



## Analisa Koordinasi Proteksi Relay Jarak Dengan Software Digsilent Pada Gi Sukolilo Ke Gi Kenjeran Menggunakan Metode Fuzzy

Misbahul Munir\*, Novian Patria Uman Putra, Wahyu Setyo Pambudi, Nasyith Hananur Rohiem, Ipung Nur Ifan

Fakultas Teknik Elektro dan Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia

Email: [munir@itats.ac.id](mailto:munir@itats.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

#### Article History:

Received : Jun 28, 2022

Accepted : Jul 21, 2022

Published : Jul 31, 2022

### KORESPONDENSI

Email: [munir@itats.ac.id](mailto:munir@itats.ac.id)

### A B S T R A K

Pada Gardu Induk Sukolilo terdapat penggantian relay jarak elektromagnetik ke relay digital yang sudah dilengkapi recloser yang berfungsi jika terdapat gangguan relay akan trip dan kembali terhubung secara otomatis. Dari penggantian inilah terdapat perbedaan nilai seting. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai setting relay jarak pada gardu induk sukolilo yang perhitungannya masih tradisional yang di implementasikan ke program ke komputer yang telah ditetapkan oleh PT. PLN (persero), dan mengetahui hasil perhitungan per zona yang termasuk dalam zona relay jarak. Penelitian ini menggunakan metode fuzzy dengan software digsilent. Data penelitian merupakan data SUTT yang terpasang di GI Sukolilo, data setting relay penghantar GI Sukolilo, data arus hubung singkat, rasio transformator. Hasil penelitian ini berdasarkan simulasi yang menunjukkan bahwa relay jarak memiliki nilai setting yang tidak sesuai dengan standar pada setting lama Gardu Induk Sukolilo zona 1 memproteksi 175.42%, sedangkan hasil perhitungan didapatkan zona 1 memproteksi 58.44% Perbandingan setting impedansi zona 1 = 0,338 zona 2 = 0,862 dan zona 3 = 1,488 pada setting lama setting impedansi zona 1 = 0,1126, zona 2 = 0.2924, zona 3 = 0,4128. Pada waktu setting lama dan setting baru menunjukkan perbedaan yang besar dimana pada waktu setting lama 0,25 second dengan jangkauan 175.42% sedangkan waktu setting baru 0,25 second dengan jangkauan 58,44%.

**Kata Kunci:** Gardu Induk; Relay Jarak; Fuzzy

### A B S T R A C T

The electromagnetic distance relay at the Sukolilo substation has been replaced with a digital relay equipped with a recloser. If there is a disturbance, the relay will trip and reconnect automatically. The setting values have changed as a result of this replacement. The purpose of this study was to determine the value of the distance relay setting at the Sukolilo substation using traditional calculations, which would then be implemented in a computer program developed by PLN Ltd. It also found out the results of calculations per zone included in the distance relay zone. This study employed a fuzzy method with digsilent software. The research data comprised data on SUTT installed at the Sukolilo substation, data on conductor relay settings at the Sukolilo substation, data on short circuit currents, and transformer ratios. The simulation results in this study indicated that the distance relay had a setting value that was not in accordance with the standard in the old setting of the Sukolilo substation zone 1 for protection (175.42%), while the calculation results showed that zone 1 protected 58.44%. The new impedance setting covered zone 1 = 0.338, zone 2 = 0.862, and zone 3 = 1.488, whereas the old impedance setting showed zone 1 = 0.1126, zone 2 = 0.2924, and zone 3 = 0.4128. The old setting time and the new setting showed a big difference in that the old setting time was 0.25 seconds with a range of 175.42% while the new setting time was 0.25 seconds with a range of 58.44%.

**Keywords:** Substation; Distance Relay; Fuzzy

## 1. PENDAHULUAN

Pada Gardu Induk Sukolilo terdapat relay jarak elektromagnetik yang bekerja secara manual dan tampilan masih analog, sehingga apabila terjadi gangguan hubung singkat satu fasa, dua fasa dan 3 fasa akan trip. Hal ini akan berpengaruh pada lamanya pemadaman, berdampak tidak efektif dalam pengoperasiannya.

Oleh karena itu relay jarak elektromagnetik diganti dengan relay jarak digital dilengkapi dengan recloser yang secara otomatis menghubungkan kembali atau disebut ke kondisi ke *normally closed* ketika terjadi gangguan hubung singkat. Namun pada penggantian relay jarak elektromagnetik ke relay jarak digital ada perbedaan nilai setting.

Maka dilakukan perhitungan ulang untuk mendapatkan nilai setting relay jarak yang sesuai standar, jika tidak sesuai dapat menyebabkan relay tersebut gagal bekerja. Sehingga penanganan gangguan menjadi lebih lama karena pemadaman yang di akibatkan relay gagal trip. Kemudian dilakukan perbandingan menggunakan *Digsilent Power Factory* dilakukan perbandingan untuk mendapatkan nilai setting yang sesuai standar.

Relay jarak merupakan komponen penting yang berfungsi sebagai pelindung dari saluran transmisi tenaga listrik. Relay jarak memerlukan settingan yang akurat agar memiliki keandalan yang baik saat membaca gangguan yang akan datang. Cara kerja relay jarak jika terdapat gangguan maka sensing yang ada pada relay bekerja dan mengirimkan sinyal agar PMT melakukan Trip [1][2].

Ukuran penghantar dari suatu transmisi menimbulkan kemungkinan banyak gangguan yang terjadi. Semakin panjang saluran transmisi tenaga listrik maka semakin banyak kemungkinan gangguan yang akan terjadi seperti gangguan sambaran petir, senar layang-layang, pohon tumbang dan lain sebagainya. Maka peran relay jarak sangat diperlukan akan hal ini untuk melindungi peralatan/komponen transmisi agar tidak mengalami kerusakan akibat gangguan [3].

Relay jarak (*distance relay*) berfungsi untuk pengamanan pada saluran transmisi karena keandalannya untuk mengatasi gangguan dengan sangat cepat dan penyetelannya yang lebih mudah. Pada gardu induk Sukolilo penyesuaian relay jarak secara tradisional didasarkan pada parameter saluran transmisi dengan perkiraan ukuran yang dikoreksi. Berdasarkan hasil yang didapat dengan metode PSCAD semua gangguan hubung singkat masih berada dizonanya proteksi dan dipastikan berfungsi dengan baik karena hasil setting yang telah dihitung [4].

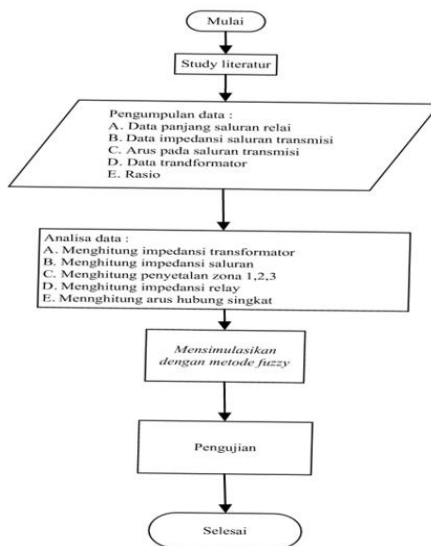
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilakukan mulai tanggal 1 April 2022 – 1 Mei 2022 di PT PLN (persero) Gardu Induk Sukolilo yang beralamat di JL.Menur Pumpungan No.68, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur.

### 2.2 Diagram Alir Penelitian

Dalam naskah, nomor kutipan secara berurutan dalam tanda kurung siku [5], juga tabel angka dan angka secara berurutan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Peneletian

### 2.3 Tahapan Penelitian

#### 2.3.1 Study Literatur

Untuk penunjang penelitian ini dapat melakukan penelusuran dari penelitian-penelitian terdahulu, dari jurnal online maupun dari buku mengenai mengenai proteksi relay jarak dengan menggunakan metode Fuzzy sebagai perhitungan yang dipakai untuk memecahkan masalah dalam penelitian ini.

#### 2.3.2 Pengumpulan Data

##### 2.3.2.1 Data Penghantar SUTT

Data yang diperoleh merupakan data SUTT yang terpasang di GI Sukolilo, data setting relay penghantar GI Sukolilo, data arus hubung singkat.

Tabel 1. Data penghantar SUTT

| No | Penghantar             | L<br>(km) | Jenis   | Q<br>$mm^2$ | Impedansi/km<br>Urutan positif |        | Impedansi/Km<br>Urutan nol |        |
|----|------------------------|-----------|---------|-------------|--------------------------------|--------|----------------------------|--------|
|    |                        |           |         |             | R                              | X      | R                          | X      |
| 1  | Sukolilo – Kenjeran    | 4,37      | ACSR AW | 330         | 0,0037                         | 0,0221 | 0,0118                     | 0,0438 |
| 2  | Kenjeran – Kedinding   | 8,2       | ACSR AW | 330         | 0,0037                         | 0,0221 | 0,0118                     | 0,0438 |
| 3  | Kedinding – Gili timur | 3,8       | ACSR AW | 330         | 0,0037                         | 0,0221 | 0,0118                     | 0,0438 |

### 2.3.2.2 Data Transformator

Tabel 2. Data transformator

| Merk     | Alsthom        |
|----------|----------------|
| Tegangan | 150/20 kV      |
| Daya     | 50 MVA         |
| $X_T$    | 9,2% / 0,92 pu |

### 2.3.2.3 Data Rasio CT dan PT

Tabel 3. Data rasio CT dan PT

|                     |              |
|---------------------|--------------|
| CT (Trafo arus)     | 1600 : 5     |
| PT (Trafo tegangan) | 50.000 : 110 |

### 2.3.2.4 Data Setting Relay

Tabel 4. Data setting relay

| Setting Relay Jarak |                |                 |          |
|---------------------|----------------|-----------------|----------|
|                     | Zona           | Impedansi (Ohm) | Detik(t) |
| 1                   | Zona 1         | 0,338           | 0        |
| 2                   | Zona 2         | 0,862           | 0,4      |
| 3                   | Zona 3         | 1,488           | 1,6      |
| 4                   | Zona 3 reverse | 0,106           | 1,6      |

## 2.3.3 Analisa Data

### 2.3.3.1 Menghitung Impedansi Transformator

Impedansi tranformator pada umumnya dalam presentase (%). Sehingga diubah dalam satuan ohm dengan menggunakan persamaan 1

$$X_T = X_{T(pu)} \times \frac{KV^2}{MVA} \quad (1)$$

### 2.3.3.2 Menghitung Impedansi Saluran

Untuk menghitung Impedansi Saluran 1,2 dan 3 dapat menggunakan persamaan 2 - 4

$$ZL_1 = Z \times L_1 \quad (2)$$

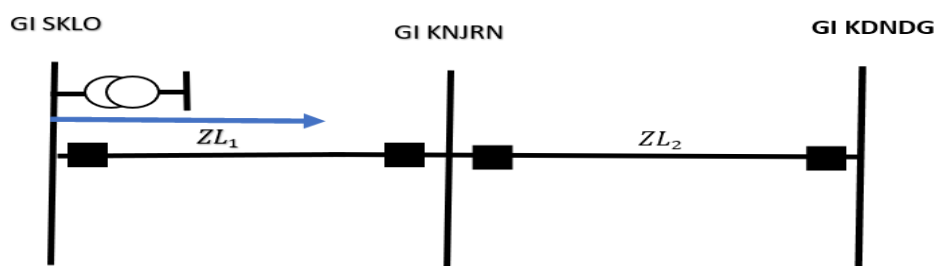
$$ZL_2 = Z \times L_2 \quad (3)$$

$$ZL_3 = Z \times L_3 \quad (4)$$

### 2.3.3.3 Melakukan Penyetelan Zona Pada Relay Jarak

Penyetelan relay jarak terdiri dari tiga daerah pengaman, penyetelan zona 1 dengan waktu kerja relay  $t_1$ , zona 2 dengan waktu kerja relay  $t_2$ , dan zona 3 waktu kerja relay  $t_3$ .

#### a. Penyetelan Zona 1

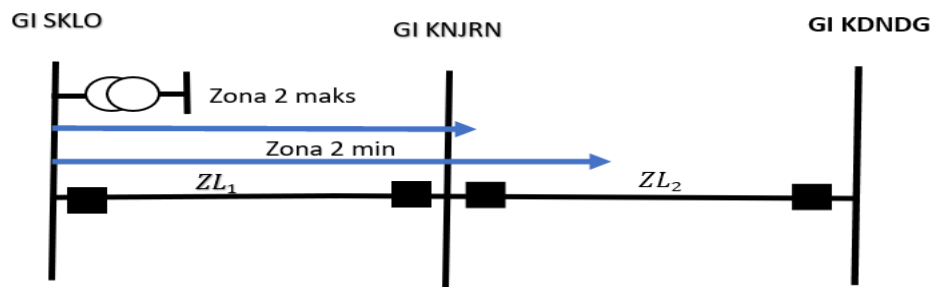


Gambar 2. Jangkauan Zona 1

Dengan mempertimbangkan adanya kesalahan – kesalahan dari data saluran CT, PT dan peralatan penunjang lain sebesar 10% - 15%, zona 1 relay disetel 85% dari panjang saluran yang diproteksi dan menggunakan persamaan 5.

$$\text{Zona 1} = 0,85 \times ZL_1 \quad (5)$$

#### b. Penyetelan Zona 2



Gambar 3. Jangkauan Zona 2

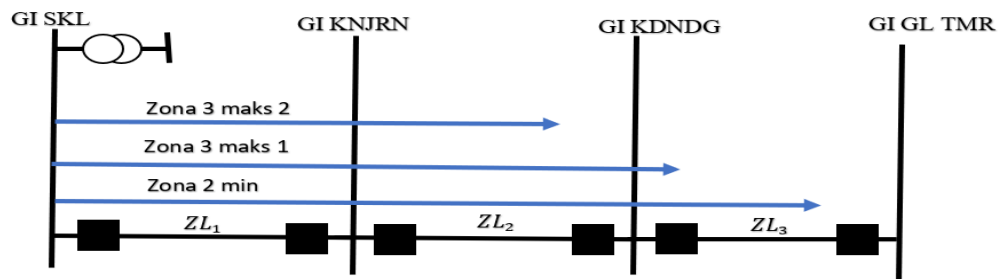
Prinsip penyetelan zona 2 adalah berdasarkan pertimbangan – pertimbangan pada persamaan 6 – 8.

$$1. Z_{2 \min} = 1,25 \times ZL_1 \quad (6)$$

$$2. Z_{2 \max} = 0,85 \times (ZL_1 + 0,85 \cdot ZL_2) \quad (7)$$

$$3. Z_{2 \text{ trafo}} = 0,85 \times (ZL_1 + 0,5X_T) \quad (8)$$

#### c. Penyetelan Zona 3



Gambar 4. Jangkauan Zona 3

Prinsip penyetelan zona 3 adalah berdasarkan pertimbangan – pertimbangan pada persamaan 9 – 12

$$1. Z_{3 \min} = 1,23 \times (ZL_1 + 0,85 \cdot ZL_2) \quad (9)$$

$$2. Z_{3 \max 1} = 0,85 \times (ZL_1 + k \cdot Z_{TR}) \quad (10)$$

$$3. Z_{3 \max 2} = 0,85 \times (ZL_1 + 0,85X_T) \quad (11)$$

$$4. Z_{3 \text{ trafo}} = 0,85 \times (ZL_1 + 0,85X_T) \quad (12)$$

#### d. Penyetelan Zona 3 Reverse

Pada penyetelan zona 3 reverse dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 13 – 14

$$1. \text{Jika } Z_3 \text{ reverse memberi sinyal trip. Maka zona 3 reverse} = 1,5 \times (Z_2 - ZL_1) \quad (13)$$

$$2. \text{Jika } Z_3 \text{ reverse tidak memberi sinyal trip. Maka zona 3 reverse} = 2 \times (Z_2 - ZL_1) \quad (14)$$

#### 2.3.3.4 Perhitungan Impedansi yang Dilihat Oleh Relay

Perhitungan nilai impedansi pada Zona 1, Zona 2, Zona 3 yang terbaca oleh relay pada persamaan 15 – 18

##### a. Zona 1

$$Z_s \text{ Relay} = \text{Zona 1} \times \frac{CT}{PT} \quad (15)$$

##### b. Zona 2

$$Z_s \text{ Relay} = \text{Zona 2} \times \frac{CT}{PT} \quad (16)$$

##### c. Zona 3

$$Z_s \text{ Relay} = \text{Zona 3} \times \frac{CT}{PT} \quad (17)$$

##### d. Zona 3 Reverse

$$Z_s \text{ Relay} = \text{Zona 3 Reverse} \times \frac{CT}{PT} \quad (18)$$

### 2.3.3.5 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Berdasarkan jenis gangguan hubung singkat ada tiga yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, gangguan hubung singkat dua fasa, gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, dapat dicari dengan menggunakan persamaan 19 – 21.

#### a. Tiga fasa

$$I_{sc} = \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{Z_1} \quad (19)$$

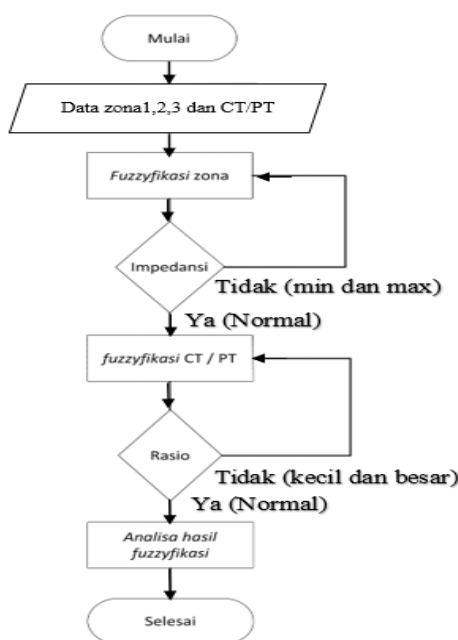
#### b. Dua fasa

$$I_{sc} = \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{Z_1 + Z_2} \quad (20)$$

#### c. Satu fasa

$$I_{sc} = \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (21)$$

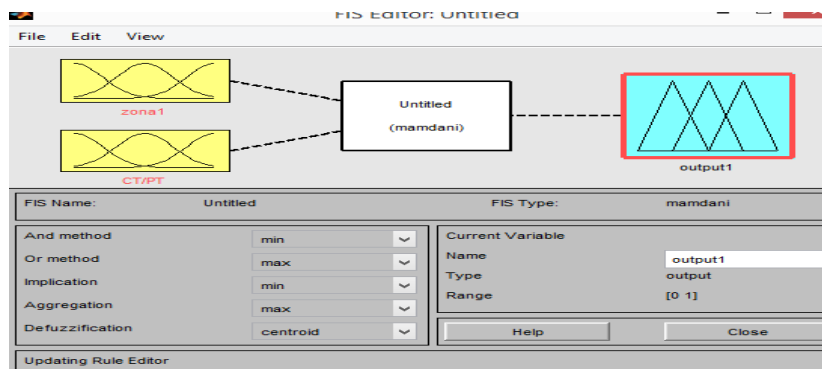
### 2.3.4 Simulasi



Gambar 5. Flowachart fuzzy

#### 2.3.4.1 Fuzzy Logic

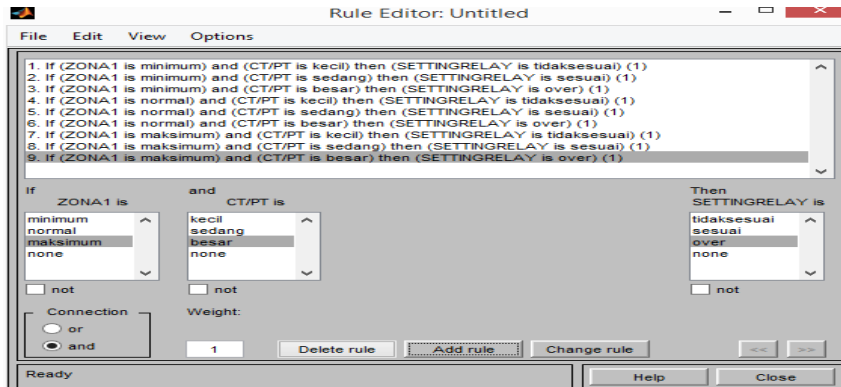
Dasar dari logika fuzzy teori adalah himpunan fuzzy. nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau keanggotaan fungsi deskripsi utama dari penalaran dengan logika fuzzy. Dalam logika fuzzy, kebenaran dapat didefinisikan dalam nilai kebenaran dimana berada diantara 0 dan 1. Sedangkan untuk Boolean, hanya mendefinisikan nilai 1 dan 0. misalnya usia 17 dan lebih dari diklasifikasikan sebagai dewasa , dalam logika logis usia dekat 17 tahun dianggap belum dewasa, sedangkan untuk logika fuzzy dianggap kategori dewasa[5].



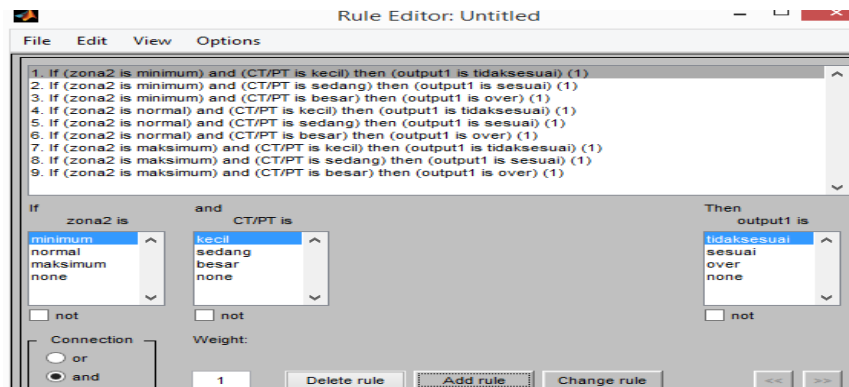
Gambar 6. Fuzzy logic

Gambar 6 menunjukkan fuzzy logic untuk mencari nilai setting relay jarak dengan beberapa penggolongan dan fuzzy logic yang digunakan adalah fuzzy logic mamdhani.

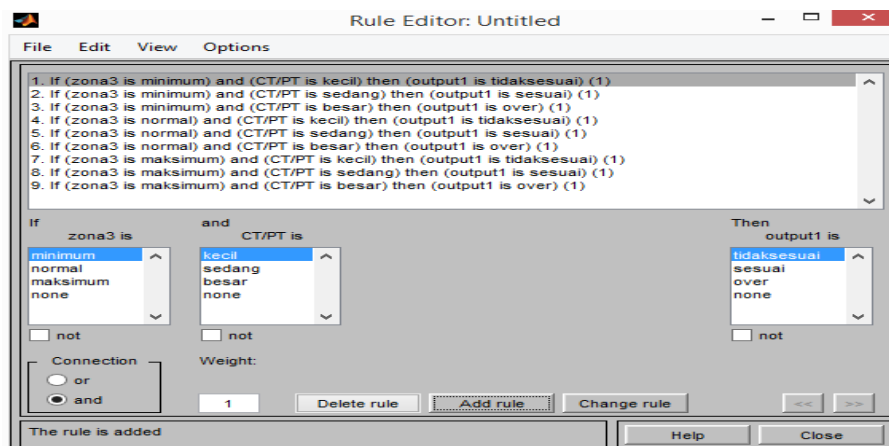
### 2.3.4.2 Input Toolbox pada Fuzzy Logic Di Setiap Zona 1, 2 dan 3



Gambar 7. Tampilan Rule Pada Toolbox Fuzzy Logic Zona 1



Gambar 8. Tampilan Rule Pada Toolbox Fuzzy Logic Zona 2



Gambar 9. Tampilan Rule Pada Toolbox Fuzzy Logic Zona 3

Tabel 5. Input fuzzy di setiap zona 1,2 dan 3

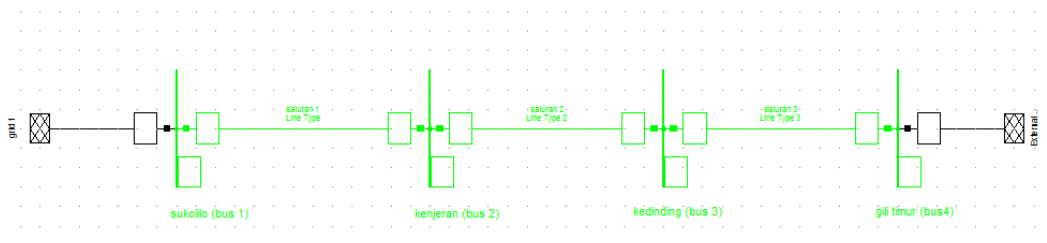
|       | Output   | Kecil | Sedang | Besar |
|-------|----------|-------|--------|-------|
| Input | Minimum  | TS    | TS     | TS    |
|       | Normal   | S     | S      | S     |
|       | Maksimum | O     | O      | O     |

Keterangan :  
TS : Tidak Sesuai  
S : Sesuai  
O : Over

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pemodelan Diagram Satu Garis Pada Software DigSilent PowerFactory

Setelah mendapatkan nilai impedansi pada masing – masing saluran dengan perhitungan yang selanjutnya dapat diimplementasikan pada software DigSilent PowerFactory dengan diagram garis sebagai berikut.



**Gambar 10.** Single line diagram Gardu Induk Sukolilo – Kenjeran – Kedinding – Gili Timur

Gambar 10. Merupakan penyederhanaan saluran transmisi untuk 1 line yang terbagi menjadi 3 saluran yang pertama yaitu saluran transmisi 150 kV Sukolilo menuju ke Kenjeran dengan panjang 4,37 KM. Saluran 2 transmisi 150 kV Kenjeran menuju ke Kedinding dengan panjang saluran transmisi 8,2 KM. Dan terakhir saluran yang ketiga yaitu transmisi 150 kV Kedinding menuju ke Gili Timur dengan panjang saluran 3,8 KM.

### 3.2 Hasil Perbandingan Nilai Setting Relay Jarak Lama Dengan Nilai Setting Relay Jarak Perhitungan

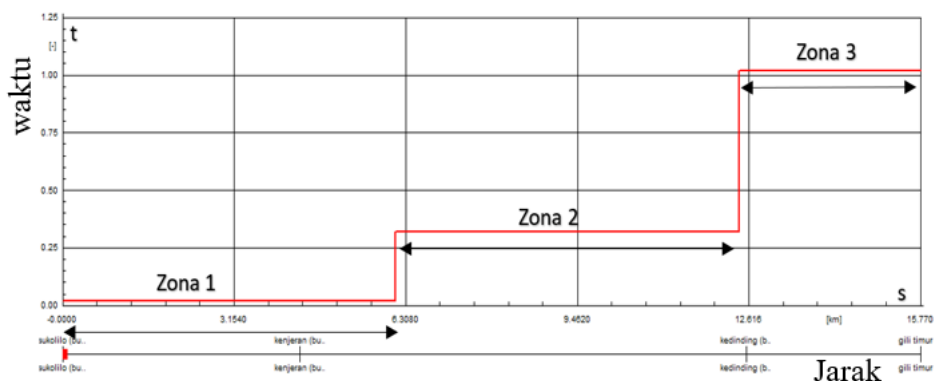
Setelah dilakukan perhitungan nilai setting relay jarak maka didapat nilai pada tabel 5

**Tabel 6.** Hasil nilai setting relay yang terpasang dengan perhitungan

| Zona | Hasil Perhitungan |     | Sudut            | Setting Terpasang |     |
|------|-------------------|-----|------------------|-------------------|-----|
|      | $\Omega$          | T   |                  | $\Omega$          | T   |
| 1    | 0,1126            | 0   | 89,3334680468497 | 0,338             | 0   |
| 2    | 0,2924            | 0,4 | 93,3248949297931 | 0,862             | 0,4 |
| 3    | 0,4128            | 1,2 | 93,1521505989536 | 1,488             | 1,2 |

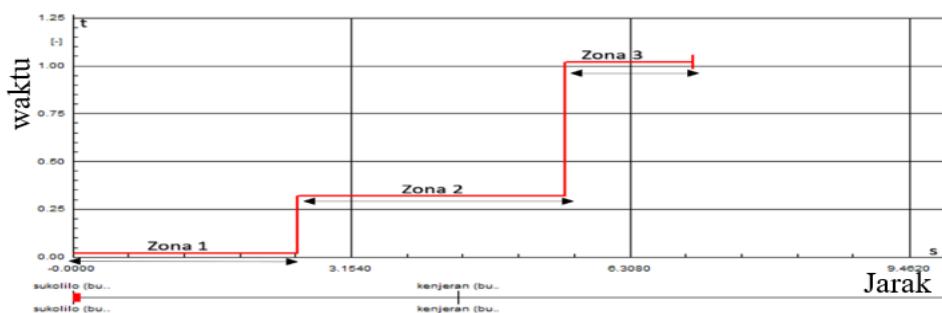
### 3.3 Penerapan Nilai Setting Relay Jarak Lama dan Setting Relay Jarak Perhitungan

Setelah dimasukan nilai seting di setiap zona pada Digsilent maka dapat dilihat pada gambar dibawah sebagai berikut



**Gambar 11.** Nilai setting relay jarak lama

Berdasarkan data dari Tabel 6 maka implementasi setting lama ke dalam software DigSilent mendapatkan grafik diagram jarak terhadap waktu seperti pada Gambar 11. Pada Gambar 11 menunjukkan garis vertikal mewakili waktu (detik) dan garis horizontal mewakili jarak (kilometer), bisa dilihat bahwa grafik setting lama tanpa menggunakan metode fuzzy pada zona 1 melampaui batas yang seharusnya panjang saluran diamankan yaitu hanya 80% sampai 85% dari panjang saluran GI Sukolilo menuju GI Kenjeran, hal ini mengakibatkan setting zona 2 berawal dari sesi yang melebihi dari sesi yang seharusnya diamankan. Begitu juga pada zona 3 juga berawal dari sesi yang melebihi dari sesi diamankan. Pada zona 1 yang diproteksi pada settingan lama sebesar 175.42%. Pada zona 2 yang diproteksi pada settingan lama sebesar 447.338%. Pada zona 3 yang diproteksi settingan lama sebesar 777.28%.

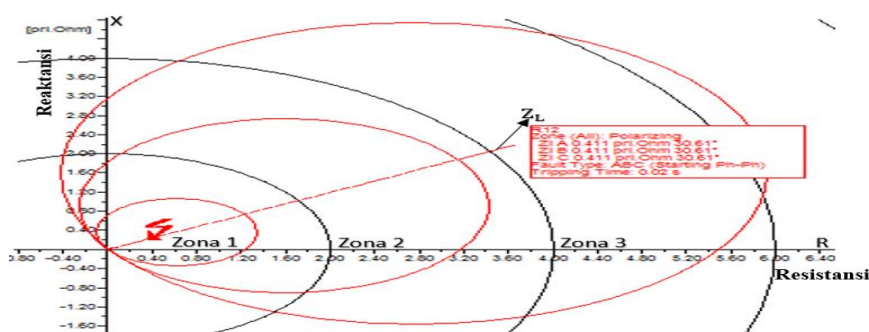


**Gambar 12.** Nilai setting relay perhitungan

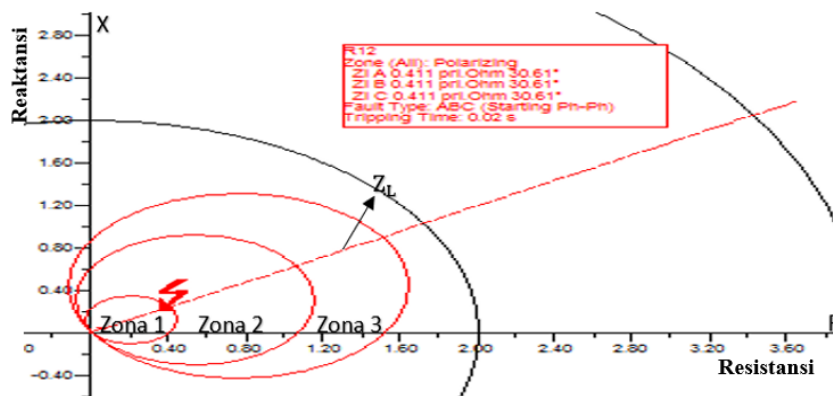
Berdasarkan data dari Tabel 7 maka implementasi setting baru atau setting yang diperoleh dari perhitungan menggunakan metode fuzzy disimulasikan kedalam software DigSilent mendapatkan grafik diagram jarak terhadap waktu seperti pada Gambar 12. Pada Gambar 12 menunjukkan garis vertikal mewakili waktu (detik) dan garis horizontal mewakili jarak (kilo meter), terlihat bahwa setting zona 1 melindungi 58,44% dari panjang saluran GI Sukolilo menuju GI Kenjeran, hal ini tidak tepat dalam jangkauan perlindungan zona 1 yaitu 80% sampai 85% dengan waktu seketika. Pada setting zona 2 yang seharusnya melindungi 15% saluran belakang sebelum gardu induk kenjeran dan 50% setelah gardu induk kenjeran dengan waktu singkat 0,4 sedangkan untuk perlindungan zona 2 sendiri mencakup 15% - 20% daerah yang tidak diproteksi oleh zona 1 di tambah 50% untuk penghantar saluran berikutnya dengan setting waktu 0,4 s. Pada setting zona 3 melindungi 50% saluran yang tidak dilindungi zona 2 dan 25% sampai ke seksi saluran selanjutnya. Tetapi pada gambar 4.9 zona 2 yang dapat diproteksi oleh relay dengan perhitungan adalah sebesar 151,75% hal ini tidak sesuai dengan settingan zona 2 yang semestinya. Pada setting zona 3 yang dapat diproteksi oleh relay dengan hasil perhitungan didapatkan 214,24% hal ini tidak sesuai tetapi lebih baik dari pada settingan relay lama.

### 3.4 Simulasi Hubung Singkat

Simulasi gangguan hubung singkat dalam hal ini diperlukan karena untuk mengetahui kinerja dari relay tersebut dalam pembacaan. Simulasi gangguan hubung singkat ini dilakukan dengan menggunakan software DigSilent PowerFactory dengan gangguan hubung singkat 3 fasa,



Gambar 10. R-X Plot Setting Relay Lama Gangguan 50% Saluran



Gambar 11. R-X Plot Setting Relay Baru Gangguan 50% Saluran

Pada gambar diatas menunjukkan kinerja dari setting relay lama. Untuk parameternya ada garis vertikal mewakili dari tahanan (X) dan garis horizontal mewakili reaktansi (R). Dari kedua setting relay menunjukkan nilai gangguan yang sama terletak pada 50% dari panjang saluran ditunjukkan oleh simbol gangguan dan gangguan diselesaikan dengan waktu seketika oleh zona 1 karena nilai gangguan karena nilai gangguan 0,411  $\Omega$ . Masih jauh lebih besar dari pada settingan baru dan settingan lama. Pada kotak berwarna merah menunjukkan data gangguan. Bisa dilihat bahwa pada gambar 4.12 gangguan lebih tepat ke angka 50%, sedangkan pada setting lama gangguan yang kurang tepat. Karena zona 1 yang dilindungi hanya 80 – 85%.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil komparasi diperoleh nilai setting yang terpasang zona 1, 2 dan 3 yaitu zona 1 = 0.338  $\Omega$  ; 175.42 %, zona 2 = 0.862 $\Omega$  ; 447.38%, zona 3 = 1.488 $\Omega$  ; 772.28% dan hasil dari simulasi = 0.1126  $\Omega$  ; 58.44%, = 0.2924  $\Omega$  ; 151.75%. 0.4128  $\Omega$  ; 214.24% .

## REFERENCES

- [1] H. Asman, H. Eteruddin, and . A., "Analisis Proteksi Rele Jarak Pada Saluran Transmisi 150 Kv Garuda Sakti – Pasir Putih

- Menggunakan Pscad,” *SainETIn*, vol. 2, no. 1, pp. 27–36, 2018, doi: 10.31849/sainetin.v2i1.1672.
- [2] Wahyu Hendra Prasetya, Misbahul Munir, N. P. U. Putra, Nasyith, H. Rohiem, and I. Masfufiah, “Analisa Koordinasi Proteksi Over Current Relay Pada Gardu Induk Bangil,” *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, vol. 10, no. 2, pp. 1–15, 2018.
- [3] G. Sinus, “Studi Analisis Relai Jarak Jaringan Transmisi 150 kV Sungailiat - Air Anyir - Pangkalpinang,” vol. 8, no. 2, pp. 253–259, 2019.
- [4] H. Abibie and Sulistyowati, “Kajian Koordinasi Sistem Proteksi Pada Sistem Transmisi 70 kV GI Banaran Kediri Transmission Line Bay Pare,” *ELPOSYS J. Sist. Kelistrikan*, vol. 7, no. 3, pp. 51–57, 2020, doi: 10.33795/elposys.v7i3.21.
- [5] A. Ekaprasetyo and W. S. Pambudi, “Prototype Rancang Bangun Robot Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Kendali Fuzzy,” *J. Ilm. Matrik*, vol. 22, no. 1, pp. 102–109, 2020, doi: 10.33557/jurnalmatrik.v22i1.846.