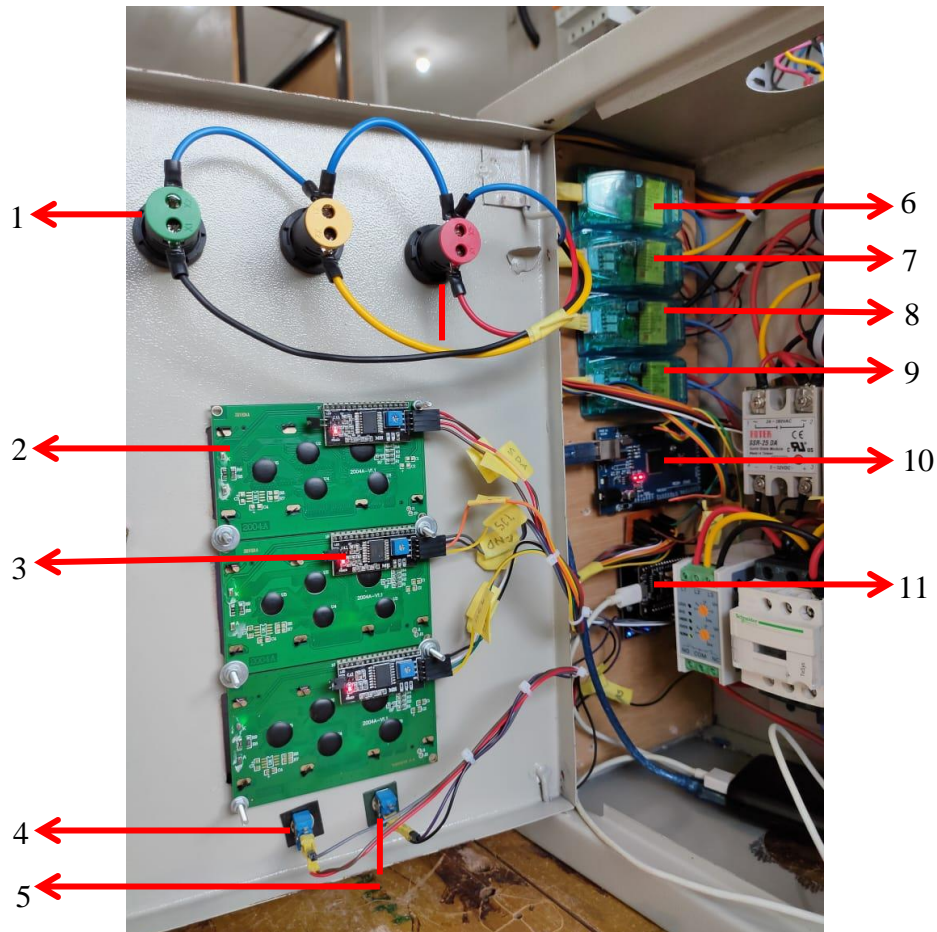


Gambar 4. 6 Sisi Depan Dalam Panel Distribusi.

Keterangan gambar 4.6:

1. Sensor CT
2. SSR untuk kontrol proteksi sistem 3 fasa
3. SSR untuk kontrol proteksi sistem 1 fasa (R)
4. Kontaktor
5. *Input* Relay Phase Failure
6. *Output*/kontak kontrol NO/C/NC Relay Phase Failure
7. Power Bank 5VDC untuk sumber Arduino Mega dan NodeMCU
8. MCB induk 25 A panel distribusi
9. Bar netral
10. SSR untuk kontrol proteksi sistem 1 fasa (T)
11. SSR untuk kontrol proteksi sistem 1 fasa (S)

12. MCB distribusi 3 Fasa 6 A
13. MCB distribusi 1 fasa masing-masing 4 A
14. Terminal blok untuk jalur pemakaian sumber listrik



Gambar 4. 7 Sisi Samping Dalam Panel Distribusi

Keterangan gambar 4.7:

1. Lampu pilot
2. LCD 20x4
3. I2C
4. Switch 5 VDC NodeMCU
5. Switch GND NodeMCU
6. PZEM R
7. PZEM S
8. PZEM T

9. PZEM untuk *monitoring* Relay Phase Failure
10. Arduino Mega 2560
11. NodeMCU

4.3 Tampilan Pada Aplikasi Blynk

Monitoring online dengan koneksi internet dilakukan dengan menggunakan aplikasi Blynk yang telah dikoneksikan dengan komponen NodeMCU dengan cara diprogram sebagai perantara yang menghubungkan antara aplikasi Blynk pada *smartphone* dengan sistem distribusi.

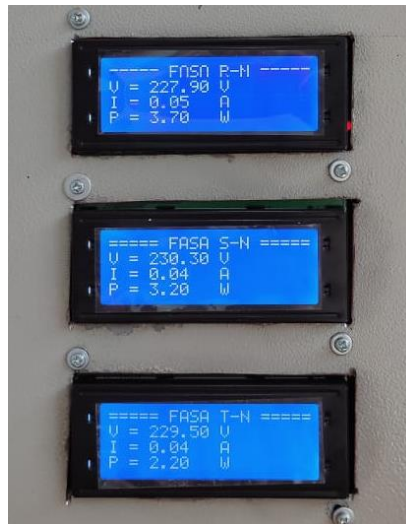


Gambar 4. 8 *Monitoring Online* Pada Aplikasi Blynk

Pada gambar 4.8, setiap tulisan warna merah adalah koneksi untuk fasa (R). Setiap tulisan warna kuning adalah koneksi untuk fasa (S). Setiap tulisan warna hijau adalah koneksi untuk fasa (T). LED berwarna biru sebagai indikator aktif atau tidaknya Relay Phase Failure dan “*control* Relay Phase Failure” tombol kontrol untuk memutuskan jalur penggunaan listrik 3 fasa.

4.4 Tampilan Pada LCD 20x4

Monitoring offline diterapkan pada sisi depan *box* panel dengan menggunakan LCD yang telah diprogram dengan Arduino Mega. LCD menampilkan parameter tegangan (V), arus (I), daya (P) per fasa terhadap netral.



Gambar 4. 9 *Monitoring Offline* dengan LCD

4.5 Pengujian Pembacaan Sensor PZEM-004T

Tabel 4. 1 Perbandingan Pembacaan Sensor PZEM-004T

Fasa	Tegangan (V)			Arus (A)			Daya (Watt)		
	Volt Meter	LCD	Blynk	Ampere Meter	LCD	Blynk	$V \times I \times \cos \varphi$	LCD	Blynk
R-N	227.7	227.80	227.80	0.09	0.1	0.1	16.59	19.00	19.00
S-N	228.9	228.70	228.70	0.08	0.09	0.09	15.38	18.90	18.90
T-N	227.8	227.90	227.90	0.06	0.07	0.07	11.61	13.80	13.80

Nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur terhadap media *monitoring* memiliki selisih yang cukup besar pada hasil pembacaan daya. Selisih tersebut disebabkan karena nilai faktor daya yang kurang baik.

4.6 Pengujian Pengontrolan SSR Dari Aplikasi Blynk

Pada pengujian sistem kontrol proteksi ini menggunakan beban motor induksi 3 fasa untuk jalur penggunaan listrik 3 fasa dan menggunakan lampu pijar untuk jalur penggunaan listrik 1 fasa. Pengujian dengan menggunakan beban ini

dilakukan untuk melihat secara nyata apakah jalur yang di kontrol benar-benar memutuskan atau mengalirkan arus listrik menuju ke beban.

Tabel 4. 2 Pengujian Sistem Kontrol Proteksi *OFF*

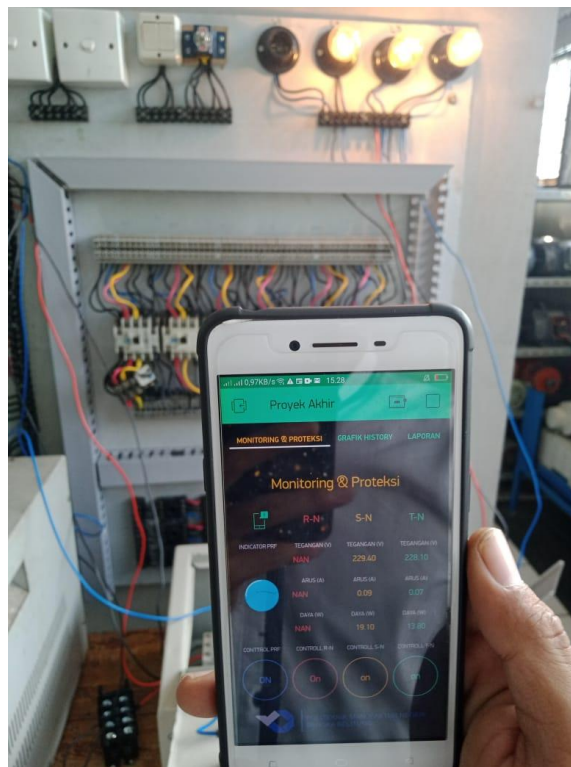
Tombol 1	Tombol 2	Tombol 3	Tombol 4	Kondisi sebelumnya	Indikator <i>SSR</i>	Hasil
<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>	Motor induksi 3 fasa <i>ON</i>	Aktif	Motor induksi 3 fasa <i>OFF</i>
<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>	Lampu 1 <i>ON</i>	Aktif	Lampu 1 <i>OFF</i>
<i>ON</i>	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	Lampu 2 <i>ON</i>	Aktif	Lampu 2 <i>OFF</i>
<i>ON</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	Lampu 3 <i>ON</i>	Aktif	Lampu 3 <i>OFF</i>



Gambar 4. 10 Pengujian Sistem Kontrol Proteksi *OFF*

Tabel 4. 3 Pengujian Sistem Kontrol Proteksi *ON*

Tombol 1	Tombol 2	Tombol 3	Tombol 4	Kondisi sebelumnya	Indikator SSR	Hasil
<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>OFF</i>	<i>OFF</i>	Motor induksi 3 fasa <i>OFF</i>	Aktif	Motor induksi 3 fasa <i>ON</i>
<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	<i>OFF</i>	Lampu 1 <i>OFF</i>	Aktif	Lampu 1 <i>ON</i>
<i>OFF</i>	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	<i>OFF</i>	Lampu 2 <i>OFF</i>	Aktif	Lampu 2 <i>ON</i>
<i>OFF</i>	<i>OFF</i>	<i>OFF</i>	<i>ON</i>	Lampu 3 <i>OFF</i>	Aktif	Lampu 3 <i>ON</i>

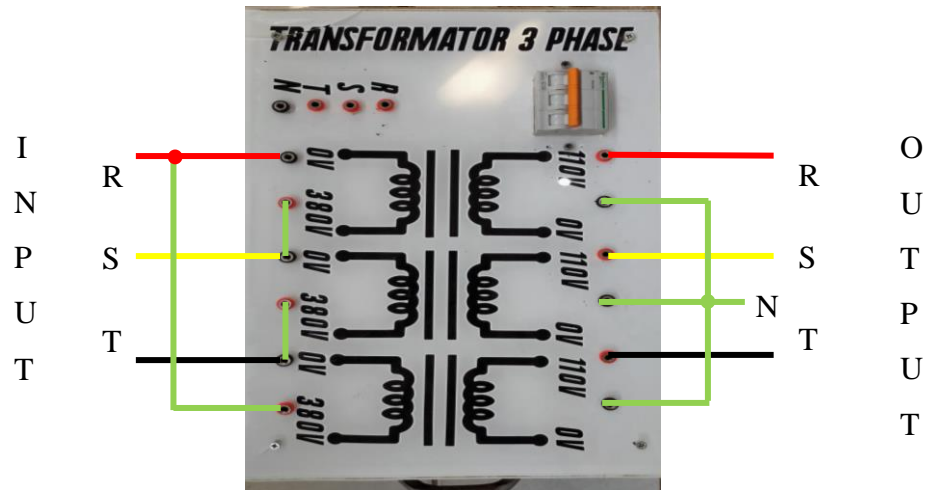


Gambar 4. 11 Pengujian Sistem Kontrol Proteksi *ON*

Setelah dilakukan pengujian tersebut hasil yang didapat telah sesuai dengan reaksi sistem yang diharapkan. Namun pada pengujian terdapat *delay* ± 2 detik yang disebabkan oleh pengaruh sinyal internet dari *smartphone* yang tidak stabil.

4.7 Pengujian Sistem Proteksi 3 Fasa

Pengujian *under voltage* menggunakan transformator *step down* untuk merubah nilai tegangan (380V-110V).



Gambar 4. 12 Hubungan Transformator *Step Down* dari 380 V ke 110 V

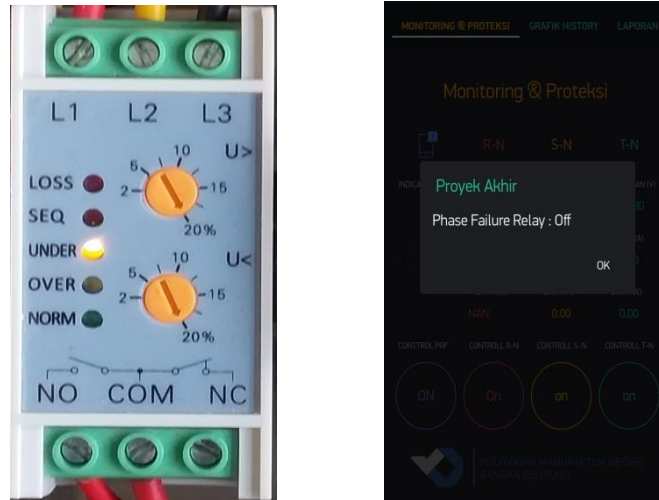
Transformator dihubungkan delta pada sisi primer dan hubungan bintang pada sisi sekunder. Percobaan ini menggunakan sisi sekunder/*output* transformator untuk sumber tegangan pada panel distribusi.

4.7.1 Pengujian *UNDER Voltage*

Untuk mengetahui nilai tegangan pada sisi input transformator dan sisi *output* pada transformator dapat dilihat pada media *monitoring* atau bisa diukur dengan multimeter. Dalam pengujian ini menggunakan nilai yang terbaca pada LCD.

Tabel 4. 4 Pengujian *Under Voltage* 3 fasa

Fasa	Tegangan <i>input</i> transformator	Tegangan <i>output</i> transformator	Indikator RPF	Notifikasi Blynk
R-N	228.10 V	114 V	<i>UNDER</i>	Phase Failure Relay : <i>Off</i>
S-N	227.20 V	115.10 V	UNDER	Phase Failure Relay : <i>Off</i>
T-N	226.70 V	115.55 V	UNDER	Phase Failure Relay : <i>Off</i>



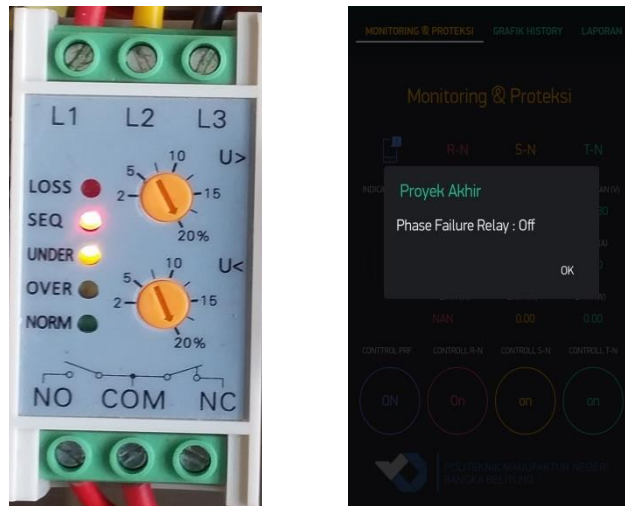
Gambar 4. 13 Indikator Relay Phase Failure dan Notifikasi Blynk

4.7.2 Pengujian Urutan Fasa Terbalik R-S-T.

Pengujian ini dilakukan dengan merubah salah satu urutan fasa dari urutan normal R-S-T menjadi S-R-T untuk melihat kinerja dari Relay Phase Failure. Setelah dilakukan percobaan tersebut indikator SEQ pada Relay Phase Failure aktif dan sistem *monitoring* memberikan notifikasi “Relay Phase Failure: *Off*” . Pengujian ini masih menggunakan transformator *step down* maka indikator *UNDER* masih tetap menyala.

Tabel 4. 5 Pengujian Urutan Fasa Terbalik

Urutan Fasa Normal	Urutan Fasa Dibalik	Indikator Relay Phase Failure	Notifikasi Aplikasi Blynk
R-S-T	S-R-T	SEQ	Phase Failure Relay : <i>Off</i>
R-S-T	R-T-S	SEQ	Phase Failure Relay : <i>Off</i>
R-S-T	T-S-R	SEQ	Phase Failure Relay : <i>Off</i>



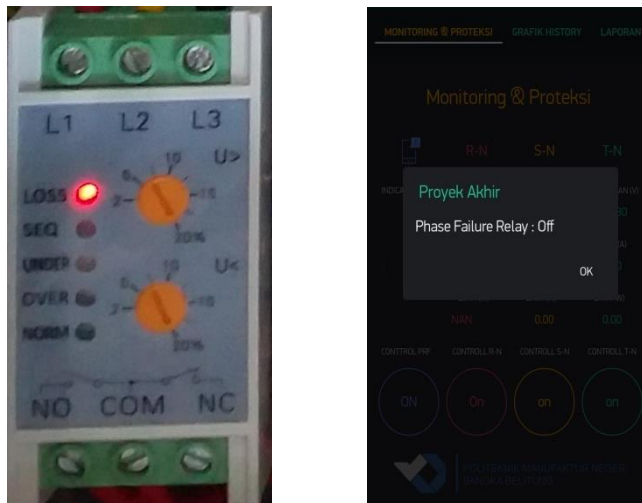
Gambar 4. 14 Indikator RPF dan Notifikasi Blynk

4.7.3 Pengujian Fasa Loss.

Pengujian ini dilakukan dengan melepas salah satu fasa, untuk melihat kinerja dari Relay Phase Failure. Setelah dilakukan percobaan tersebut Relay Phase Failure menunjukan indikator *LOSS* dan sistem *monitoring* memberikan notifikasi “Relay Phase Failure: *Off*”

Tabel 4. 6 Pengujian Fasa Loss

Fasa Normal	Satu Fasa Loss	Indikator Relay Phase Failure	Notifikasi Aplikasi Blynk
R-S-T	R-Loss-T	<i>LOSS</i>	Phase Failure Relay : <i>Off</i>
R-S-T	<i>Loss</i> -S-T	<i>LOSS</i>	Phase Failure Relay : <i>Off</i>
R-S-T	R-Loss-S	<i>LOSS</i>	Phase Failure Relay : <i>Off</i>



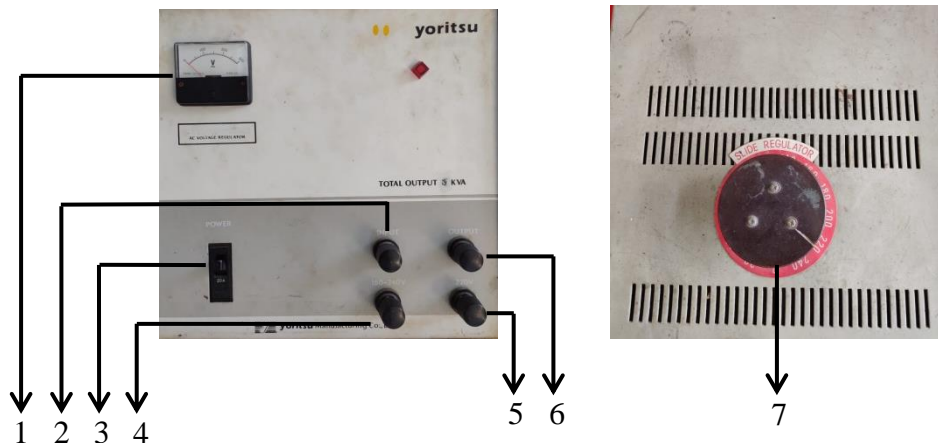
Gambar 4. 15 Indikator RPF dan Notifikasi Blynk

Hasil dari pengujian sistem proteksi 3 fasa secara *hardware* yang telah dilakukan Relay Phase Failure sebagai alat proteksi telah bekerja dengan baik. Setelah dilakukan pengujian, Indikator pada Relay Phase Failure memberikan informasi yang benar dan sesuai dengan apa yang telah diuji.

Sedangkan hasil pengujian secara *online*, sistem memberikan notifikasi pada aplikasi Blynk sesuai dengan kondisi Relay Phase Failure. Jika Relay Phase Failure Aktif maka notifikasi tersebut muncul dengan kalimat “Relay Phase Failure : *On*” dan jika Relay Phase Failure tidak aktif maka notifikasi tersebut muncul dengan kalimat “Relay Phase Failure : *Off*”. Pada aplikasi Blynk juga terdapat indikator LED yang mewakili kondisi Relay Phase Failure aktif atau tidak, jika Relay Phase Failure aktif maka LED menyala sedangkan jika Relay Phase Failure tidak aktif maka LED padam. Pengujian untuk *over voltage* pada sistem proteksi 3 fasa tidak dilakukan karena terbatasnya alat bantu dalam pengujian ini.

4.8 Pengujian Sistem Proteksi 1 Fasa

Pengujian sistem proteksi 1 fasa menggunakan *AC voltage regulator* sebagai alat bantu pengujian. *AC voltage regulator* digunakan untuk merubah nilai tegangan 1 fasa.



Gambar 4. 16 AC Voltage Regulator 1 Fasa

Keterangan Gambar 4.9

1. Voltmeter
2. Switch on/off AC voltage regulator
3. Input 1 fasa
4. Input netral
5. Output netral
6. Output 1 fasa
7. Pengatur nilai tegangan output

4.8.1 Pengujian Under Voltage 1 Fasa

Pengujian *under voltage* dilakukan dengan merubah nilai tegangan pada fasa R-N menggunakan tegangan *output* AC voltage regulator. Tegangan *output* AC voltage regulator dibaca oleh sensor PZEM-004T untuk memproses nilai tegangan yang sedang beroperasi.

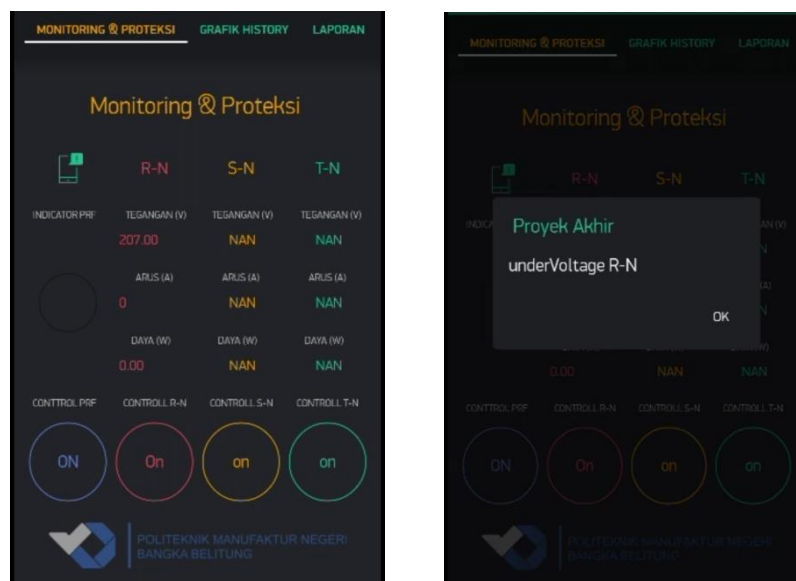
Pada NodeMCU telah diprogram untuk batasan nilai tegangan yakni jika tegangan kurang dari 208V maka pada aplikasi Blynk akan memberikan notifikasi “*under voltage* R-N” dan apabila nilainya masih bertahan selama 10 detik maka SSR secara otomatis berubah kondisi menjadi *normally open* atau memutuskan rangkaian.

Jika *range* tegangan mencapai angka 208 V sampai 210 V maka *smartphone* akan mendapatkan notifikasi “*under voltage* R-N, Segera Ambil

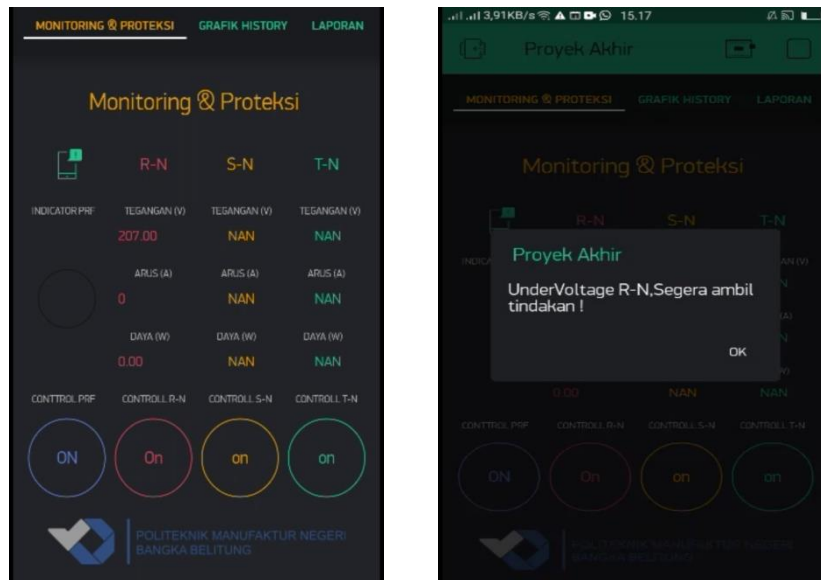
Tindakan” dan SSR dapat dikontrol oleh pengguna apakah ingin di *OFF* atau dibiarkan *ON* saja.

Tabel 4. 7 Pengujian *Under Voltage*

Tegangan <i>output AC regulator voltage</i>		Notifikasi Blynk	Waktu tunda	Indikator SSR
Voltmeter	LCD			
111 V	112 V	-	-	<i>ON</i>
110 V	111	-	-	<i>ON</i>
109 V	110 V	<i>Under voltage R-N : Segera ambil tindakan</i>	-	<i>ON</i>
108 V	109 V	<i>Under voltage R-N : Segera ambil tindakan</i>	-	<i>ON</i>
107 V	108 V	<i>Under voltage R-N : Segera ambil tindakan</i>	-	<i>ON</i>
106 V	107 V	<i>Under voltage R-N</i>	10 Detik	<i>OFF</i>



Gambar 4. 17 Pengujian *Under Voltage* kurang dari **208 V**



Gambar 4. 18 Pengujian *Under Voltage* dari 208 V sampai 210 V

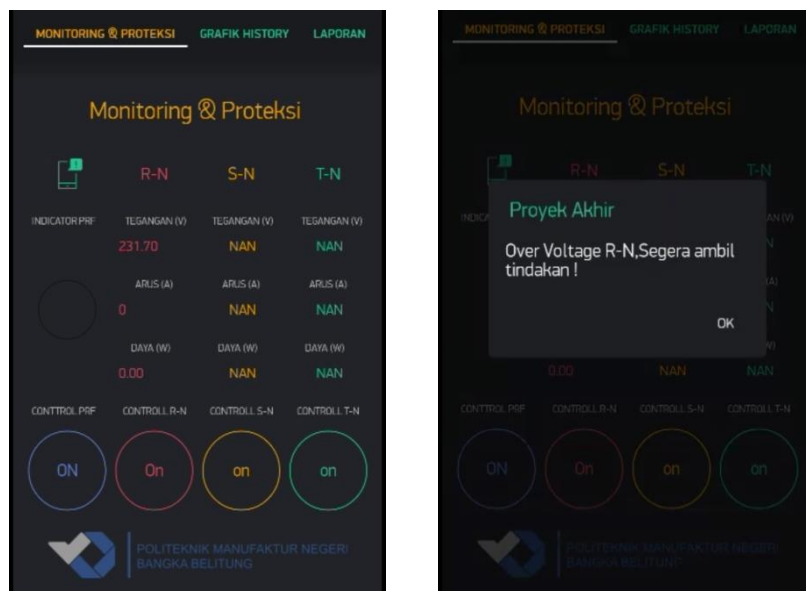
4.8.2 Pengujian *Over Voltage* 1 Fasa

Pengujian *over voltage* dilakukan dengan memberikan nilai tegangan pada fasa R-N sesuai dengan *range* nilai yang telah di program pada NodeMcu, yakni 230 V sampai 232 V. Apabila nilai tegangan sesuai dengan *range* nilai tersebut maka *smartphone* akan mendapatkan notifikasi “*Over Voltage* R-N, Segera Ambil Tindakan” dan SSR dapat dikontrol oleh pengguna apakah ingin di *OFF* atau dibiarkan *ON* saja.

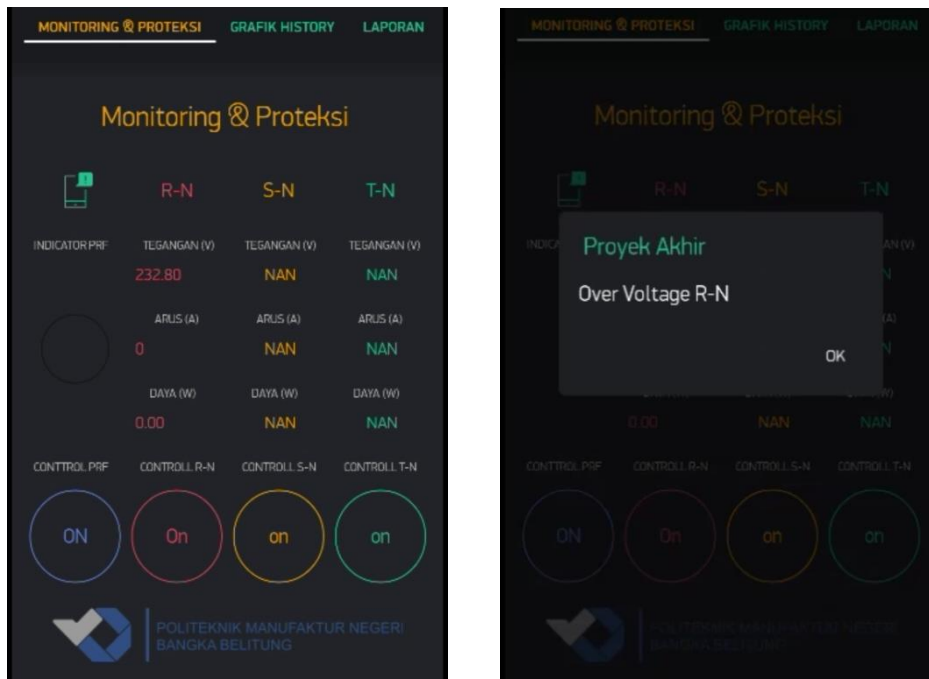
Apabila nilai *input* bernilai lebih dari 232 V maka *smartphone* akan mendapatkan notifikasi “Terjadi *Over Voltage* R-N” dan apabila nilainya masih bertahan selama 10 detik maka SSR secara otomatis berubah kondisi menjadi *normally open* atau memutuskan rangkaian.

Tabel 4. 8 Pengujian *Over Voltage*

Tegangan output AC regulator voltage		Notifikasi Blynk	Waktu tunda	Indikator SSR
Voltmeter	LCD			
227 V	228 V	-	-	ON
228 V	229	-	-	ON
229 V	230 V	Over voltage R-N : Segera ambil tindakan	-	ON
230 V	231 V	Over voltage R-N : Segera ambil tindakan	-	ON
231 V	232 V	Over voltage R-N : Segera ambil tindakan	-	ON
232 V	233 V	Over voltage R-N	10 Detik	OFF



Gambar 4. 19 Pengujian *Over Voltage* dari 230 V sampai 232 V



Gambar 4. 20 Pengujian *Over Voltage* lebih dari 232 V

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya proses dan pengujian dari tugas akhir ini penulis menyimpulkan bahwa:

1. Sistem *monitoring* dapat berkerja secara *real-time* dengan *delay* ± 2 detik. *Delay* tersebut disebabkan karena adanya program *delay* yang dibuat selama 2 detik pada Arduino Mega. Hal tersebut bertujuan agar NodeMCU dapat membaca data sensor yang dikirimkan dari Arduino Mega dengan baik. Sistem proteksi secara *online* juga memiliki waktu tunda yang disebabkan oleh kecepatan jaringan internet yang terhubung kedalam sistem ini.
2. Perbandingan hasil pembacaan daya listrik pada media *monitoring* dengan hasil perhitungan memiliki selisih yang cukup besar. Selisih tersebut disebabkan karena nilai faktor daya pada beban yang digunakan kurang baik.
3. Sistem proteksi berhasil memutuskan aliran listrik ke beban apabila nilai *range* ketidakseimbangan yang telah diprogram terpenuhi.
4. Ketika terjadi ketidakseimbangan fasa pada panel distribusi, notifikasi ketidakseimbangan berhasil ditampilkan pada *smartphone* dengan *delay* pengulangan notifikasi selama 5 detik.

5.2 Saran

Untuk kedepannya jika ada pengembangan dari judul tugas akhir ini, pengembangan yang diharapkan yaitu penyempurnaan sistem proteksi yang dapat bekerja ketika terjadi ketidak seimbangan fasa terhadap tegangan dan juga terhadap arus yang tidak seimbang antar fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adani, Muhammad Robith. (2020). "Mengenal Apa Itu Internet of Things dan Contoh Penerapannya", (online). Available at: <https://www.sekawanmedia.co.id/pengertian-internet-of-things/#:~:text=Internet%20of%20things%20adalah%20suatu,saat%20ini%20mengalami%20banyak%20perkembangan>. Diakses pada 29 Mei 2021.
- AmaniTekno. (2021). "Memahami Sistem 3 Phasa Dalam Kelistrikan", (online). Available at: <https://www.amanitekno.com/memahami-sistem-3-phase-dalam-kelistrikan/>. Diakses pada 19 Mei 2021.
- Ardiansyah, A. (2020). "Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things)", (online). Available at: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/23561>. Diakses pada 16 April 2021.
- Arief, Muhammad. (2018). "Pengertian Listrik 1 Phase dan 3 Phase", (online). Available at: <https://primatekniksystem.com/artikel/pengertian-listrik-1-phase-dan-3-phase#:~:text=Listrik%203%20Phase%20adalah%20jaringan,listrik%20dan%201%20kabel%20neutral>. Diakses pada 28 Mei 2021.
- Atmadja, Kesumba. (2017). "Selayang Pandang Listrik 3 Fase", (online). Available at: <https://desdm.bantenprov.go.id/read/berita/257/SELAYANG-PANDANG-LISTRIK-3-FASE.html>. Diakses pada 1 Maret 2021.
- Bayu, Purnomo. (2014). "Sistem Proteksi Dari Pembangkit Sampai Konsumen", Jurnal Teknik, Vol. 3 No. 1.

- Circuit Board. "Arduino Mega 2560 R3 Pcb", (online). Available at: <https://circuitsboards.blogspot.com/1969/12/arduino-mega-2560-r3-pcb.html>. Diakses pada 2 Agustus 2021.
- Firsya, M., *et al.* (2018). "Rancang Bangun Kontrol Dan Monitoring Sistem Proteksi Beban Tidak Seimbang", pp. 1–6.
- Hage. (2009). "Sistem 3 Fasa", (online). Available at: <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/01/sistem-3-fasa.html> .Diakses pada 28 Mei 2021.
- Hendarto, D., and Gumilang B. P. (2016). "Penerapan Sistem Proteksi Under Over Voltage Relay pada Low Voltage Main Distribusi Penel (LVMDP) di Gedung IR H Prijono UIKA Bogor", *Jutek*, 3(2), pp. 16–22.
- Imall. "PZEM 004T", (online). Available at: <https://imall.com/product/DC-0-300V-300A-Voltmeter-PZEM-017-Communication-Wireless-Module-RS485-Modbus-Voltage-Current-Power-Energy-Detector/Electronic-Components-Supplies-Board/Eachine1/banggood.com/1386526/530-235069/en>. Diakses pada 2 Agustus 2021.
- Lianda, J., *et al.* (2019). "Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Jarak Jauh Berbasis Internet of Things", *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 4(1), p. 79. doi: 10.31544/jtera.v4.i1.2019.79-84.
- Mohannad, Jabbar Mnati., *et al.* (2017). "A smart voltage and current monitoring system for three phase inverters using an android smartphone application", (online). Available at : https://researchgate.net/publication/316148416_A_Smart_Voltage_and_Current_Monitoring_System_for_Three_Phase_Inverters_Using_an_Android_Smartphone_Application . Diakses pada 3 Maret 2021
- Nasution, A., *et al.* (2014). "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya 3 Phase Berbasis Mikrokontroler Yang Dapat Di Baca Secara Online Pada Laboratorium Mikroprosesor Politeknik Negeri Padang", (online).

- Available at:
https://ilkom.unnes.ac.id/snik/prosiding/2014/4.SNIK2014_Enterprise%20Architecture%20Planing.pdf . Diakses pada 15 April 2021.
- Patabang, Simon. (2017). “Sistem 3 Phase Beban Seimbang”, (Online): Available at: <https://slideshare.net/simonpatabang/9-sistem-3-fasa-beban-seimbang> . Diakses pada 1 Maret 2021.
- Pinterest. ”NodeMCU”, (online). Available at: <https://www.pinterest.com/pin/839006605574229005/>. Diakses pada 2 Agustus 2021.
- Purwoharjo. (2014). "Identifikasi Dampak Gangguan Harmonisa dan Ketidak Seimbangan Magnitude Tegangan Serta Sudut Fasa Pada Performa Motor Induksi", 6(2), pp. 14–21.
- Sentosa Setiadji, J., *et al.* (2008) "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi", *Jurnal Teknik Elektro*, 7(2), pp. 68–73. doi: 10.9744/jte.7.2.68-73.
- Suprianto. (2015). “Hubungan Transformator 3 Fasa dan Rumus”, (online). Available at: [http://blog.unnes.ac.id/antosupri/hubungan-transformator-tiga-fasa-dan-rumus/#:~:text=Hubungan%20Segitiga%20Delta%20\(%CE%94\),dengan%20ujung%20mula%20fasa%20pertama](http://blog.unnes.ac.id/antosupri/hubungan-transformator-tiga-fasa-dan-rumus/#:~:text=Hubungan%20Segitiga%20Delta%20(%CE%94),dengan%20ujung%20mula%20fasa%20pertama). Diakses pada 28 Mei 2021
- Thekaqoq. ”Relay Phase Failure”, (online). Available at: https://www.thekaqoq.com/index.php?main_page=product_info&products_id=274120. Diakses pada 2 Agustus 2021.
- Wikikomponen. ”Solid State Relay”, (online). Available at: <https://www.wikikomponen.com/teori-dasar-dan-pengertian-komponen-solid-state-relay/>. Diakses pada 2 Agustus 2021.

LAMPIRAN 1: DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Kurniawan
Tempat & tanggal lahir : Sungailiat, 12-10-99
Alamat rumah : Jln.Karimata 1 No.384
BTN-Karya Makmur
HP : 082282302036 : 082282302036
E-mail : Kurr1036@gmail.com
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 9	Lulus tahun 2011
MTS Negeri Sungailiat	Lulus tahun 2014
SMK Muhammadiyah Sungailiat	Lulus tahun 2017

Sungailiat,.....20...

Kurniawan

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Bagas Wara
Tempat & tanggal lahir : Sungailiat, 22-08-2000
Alamat rumah : Jln. Jendral Sudirman Parit
Padang, Rt 003, Sungailiat,
Bangka
HP : 085841190832
E-mail : bagaswarasekolah@gmail.com
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 15 Sungailiat	Lulus tahun 2012
SMP Setia Budi	Lulus tahun 2015
SMA Negeri 1 Sungailiat	Lulus tahun 2018
Sungailiat,.....20...	

Bagas Wara

LAMPIRAN 2: PROGRAM ARDUINO MEGA

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial swer_mega(10, 11);
//=====LCD=====
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd1(0x23, 20,4);//a2
LiquidCrystal_I2C lcd2(0x26, 20,4);//a0
LiquidCrystal_I2C lcd3(0x27, 20,4);
//=====SENSOR=====
#include <PZEM004Tv30.h>
PZEM004Tv30 pzem_R (12, 13);
PZEM004Tv30 pzem_S (50, 51);
PZEM004Tv30 pzem_T (52, 53);

float Arus_R,Tegangan_R, Daya_R, Arus_S, Tegangan_S, Daya_S, Arus_T,
Tegangan_T,Daya_T,Energy_T;

String Str_akhir=" ";

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  swer_mega.begin(9600);
  //=====lcd
  lcd1.init();
  lcd2.init();
  lcd3.init();

  lcd1.backlight();
  lcd2.backlight();
  lcd3.backlight();

```

```

lcd1.begin(20, 4);
lcd2.begin(20, 4);
lcd3.begin(20, 4);

//=====

lcd1.clear();
lcd2.clear();
lcd3.clear();
}

void loop() {
//=====Baca sensor=====

//=====Fasa R
Arus_R      = pzem_R.current();
Tegangan_R = pzem_R.voltage();
Daya_R      = pzem_R.power()
//Fasa S
Arus_S      = pzem_S.current();
Tegangan_S = pzem_S.voltage();
Daya_S      = pzem_S.power();
//Fasa T
Arus_T      = pzem_T.current();
Tegangan_T = pzem_T.voltage();
Daya_T      = pzem_T.power();
Energy_T    = pzem_T.energy();

//=====Tampilan R=====//
lcd1.setCursor(0,0);
lcd1.print("===== FASA R-N =====");

```

```
//lcd1.setCursor(0,1);  
//lcd1.print("=====");  
lcd1.setCursor(0,2);  
lcd1.print("I = ");  
lcd1.setCursor(4,2);  
lcd1.print(Arus_R);  
lcd1.setCursor(11,2);  
lcd1.print("A");
```

```
//Tegangan R  
lcd1.setCursor(0,1);  
lcd1.print("V = ");  
lcd1.setCursor(4,1);  
lcd1.print(Tegangan_R);  
lcd1.setCursor(11,1);  
lcd1.print("V");
```

```
//Daya R  
lcd1.setCursor(0,3);  
lcd1.print("P = ");  
lcd1.setCursor(4,3);  
lcd1.print(Daya_R);  
lcd1.setCursor(11,3);  
lcd1.print("W");
```

```
//=====Tampilan S=====//  
//Arus S  
lcd2.setCursor(0,0);
```

```
lcd2.print("===== FASA S-N =====");  
//lcd1.setCursor(0,1);  
//lcd1.print("=====");  
lcd2.setCursor(0,2);  
lcd2.print("I = ");  
lcd2.setCursor(4,2);  
lcd2.print(Arus_S);  
lcd2.setCursor(11,2);  
lcd2.print("A");
```

```
//Tegangan S
```

```
lcd2.setCursor(0,1);  
lcd2.print("V = ");  
lcd2.setCursor(4,1);  
lcd2.print(Tegangan_S);  
lcd2.setCursor(11,1);  
lcd2.print("V");
```

```
//Daya S
```

```
lcd2.setCursor(0,3);  
lcd2.print("P = ");  
lcd2.setCursor(4,3);  
lcd2.print(Daya_S);  
lcd2.setCursor(11,3);  
lcd2.print("W");
```

```
//=====Tampilan T=====//
```

```
//Arus T
```

```
lcd3.setCursor(0,0);
```



```

lcd3.print("===== FASA T-N =====");
//lcd1.setCursor(0,1);
//lcd1.print("=====");
lcd3.setCursor(0,2);
lcd3.print("I = ");
lcd3.setCursor(4,2);
lcd3.print(Arus_T);
lcd3.setCursor(11,2);
lcd3.print("A");

```

```

//Tegangan T
lcd3.setCursor(0,1);
lcd3.print("V = ");
lcd3.setCursor(4,1);
lcd3.print(Tegangan_T);
lcd3.setCursor(11,1);
lcd3.print("V");

```

```

//Daya T
lcd3.setCursor(0,3);
lcd3.print("P = ");
lcd3.setCursor(4,3);
lcd3.print(Daya_T);
lcd3.setCursor(11,3);
lcd3.print("W");

```

```

StringStr_akhir = String(Arus_R) + (',' ) + String(Tegangan_R) + (',' ) +
String(Daya_R)+(',' )+String(Arus_S)+(',' )+String(Tegangan_S)+(',' )+String(Day
a_S)+(',' )+String(Arus_T)+(',' )+String(Tegangan_T)+(',' )+String(Daya_T)+(',' )+
String(Energy_T);

```

```
    swer_mega.println(Str_akhir);  
    Serial.println(Str_akhir);  
    delay(2000);  
  
}
```

LAMPIRAN 3: PROGRAM NODEMCU

```
#include <Blynk.h>  
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
SoftwareSerial swer_mega(D5, D6);
```

```
#define BLYNK_PRINT Serial
```

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

```
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
```

```
//=====
```

```
char auth[] = "7i9EYWPB2FXc9T3DOwdmHfAOEmoY2me0";
```

```
char ssid[] = "AndroidAP";
```

```
char pass[] = "angka123";
```

```
BlynkTimer timer;
```

```
//=====
```

```
char Kar;
```

```
String dataIn;
```

```
String dt[13];
```

```
int i = 0 ;
```

```
//millis
```

```
unsigned long ulangi_r_under, ulangi_r_over, ulangi_s_under,
```

```
ulangi_s_over, ulangi_t_under, ulangi_t_over;
```

```
unsigned long ulangi_r_under_control, ulangi_r_over_control,
```

```
ulangi_s_under_control, ulangi_s_over_control;
```

```
unsigned long ulangi_t_under_control, ulangi_t_over_control;
```

```
int detik_r_under, detik_r_over, detik_s_under, detik_s_over, detik_t_under,
```

```
detik_t_over;
```

```
int detik_r_under_control, detik_r_over_control, detik_s_under_control,
```

```
detik_s_over_control, detik_t_under_control, detik_t_over_control;
```

```
int waktu_r_under_control, waktu_r_over_control, waktu_s_under_control,  
waktu_s_over_control, waktu_t_under_control, waktu_t_over_control;
```

```
int waktu_r_under, waktu_r_over, waktu_s_under, waktu_s_over, waktu_t_under,  
waktu_t_over;
```

```
WidgetLED led1(V1); // indikator on/off Phase failuer  
//WidgetLCD lcd1(V0); //lcd di blynk
```

```
//ssr  
#define ssr_rpf D0  
#define ssr_R D1  
#define ssr_S D2  
#define ssr_T D3
```

```
//sensor pzem tambahan  
#include <PZEM004Tv30.h>  
PZEM004Tv30 pzem1(13,15); //D7=13 dan D8=15
```

```
float Tegangan1, Arus1;
```

```
void myTimerEvent(){  
  Blynk.virtualWrite(V2, dt[0]); //arus R  
  Blynk.virtualWrite(V3, dt[1]); //tegangan R  
  Blynk.virtualWrite(V4, dt[2]); // daya R
```

```
  Blynk.virtualWrite(V5, dt[3]); //arus S  
  Blynk.virtualWrite(V6, dt[4]); //tegangan S  
  Blynk.virtualWrite(V7, dt[5]); //daya S
```



```

dataIn += Kar;
if(Kar == '\n'){
    int j=0;
    dt[j]="";
    for(i=1; i<dataIn.length();i++)
    {
        if((dataIn[i]=='('))
        {
            j++;
            dt[j]="";
        }
        else {
            dt[j]=dt[j]+dataIn[i];
        }
    }
}

```

```

Serial.print("Arus_R : ");
Serial.print(dt[0]);
Serial.print("\n");

```

```

Serial.print("Tegangan_R : ");
Serial.print(dt[1]);
Serial.print("\n");

```

```

Serial.print("Daya_R : ");
Serial.print(dt[2]);
Serial.print("\n");

```

```

//Fasa S=====
Serial.print("Arus_S : ");

```

```
Serial.print(dt[3]);
```

```
Serial.print("\n");
```

```
Serial.print("Tegangan_S : ");
```

```
Serial.print(dt[4]);
```

```
Serial.print("\n");
```

```
Serial.print("Daya_S : ");
```

```
Serial.print(dt[5]);
```

```
Serial.print("\n");
```

```
//Fasa T=====
```

```
Serial.print("Arus_T : ");
```

```
Serial.print(dt[6]);
```

```
Serial.print("\n");
```

```
Serial.print("Tegangan_T : ");
```

```
Serial.print(dt[7]);
```

```
Serial.print("\n");
```

```
Serial.print("Daya_T : ");
```

```
Serial.print(dt[8]);
```

```
Serial.print("\n");
```

```
Tegangan1 = pzem1.voltage();
```

```
Arus1 = pzem1.current();
```

```
//pengujian angka
```

```
//=====pengujian===== ( }-> if(data.length))

//pengujian Tegangan fasa R-N
if(dt[1] > "0" && dt[1] <= "208") // a=210 f=0
{

    Blynk.notify("underVoltage R-N");

    unsigned long currentMillis = millis();
    if((currentMillis-ulangi_r_under)>waktu_r_under)
    {
        detik_r_under ++;

        if(detik_r_under >= 10)
        {
            detik_r_under = 0 ;
            Serial.println("SSR otomatis berkerja (Under voltage)");
            digitalWrite(ssr_R, LOW);
            Blynk.notify("SSR otomatis berkerja (Under voltage)");
        }
        ulangi_r_under = millis();
    }
}

if(dt[1] > "208" && dt[1] <= "210") //b=212
{

    Serial.println("Terjadi ketidak keseimbangan (Under) pada tegangan
Fasa R-N");
    Blynk.notify("UnderVoltage R-N,Segera ambil tindakan !");
}
```



```
}
```

```
if(dt[1] >= "230" && dt[1] < "232") // d=228 e=230
```

```
{
```

```
    Serial.println("Terjadi ketidak keseimbangan (Over) pada tegangan  
Fasa R-N");
```

```
    Blynk.notify("Over Voltage R-N, Segera ambil tindakan !");
```

```
}
```

```
//=====over menahan=====
```

```
if(dt[1] >= "232" && dt[1] <= "9999")
```

```
{
```

```
    Blynk.notify("Over Voltage R-N");
```

```
    unsigned long currentMillis = millis();
```

```
    if((currentMillis-ulangi_r_over)>waktu_r_over)
```

```
    {
```

```
        detik_r_over ++;
```

```
        if(detik_r_over >= 10)
```

```
        {
```

```
            detik_r_over = 0 ;
```

```
            Serial.println("SSR otomatis berkerja (over voltage)");
```

```
            digitalWrite(ssr_R, LOW);
```

```
            Blynk.notify("SSR R-N (N.Open)");
```

```
        }
```

```
        ulangi_r_over = millis();
```

```
    }
```

```

    }

    //=====

    if(dt[1] > "210" && dt[1] < "230")
    {
        detik_r_under = 0;
        detik_r_over = 0;
        detik_r_under_control = 0;
        detik_r_over_control = 0;
        Serial.println("Normal");
    }

    if(dt[1] == "0")
    {
        Serial.println("Fasa R lossess");
        Blynk.notify("Fasa R Loss");
    }

    //=====pengujian Tegangan fasa S-N

    if(dt[4] > "0" && dt[4] <= "208") // a=210 f=0
    {
        Blynk.notify("underVoltage S-N");

        unsigned long currentMillis = millis();
        if((currentMillis-ulangi_s_under)>waktu_s_under)
        {
            detik_s_under ++;

            if(detik_s_under >= 10)
            {

```

```

        detik_s_under = 0 ;
        Serial.println("SSR otomatis berkerja (Under voltage S)");
        digitalWrite(ssr_S, LOW);
        Blynk.notify("SSR S-N (N.Open)");
    }
    ulangi_s_under = millis();
}

}

if(dt[4] > "208" && dt[4] <= "210") //b=212
{

        Serial.println("Terjadi ketidak keseimbangan (Under) pada tegangan
Fasa S-N");
        Blynk.notify("Under Voltage S-N, segera ambil tindakan !");

}

if(dt[4] >= "230" && dt[4] < "232") // d=228 e=230
{

        Serial.println("Terjadi ketidak seimbangan (Over) pada tegangan
Fasa S-N");
        Blynk.notify("Over Voltage S-N, segera ambil tindakan !");

}

//=====
if(dt[4] >= "232" && dt[4] <= "9999")
{
        Blynk.notify("Over Voltage S-N");

```

```

unsigned long currentMillis = millis();
if((currentMillis-ulangi_s_over)>waktu_s_over)
{
    detik_s_over ++;

    if(detik_s_over >= 10)
    {
        detik_s_over = 0 ;
        Serial.println("SSR otomatis berkerja (over voltage S)");
        digitalWrite(ssr_S, LOW);
        Blynk.notify("SSR S-N (N.Open)");
    }
    ulangi_s_over = millis();
}
}
//=====================================================
if(dt[4] > "210" && dt[4] <"230")
{
    detik_s_under = 0;
    detik_s_over = 0;
    detik_s_under_control = 0;
    detik_s_over_control = 0;
    Serial.println("Normal");
}
if(dt[4] == "0")
{
    Serial.println("Fasa S lossess");
    Blynk.notify("Fasa S-N Loss");
}

```

```

//pengujian Tegangan fasa T-N
if(dt[7] > "0" && dt[7] <= "208") // a=210 f=0
{
    Blynk.notify("underVoltage T-N");

    unsigned long currentMillis = millis();
    if((currentMillis-ulangi_t_under)>waktu_t_under)
    {
        detik_t_under ++;

        if(detik_t_under >= 10)
        {
            detik_t_under = 0 ;
            Serial.println("SSR otomatis berkerja (Under voltage T)");
            digitalWrite(ssr_T, LOW);
            Blynk.notify("SSR T-N (N.Open)");
        }
        ulangi_t_under = millis();
    }
}

if(dt[7] > "208" && dt[7] <= "210") //b=212
{

    Serial.println("Terjadi ketidak keseimbangan (Under) pada tegangan
Fasa T-N");
    Blynk.notify("UnderVoltage T-N, Segera Ambil tindakan !");

}

```

```

if(dt[7] >= "230" && dt[7] < "232") // d=228 e=230
{

    Serial.println("Terjadi ketidak seimbangan (Over) pada tegangan
Fasa T-N");

    Blynk.notify("Over Voltage T-N, Segera Ambil tindakan !");

}

//=====================================================
if(dt[7] >= "232" && dt[7] <= "9999")
{
    Blynk.notify("Over Voltage T-N");

    unsigned long currentMillis = millis();
    if((currentMillis-ulangi_s_over)>waktu_s_over)
    {
        detik_t_over ++;

        if(detik_t_over >= 10)
        {
            detik_t_over = 0 ;
            Serial.println("SSR otomatis berkerja (over voltage T)");
            digitalWrite(ssr_T, LOW);
            Blynk.notify("SSR T-N (N.Open)");
        }
        ulangi_t_over = millis();
    }
}

//=====================================================

```

```

if(dt[7] > "210" && dt[7] < "230")
{
    detik_t_under = 0;
    detik_t_over = 0;
    detik_t_under_control = 0;
    detik_t_over_control = 0;
    Serial.println("Normal");
}
if(dt[7] == "0")
{
    Serial.println("Fasa T-N lossess");
    Blynk.notify("Fasa T-N lossess");
}

```

//pengujian dari Phase failure relay

```

if( Tegangan1 > 0)
{
    Serial.println("led on Phase Failure Relay");
    led1.on();
}
else
{
    Serial.println("led off phase failure relay");
    Blynk.notify("Phase Failure Relay : Off");
    led1.off();
}

```

// if kar=\n

```

Blynk.run();

```

```
timer.run();
```

```
}
```

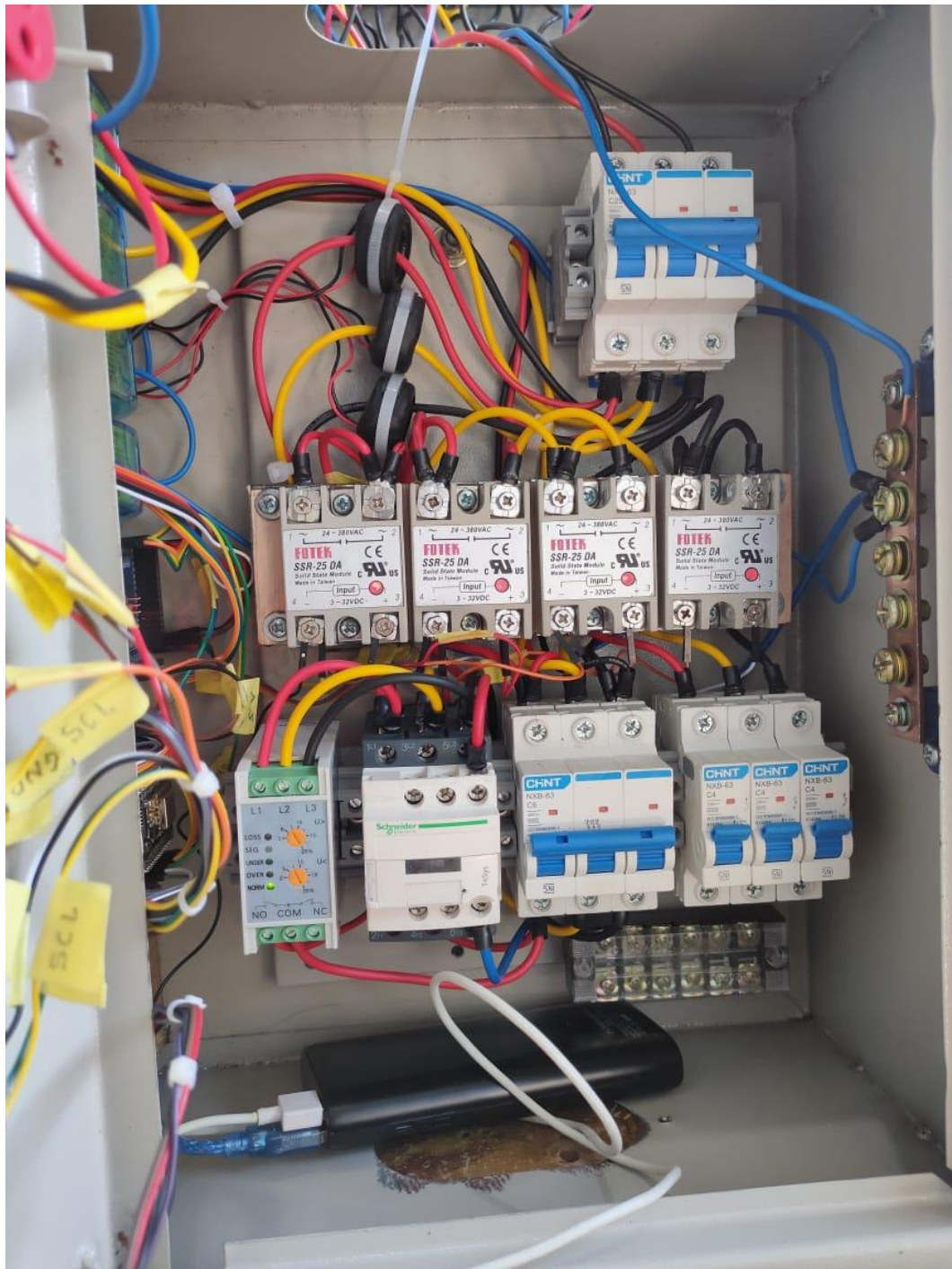
```
}
```

```
}
```

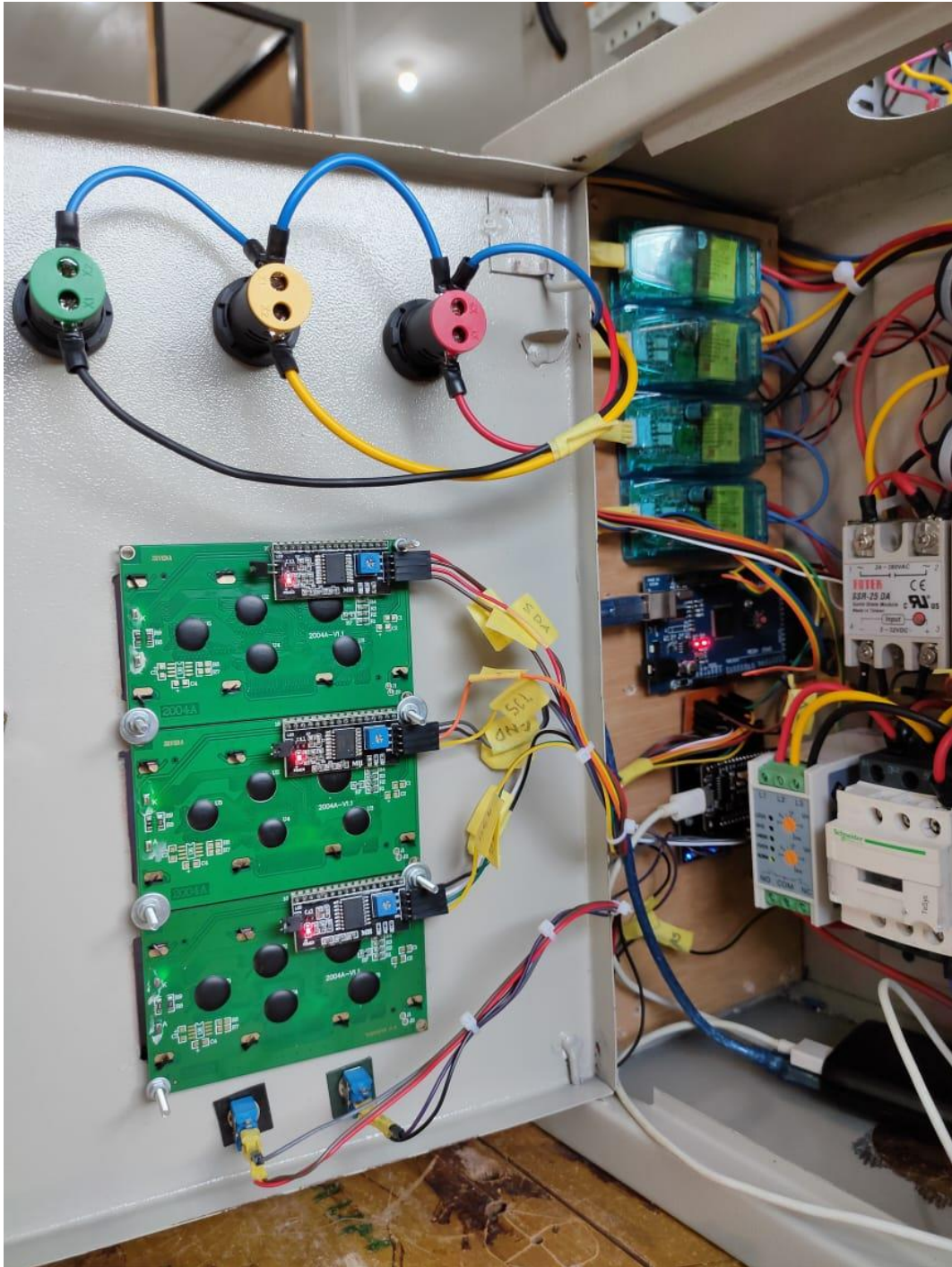
LAMPIRAN 4: GAMBAR ALAT KESELURUHAN



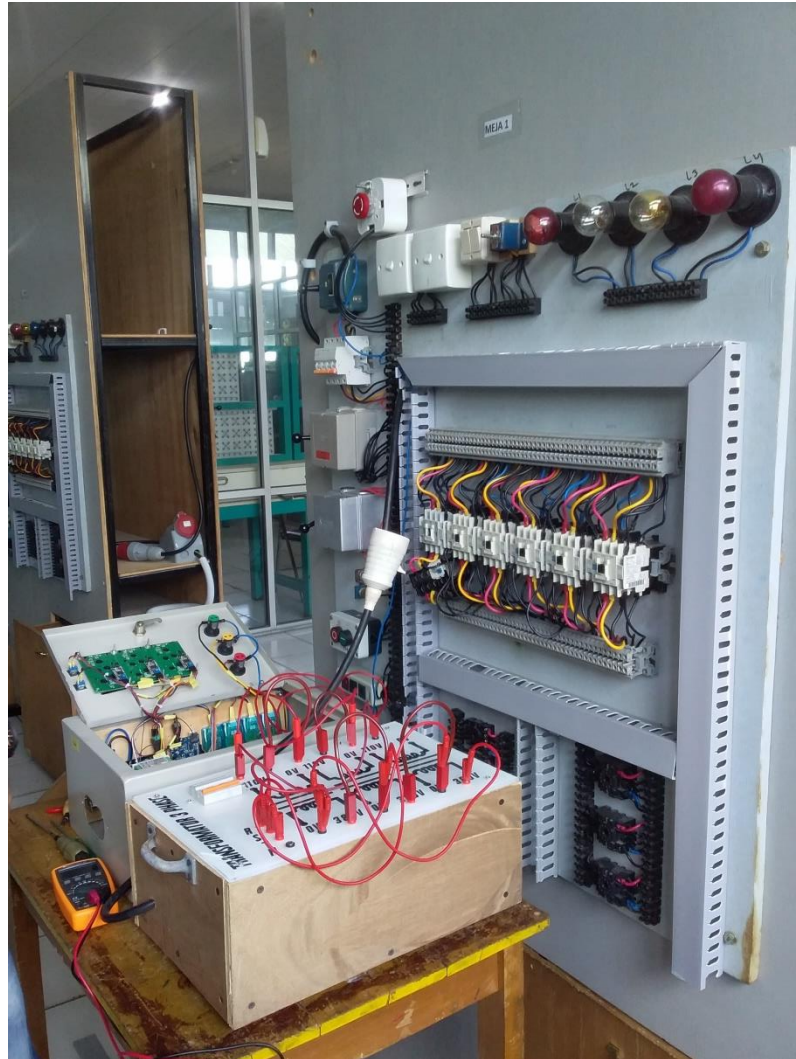
Sisi Depan Box Panel Distribusi



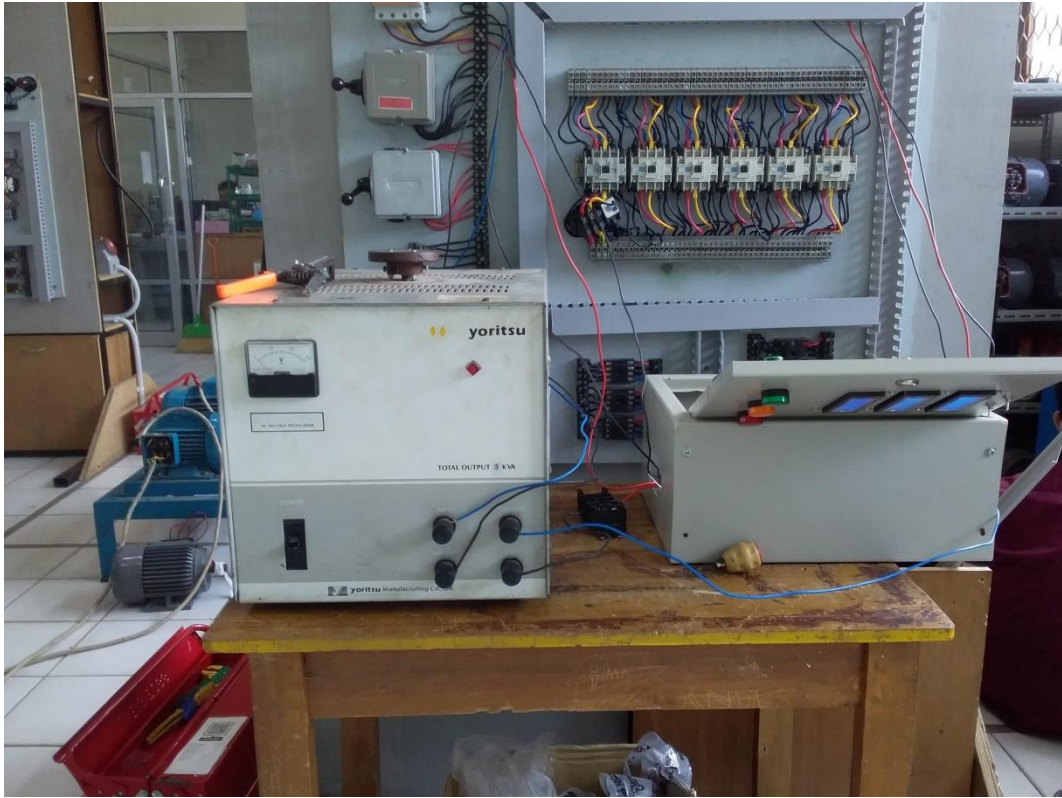
Tampilan dalam box panel distribusi



Tampilan dibalik pintu box panel distribusi



Dokumentasi Pengujian Sistem Proteksi 3 Fasa Menggunakan Transformator Step
Down 380V – 110V.



Dokumentasi Pengujian Sistem Proteksi 1 Fasa Menggunakan AC Regulator Voltage