

## Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Listrik Dan Tegangan Pada Kabel *Line* Listrik Berbasis Mikrokontroler *Arduino Mega*

<sup>a</sup>Anang Widiantoro, <sup>b</sup>Dwi Songgo P., <sup>c</sup>Achmad Nur Hidayat

<sup>a,b,c</sup>Program Studi Teknik Elektro, FT, UM-Surabaya

Jalan Sutorejo No. 59, Surabaya 60113

E-mail : <sup>a</sup>anang\_widiantoro@ft.um-surabaya.ac.id, <sup>b</sup>dwi.songgo@ft.um-surabaya.ac.id

### Abstrak

Dalam merancang sebuah sistem kelistrikan banyak parameter yang harus dipikirkan terutama dalam masalah proteksi karena proteksi merupakan hal yang sangat penting dalam sistem kelistrikan. Sistem proteksi digunakan untuk menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik serta mengamankan baik peralatan jaringan listrik maupun beban listrik atau konsumen akibat adanya gangguan. Koordinasi sistem proteksi yang baik dapat meningkatkan keandalan suatu sistem dan menjaga keberlangsungan kontinuitas *supply* beban sehingga didapatkan hasil yang maksimal dalam hal penyaluran daya. Pembahasan rancang bangun sistem proteksi arus listrik dan tegangan pada kabel *line* listrik berbasis mikrokontroler *Arduino Mega*, terdiri dari komponen seperti sensor arus ACS712, sensor tegangan Zmpt101B, Mikrokontroler *Arduino Mega 2560*, Lcd 20x4, Relay, dan komponen pendukung lainnya. Sebagai evaluasi diperlukan pengkalibrasian sistem, supaya tidak terjadi kesalahan pada proses pengamanan saluran, kesalahan pembacaan sensor arus 1 sebesar 0,21 % kemudian kesalahan pembacaan sensor arus 2 pada saat pengujian 0,21 % dan kesalahan pembacaan sensor arus 3 sebesar 0,19 % . Hasil akhir menunjukkan, pada saat pengujian sensor tegangan 1 terjadi kesalahan pembacaan sebesar 0,85 %, sensor tegangan 2 terjadi kesalahan pembacaan sebesar 0,85 % dan sensor tegangan 3 terjadi kesalahan pembacaan sebesar 0,85 % Pada masing-masing sensor arus dibatasi maksimal 1 Ampere dan sensor tegangan dibatasi minimum 190 Volt. Apabila terjadi beban lebih dari yang ditentukan dan tegangan kurang dari batas yang ditentukan, maka sistem proteksi akan memutus saluran.

Kata kunci: *Sensor Arus ACS712*, *Sensor Tegangan ZMPT101B*, *Mikrokontroler Arduino Mega 2560*, dan *Relay*.

### PENDAHULUAN

Proteksi listrik sangat dibutuhkan untuk menjaga keamanan suatu sistem kelistrikan. Apabila sistem proteksi tersebut sangat baik, maka akan terciptanya suatu keadaan yang aman, ketika pada jaringan listrik terjadi kelebihan arus atau drop tegangan yang disebabkan oleh pemakaian, hubung singkat atau gangguan yang lain.

Dalam jaringan distribusi tegangan rendah (distribusi sekunder) yang bertegangan 220/380 Volt sering dijumpai terjadi arus berlebih atau drop tegangan, hal ini tentu saja bisa sangat merugikan konsumen karena dapat terjadi kebakaran akibat adanya arus berlebih, merusak peralatan elektronik yang ada dirumah akibat drop tegangan atau bisa juga dapat merugikan PLN selaku penyedia listrik akibat pencurian listrik yang tidak terkontrol oleh suatu sistem proteksi.

Sistem proteksi disini dapat diartikan sebagai saklar Pemutus Tenaga (PMT) yaitu

suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi. Pada alat ini pengendali utama pada sistem menggunakan *Arduino Mega 2560*. Untuk memproteksi terjadinya drop tegangan dan arus berlebih maka dibuat alat untuk mengukur arus dan tegangan. Peralatan ini diharapkan lebih efisien untuk mengatasi masalah arus berlebih dan drop tegangan. Sistem perangkat elektronika ini nantinya mempunyai fungsi sebagai penunjang dan memberikan manfaat dalam kehidupan manusia.

Dalam rancang bangun ini memiliki kelebihan yaitu dapat memberikan informasi kepada petugas untuk melakukan tindakan proteksi rangkaian listrik terhadap gangguan arus beban lebih dan drop tegangan.

**BAHASA DAN METODE**

**A. Waktu dan Lokasi Penelitian**

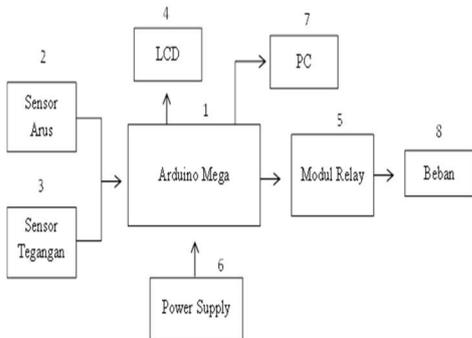
Waktu pelaksanaan penelitian dari bulan Januari sampai bulan Maret 2017, Adapun lokasi penelitian, di Gardu Induk 150 kV Sukolilo, Jalan Menur Pumpungan No.68, Sukolilo, Surabaya.



Gambar 1 Gardu induk 150 kV Sukolilo

**B. Perancangan Perangkat Keras**

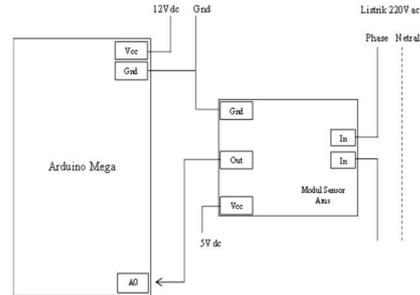
Berikut adalah gambar blok diagram rancang bangun sistem proteksi arus listrik dan tegangan pada line line listrik menggunakan mikrokontroler *arduino mega* yang ditunjukkan oleh gambar di bawah.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

**Modul Sensor Arus ACS 712**

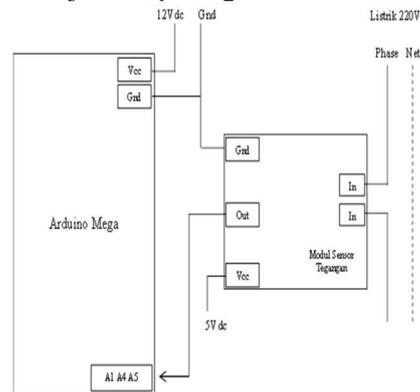
Sensor acs712 dipasang dengan menghubungkan modul sensor arus dengan port yang dibutuhkan pada arduino. Berikut adalah hubungan antar modul sensor arus dengan port pada arduino mega yang ditunjukkan oleh gambar 3



Gambar 3 Diagram Modul Sensor Arus Dengan *Arduino*

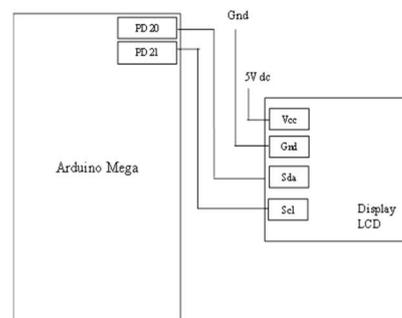
**Modul Sensor Tegangan Zmpt101B**

Pemasangan sensor Zmpt101B tidak jauh berbeda dengan pemasangan sensor arus. Berikut hubungan antar modul sensor tegangan dengan port pada *arduino mega* yang ditunjukkan pada gambar 4



Gambar 4 Diagram Modul Sensor Tegangan Dengan *Arduino*

**Display LCD**



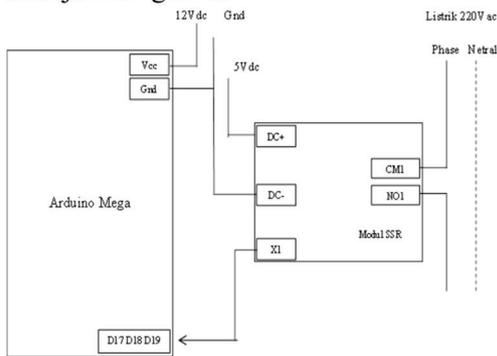
Gambar 5 Pemasangan *Display LCD*

Dari diagram diatas terlihat bahwa output dari LCD hanya ada dua yaitu sda dan scl yang merupakan jenis output dari komunikasi i2c yang juga dihubungkan dengan pin sda dan scl arduino, sehingga output dari

LCD menjadi lebih ringkas dan mengurangi jumlah pin yang tadinya 7 output menjadi 2 output.

**Solid State Relay (SSR)**

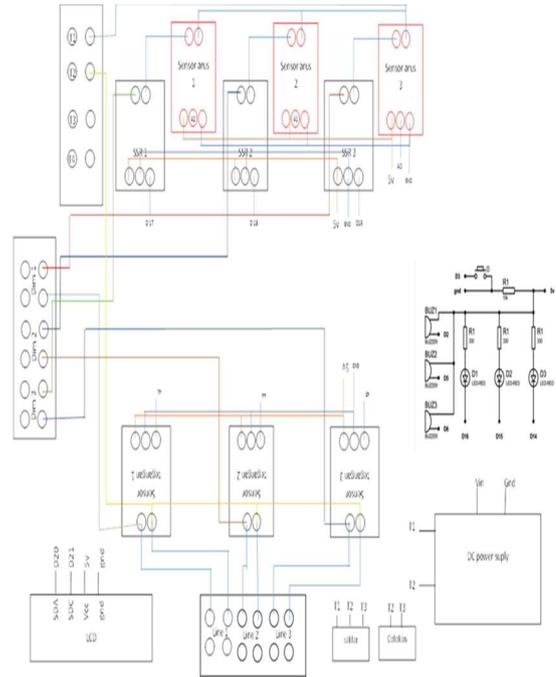
Relay yang digunakan sistem ini adalah SSR (*Solid State Relay*) dengan semikonduktor modern yang menggunakan SCR, TRIAC, atau output transistor sebagai pengganti saklar kontak mekanik. Output device (SCR, TRIAC, atau transistor) adalah *optical* yang digabungkan sumber cahaya LED yang berada dalam relay. Relay akan dihidupkan dengan energi LED ini, biasanya dengan tegangan power DC yang rendah. Isolasi optik antara input dan output inilah yang menjadi kelebihan yang ditawarkan oleh *solid state relay* bila dibanding relay elektromekanik. Berikut adalah diagram pemasangan SSR pada sistem yang ditunjukkan gambar



Gambar 6 Diagram Pemasangan SSR pada Sistem

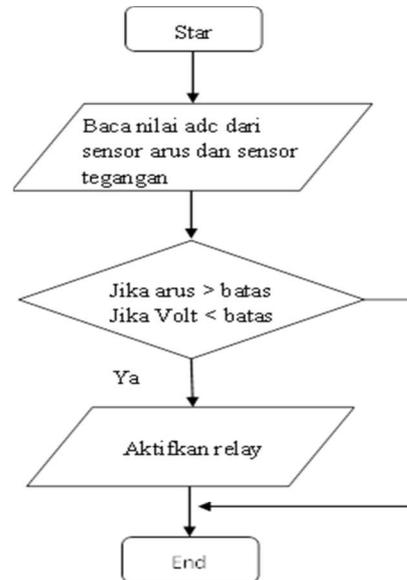
**Pemasangan sistem secara keseluruhan**

Untuk dapat memahami hubungan antara seluruh komponen yang digunakan dapat dilihat pada perancangan sistem secara keseluruhan yang ditunjukkan oleh gambar 3.11



Gambar 7. Perancangan sistem keseluruhan

**C. Perancangan program arduino**



Gambar 8 Flowchart pemutusan arus dan tegangan listrik

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Pengujian LCD 20x4**

Pengujian LCD dilakukan dengan mengupload atau memasukkan program LCD yang telah disediakan oleh arduino kedalam modul arduino, berikut adalah *source code* yang digunakan untuk menguji LCD :

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
// LiquidCrystal display with:
// rs on pin 12
// rw on pin 11
// enable on pin 10
// d4, d5, d6, d7 on pins 5, 4, 3, 2
LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 5, 4, 3, 2);
void setup() {
  // Print a message to the LCD.
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.print("hello, world!");
}
void loop() {
}
```



Gambar 9 Hasil Pengujian LCD

**B. Hasil Pengujian sensor arus acs712**

Untuk pengujian sensor arus acs712 ini dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran dari sensor tegangan tersebut dengan menggunakan AVO meter, dimana pada sensor arus tersebut telah dilewati arus dari beberapa beban. Dan hasil pembacaan arus dari alat tersebut dibandingkan dengan arus yang tertera pada beban untuk mendapatkan persen error pembacaan arus pada alat.

$$Err = \frac{\text{Nilai ukur Alat} - \text{Nilai ukur AVO}}{\text{Nilai ukur AVO}}$$

Setelah mendapat hasil persen error dapat dihitung error rata-rata dari pembacaan sensor

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$  = rata-rata hitung

$X_i$  = nilai sampel ke-i

n = jumlah sampel

Berikut adalah hasil dari pengujian sensor arus acs712 yang ditunjukkan oleh tabel di bawah.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Arus (I)

| Pengujian Sensor Arus I |                   |               |                 |           |
|-------------------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------|
| No                      | Beban Pada Sensor | Output Sensor | Alat Ukur / AVO | Error( %) |
| 1                       | Lampu 60W         | 0,26 A        | 0,24 A          | 0,08      |
| 2                       | Kipas             | 0,19 A        | 0,16 A          | 0,16      |

| Angin           |                |        |        |      |
|-----------------|----------------|--------|--------|------|
| 3               | Charger HP     | 0,05 A | 0,03 A | 0,40 |
| 4               | Charger Laptop | 0,21 A | 0,17 A | 0,19 |
| rata-rata error |                |        |        | 0,21 |

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Arus (II)

| Pengujian Sensor Arus II |                   |               |                 |           |
|--------------------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------|
| No                       | Beban Pada Sensor | Output Sensor | Alat Ukur / AVO | Error (%) |
| 1                        | Lampu 60W         | 0,26 A        | 0,24 A          | 0,08      |
| 2                        | Kipas Angin       | 0,2 A         | 0,17 A          | 0,15      |
| 3                        | Charger HP        | 0,05 A        | 0,03 A          | 0,40      |
| 4                        | Charger Laptop    | 0,2 A         | 0,16 A          | 0,20      |
| rata-rata error          |                   |               |                 | 0,21      |

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Arus (III)

| Pengujian Sensor Arus III |                   |               |                 |           |
|---------------------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------|
| No                        | Beban Pada Sensor | Output Sensor | Alat Ukur / AVO | Error (%) |
| 1                         | Lampu 60W         | 0,26 A        | 0,24 A          | 0,08      |
| 2                         | Kipas Angin       | 0,2 A         | 0,17 A          | 0,15      |
| 3                         | Charger HP        | 0,05 A        | 0,03 A          | 0,40      |
| 4                         | Charger Laptop    | 0,21 A        | 0,18 A          | 0,14      |
| rata-rata error           |                   |               |                 | 0,19      |

Pada pengujian sensor I,II,III ini hanya menggunakan beban induktif dan beban resistif. Pengkalibrasian sensor arus ini dikalibrasikan dengan Multimeter Digital Krisbow KW06-272.

**C. Hasil Pengujian sensor tegangan zmpt101B**

Pengujian sensor tegangan zmpt101B ini dilakukan untuk melihat keakurasian dari sensor tegangan yang dibuat terhadap alat ukur, sebelum pengambilan data sensor tegangan harus terlebih dahulu dikalibrasi dengan alat ukur yang ada. Pengkalibrasian sensor tegangan ini dikalibrasikan dengan

multimeter digital Krisbow KW06-272. Dari hasil pengujian dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan (I)

| Data Tegangan I |              |          |           |
|-----------------|--------------|----------|-----------|
| No              | Sensor (LCD) | Avometer | Error (%) |
| 1               | 163 Volt     | 164 Volt | 0,61      |
| 2               | 175 Volt     | 176 Volt | 0,57      |
| 3               | 180 Volt     | 182 Volt | 1,10      |
| 4               | 190 Volt     | 192 Volt | 1,04      |
| 5               | 212 Volt     | 214 Volt | 0,93      |
| Error Rata-rata |              |          | 0,85      |

Tabel 5 Hasil Pengujian Sensor Tegangan (II)

| Data Tegangan II |              |          |           |
|------------------|--------------|----------|-----------|
| No               | Sensor (LCD) | Avometer | Error (%) |
| 1                | 161 Volt     | 161 Volt | 0,00      |
| 2                | 175          | 177 Volt | 1,13      |
| 3                | 180 Volt     | 182 Volt | 1,10      |
| 4                | 190 Volt     | 193 Volt | 1,55      |
| 5                | 211 Volt     | 212 Volt | 0,47      |
| Error Rata-rata  |              |          | 0,85      |

Tabel 6 Hasil Pengujian Sensor Tegangan (III)

| Data Tegangan III |              |          |           |
|-------------------|--------------|----------|-----------|
| No                | Sensor (LCD) | Avometer | Error (%) |
| 1                 | 161 Volt     | 162 Volt | 0,62      |
| 2                 | 175 Volt     | 176 Volt | 0,57      |
| 3                 | 180 Volt     | 181 Volt | 0,55      |
| 4                 | 190 Volt     | 193 Volt | 1,55      |
| 5                 | 212 Volt     | 214 Volt | 0,93      |
| Error Rata-rata   |              |          | 0,85      |

Dari hasil pengujian sensor tegangan diatas dapat dilihat error persen (%) pembacaan alat jika dibandingkan dengan alat ukur multimeter digital. Berikut rumus persen eror dari pembacaan alat diatas.

$$Err = \frac{\text{Nilai ukur Alat} - \text{Nilai ukur AVO}}{\text{Nilai ukur AVO}}$$

Setelah mendapat hasil persen error dapat dihitung error rata-rata dari pembacaan sensor

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$  = rata-rata hitung

$X_i$  = nilai sampel ke-i

n = jumlah sampel

#### D. Hasil Pengujian power supply

Power supply yang digunakan pada alat ini adalah jenis switching power supply yang banyak digunakan dipasaran dengan tegangan output 12Vdc dan arus sebesar 2A. Namun untuk beberapa komponen seperti sensor dan LCD menggunakan tegangan operasional sebesar 5Vdc, untuk itu tegangan dari power supply 12Vdc harus diturunkan menjadi 5Vdc dengan menggunakan regulator 7805. Berikut adalah tabel pengujian dan penggunaan power supply yang ditunjukkan oleh tabel 7

Tabel 7 Hasil Pengujian Power Suplly

| No | Tegangan | Beban yang di Supply     |
|----|----------|--------------------------|
| 1  | 12Vdc    | Arduino Mega2560         |
| 2  | 5Vdc     | Sensor Arus Acs712       |
|    |          | Sensor Tegangan Zmpt101B |
|    |          | Modul Relay              |
|    |          | LCD                      |

#### E. Hasil pengujian solid state relay (SSR)

Modul *solid state relay (SSR)* digunakan untuk memutus dan menyambung arus maupun tegangan listrik yang bekerja pada tegangan 5Vdc kedalam pin input modul relay, apabila relay diberi tegangan 5Vdc atau aktif *high* pada pin inputnya maka relay akan aktif dan akan non aktif apabila diberi 0Vdc atau logic *low*. Berikut adalah hasil pengujian modul relay yang ditunjukkan oleh tabel 8

Tabel 8 Hasil pengujian Modul Relay

| No | Modul Relay | Input | Kondisi Modul |
|----|-------------|-------|---------------|
| 1  | Chanel 1    | High  | Aktif         |
|    |             | Low   | Tidak Aktif   |

#### Pembahasan

##### Pengujian Sensor Arus

Percobaan menggunakan 4 beban yang berbeda yaitu lampu 60W, kipas angin, Charger HP dan Charger Laptop. Selanjutnya dilakukan pengukuran dimana hubungan nilai

pada output sensor arus (dalam Ampere) dengan alat ukur AVO meter (dalam Ampere) didapati adanya error pengukuran (dalam %). Hasil yang diperoleh ditabulasikan sebagai berikut :

Tabel 9 Pengujian Sensor Arus dengan beban lampu 60W

| No | Pengujian sensor ke | Error pengukuran (%) |
|----|---------------------|----------------------|
| 1  | 1                   | 0,08                 |
| 2  | 2                   | 0,08                 |
| 3  | 3                   | 0,08                 |

Tabel 10 Pengujian Sensor Arus dengan beban kipas angin

| No | Pengujian sensor ke | Error pengukuran (%) |
|----|---------------------|----------------------|
| 1  | 1                   | 0,16                 |
| 2  | 2                   | 0,15                 |
| 3  | 3                   | 0,15                 |

Tabel 11 Pengujian Sensor Arus dengan beban Charger HP

| No | Pengujian sensor ke | Error pengukuran (%) |
|----|---------------------|----------------------|
| 1  | 1                   | 0,40                 |
| 2  | 2                   | 0,40                 |
| 3  | 3                   | 0,40                 |

Tabel 12 Pengujian Sensor Arus dengan beban Charger Laptop

| No | Pengujian sensor ke | Error pengukuran (%) |
|----|---------------------|----------------------|
| 1  | 1                   | 0,19                 |
| 2  | 2                   | 0,20                 |
| 3  | 3                   | 0,14                 |

Rekapitulasi pengujian sensor Arus dengan 4 beban yang berbeda dalam 3 pengukuran didapat tabel 13 sebagai berikut.

Tabel 13 Rekapitulasi Pengujian Sensor Arus

| No | Beban | No. Tab | Hasil Pengamata | Diskusi |
|----|-------|---------|-----------------|---------|
|----|-------|---------|-----------------|---------|

|   |                | l  | n   |   |
|---|----------------|----|---|---|
| 1 | Lampu 60W      | 9  | Dalam pengujian ini setelah dilakukan 3 kali pengukuran didapatkan error bernilai sama    | Karena beban daya tetap sehingga tidak mempengaruhi perubahan pengukuran sensor           |
| 2 | Kipas Angin    | 10 | Dalam pengujian ini pengukuran ke-1 ada beda error dengan pengukuran ke-2 dan ke-3        | Karena beban bersifat induktif maka pembacaan sensor terdapat perbedaan                   |
| 3 | Charger HP     | 11 | Dalam pengujian ini setelah dilakukan 3 kali pengukuran didapatkan error sama             | Karena beban daya kecil dan tetap sehingga tidak mempengaruhi perubahan pembacaan         |
| 4 | Charger Laptop | 12 | Dalam Pengujian ini dengan 3 kali pengukuran didapatkan nilai error ketiga sensor berbeda | Karena beban daya berubah sehingga mempengaruhi pembacaan pada setiap sensor juga berubah |

Dari tabel 13 sebagai hasil rekapitulasi untuk 4 beban yang berbeda dengan 3 kali pengukuran, dinyatakan bahwa dapat memproteksi arus berlebih dengan batasan arus 1 Ampere, bahwasanya proteksi arus berlebih telah sesuai dengan konsep yang diharapkan, dengan tingkat akurasi pembacaan arus pada setiap sensor memiliki error rata-rata 0,19 – 0,21 %.

**Pengujian Sensor Tegangan**

Percobaan menggunakan 5 tegangan yang berbeda pada sensor tegangan yaitu tegangan 161Volt, tegangan 175Volt, tegangan 180Volt, tegangan 190 Volt dan tegangan 212 Volt. Selanjutnya dilakukan pengukuran dimana hubungan sensor tegangan (Volt) dengan alat ukur AVO meter (Volt) didapat

adanya error pengukuran dalam (%). Hasil yang diperoleh ditabulasikan sebagai berikut.

Tabel 14 pengujian Sensor Tegangan dengan nilai tegangan 161 Volt

| Pengukuran Sensor Tegangan | Error pengukuran (%) |
|----------------------------|----------------------|
| 1                          | 0,61                 |
| 2                          | 0,00                 |
| 3                          | 0,62                 |

Tabel 15 pengujian Sensor Tegangan dengan nilai tegangan 175 Volt

| Pengukuran Sensor Tegangan | Error pengukuran (%) |
|----------------------------|----------------------|
| 1                          | 0,57                 |
| 2                          | 1,13                 |
| 3                          | 0,57                 |

Tabel 16 pengujian Sensor Tegangan dengan nilai tegangan 180 Volt

| Pengukuran Sensor Tegangan | Error pengukuran (%) |
|----------------------------|----------------------|
| 1                          | 1,10                 |
| 2                          | 1,10                 |
| 3                          | 0,55                 |

Tabel 17 pengujian Sensor Tegangan dengan nilai tegangan 190 Volt

| Pengukuran Sensor Tegangan | Error pengukuran (%) |
|----------------------------|----------------------|
| 1                          | 1,04                 |
| 2                          | 1,55                 |
| 3                          | 1,55                 |

Tabel 18 pengujian Sensor Tegangan dengan nilai tegangan 212 Volt

| Pengukuran Sensor Tegangan | Error pengukuran (%) |
|----------------------------|----------------------|
| 1                          | 0,93                 |
| 2                          | 0,47                 |
| 3                          | 0,93                 |

Rekapitulasi pengujian sensor tegangan dengan 5 tegangan berbeda dalam 3 pengukuran didapat tabel 19 sebagai berikut.

Tabel 19 Rekapitulasi Pengujian Sensor Tegangan

| No | Nilai Teg | No. Tabel | Hasil Pengamatan   | Diskusi  |
|----|-----------|-----------|--|--|
| 1  | 161 Volt  | 14        | Pada pengukuran ke-1, ke-2, ke-3 terlihat error yang berbeda                                     | Dari hasil error persen yang diperoleh sensor bekerja sesuai dengan yang diharapkan walaupun berbeda selisih pembacaan antara ketiga sensor dengan alat ukur |
| 2  | 175 Volt  | 15        | Dari pengukuran ke-1 dan ke-3 bernilai error sama, untuk pengukuran ke-2 berbeda nilai error nya | Dari hasil error persen yang diperoleh sensor bekerja sesuai dengan yang diharapkan walaupun berbeda selisih pembacaan antara ketiga sensor dengan alat ukur |
| 3  | 180 Volt  | 16        | Dari pengukuran ke-1 dan ke-2 bernilai error sama untuk pengukuran ke-3 nilai error berbeda      | Dari hasil error persen yang diperoleh sensor bekerja sesuai dengan yang diharapkan walaupun berbeda selisih pembacaan antara ketiga sensor dengan alat ukur |
| 4  | 190 Volt  | 17        | Untuk pengukuran ke-1 error yang didapat berbeda dengan pengukuran ke-2 dan ke-3                 | Dari hasil error persen yang diperoleh sensor bekerja sesuai dengan yang diharapkan walaupun berbeda selisih   |

|   |          |    |  |  |
|---|----------|----|--|--|
|   |          |    |  | pembacaan antara ketiga sensor dengan alat ukur  |
| 5 | 212 Volt | 18 | Untuk pengukuran ke-1 dan ke-3 error bernilai sama tapi dengan pengukuran ke-2 berbeda | Dari hasil error persen yang diperoleh sensor bekerja sesuai dengan yang diharapkan walaupun berbeda selisih pembacaan antara ketiga sensor dengan alat ukur |

[4] Samaulah, Hazairin, “Dasar-dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik”, Unsri, 2004.

[4] Udiklat Jakarta, “Operasi dan Pemeliharaan Distribusi TR – 04 Pengaman Jaringan Distribusi TR”, Bogor : PT. PLN (Persero), 1997.

[5] Kesepakatan Bersama Pengelolaan Sistem Proteksi Trafo-Penyulang 20 kV , PT PLN Persero, 2012.

[6] Sarimun, Wahyudi, “Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik”, Garamond, 2012.

Dari tabel 19 sebagai hasil rekapitulasi untuk 5 tegangan yang berbeda dengan 3 kali pengukuran, dinyatakan bahwa error rata-rata yang didapat pada ketiga sensor tegangan sebesar 0.85% dan dinyatakan bahwa dapat memproteksi tegangan dengan batasan minimal nilai tegangan yang telah ditentukan sebesar 190 Volt.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proteksi Arus yang dibangun dapat mengukur dan memutus saluran apabila terjadi beban berlebih atau melebihi beban yang telah ditentukan yaitu maksimal sebesar 1 Ampere dengan waktu pemutusan arus yang telah ditentukan.
2. Untuk proteksi tegangan yang dibangun dapat mengukur dan memutus saluran apabila terjadi drop tegangan dengan nilai tegangan yang ditentukan yaitu minimal 190 Volt.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Hewitson, L.G. (et al), “Practical Power Systems Protection”, Elsevier Ltd., USA, Ch.1, (2004).

[2] J.C. DAS, “System Anayisis Short-Circuit Load Flow And Harmonic ” Marcel Dekker Inc. Newyork : 2002

[3] Jarne Stroustrup. *The C++ Programming Language*. Addison Wesl ey Longman, Reading, MA, 2000.