

# ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI RELE JARAK (*DISTANCE RELAY*) PADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI (SUTT) 150 KV SISTEM KELISTRIKAN LOMBOK

DISTANCE RELAY PROTECTION COORDINATION ANALYSIS OF HIGH VOLTAGE TRANSMISSION LINE 150 KV IN LOMBOK ELECTRICAL SYSTEM

Risca Arie Wahyuningsih <sup>1</sup>, Supriyatna <sup>2</sup>, Agung Budi Muljono <sup>3</sup>

---

## Abstrak

Sistem kelistrikan Lombok telah mengoperasikan saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV dan hingga saat ini terus mengalami pengembangan. Pembangunan SUTT ini merupakan usaha meningkatkan kualitas serta keandalan suatu sistem kelistrikan. Oleh karena itu, diperlukan proteksi yang baik untuk menjaga keandalan penyaluran energi listrik. Salah satu rele yang digunakan pada proteksi sistem kelistrikan Lombok adalah rele jarak. Rele jarak bekerja sebagai pengaman utama pada saluran transmisi. Rele ini mengukur besar impedansi gangguan berdasarkan arus dan tegangan yang terdeteksi oleh rele.

Penelitian ini menghitung setting impedansi rele jarak pada  $Z_{1pri}$ ,  $Z_{2pri}$  dan  $Z_{3pri}$ , kemudian menguji dengan melakukan simulasi hubung singkat menggunakan software ETAP 7.5.

Hasil perhitungan setting rele jarak di Ampenan untuk memproteksi saluran Ampenan - Jeranjang impedansi saluran  $3,25 \Omega$  (7,543 km) adalah  $Z_{1pri} = 2,6057 \Omega$  (6,0345 km),  $t_1 = 0$  detik;  $Z_{2pri} = 13,7056 \Omega$  (31,7406 km),  $t_2 = 0,4$  detik;  $Z_{3pri} = 24,7209 \Omega$  (57,2508 km),  $t_3 = 1,2$  detik. Impedansi setting rele lebih besar dari impedansi gangguan yang terdeteksi oleh rele sehingga rele jarak sudah dapat melindungi sistem. Hasil penelitian memperlihatkan grafik koordinasi impedansi dan waktu setting rele jarak pada masing-masing seksi zone proteksi.

Kata kunci : saluran udara tegangan tinggi 150 kV, rele jarak, koordinasi sistem proteksi, ETAP version 7.5.

---

## Abstract

Lombok electrical system has been operating 150kV high voltage transmission line and has been developing continuously. High voltage transmission line construction is an effort to improve electrical system quality and reliability. Thus, good protection is needed to maintain distribution reliability of electrical power. One of the relays used in Lombok electrical protection system is a distance relay. Distance relay works as a main protection in transmission system by measuring fault impedance value based on current and voltage which detected by the relay.

This study illustrates how to calculate distance relay setting impedance in  $Z_{1pri}$ ,  $Z_{2pri}$  and  $Z_{3pri}$  then held a short-circuit simulation in software ETAP 7.5 to examine it.

Setting calculation result of distance relay in Ampenan for Ampenan – Jeranjang line protection, with  $3,25 \Omega$  (7.543 km) line impedance, is  $Z_{1pri} = 2.6057 \Omega$  (6.0345),  $t_1 = 0$  second,  $Z_{2pri} = 13.7056 \Omega$  (31.7406),  $t_2 = 0.4$  second,  $Z_{3pri} = 24.7209 \Omega$  (57.2508),  $t_3 = 1.2$  second. Relay's setting impedance is larger than fault impedance detected by the relay, so that distance relay has been able to protect the system. This study may also shows graphic of setting impedance and time coordination from distance relay for every protection area section.

Key word: High voltage transmission line 150kV, distance relay, protection system coordination, ETAP version 7.5

---

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat.  
Email : risca.arie@gmail.com , supri1990@yahoo.com, agungbm@unram.ac.id

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang dengan tingkat pertumbuhan ekonomi, industri serta pertumbuhan jumlah penduduk semakin hari semakin meningkat. Tidak dapat dipungkiri bahwa peningkatan tersebut juga mengakibatkan permintaan kebutuhan pasokan listrik di Indonesia terus meningkat. Untuk mengatasi masalah tersebut pemerintah telah menambah jumlah pembangkit di Lombok yaitu pusat Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang berkapasitas 2x25 MW yang telah beroperasi pada tahun 2012. Penambahan pembangkit tersebut diharapkan dapat menyediakan listrik yang berkualitas baik untuk industri, instansi pemerintahan, fasilitas umum dan masyarakat dapat terpenuhi dari PLN (Perusahaan Listrik Negara).

Pada tahun 2012 sistem kelistrikan Lombok juga telah mengoperasikan saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV. Pembangunan SUTT ini merupakan usaha dalam meningkatkan kualitas serta keandalan suatu sistem kelistrikan. Saluran transmisi udara seringkali mengalami gangguan yang mengakibatkan pemadaman. Gangguan yang terjadi baik berasal dari dalam sistem maupun luar sistem seperti gangguan hubung singkat, gangguan beban lebih, gangguan yang diakibatkan cuaca buruk. Gangguan tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan serta terganggunya proses penyaluran tenaga listrik. Untuk mencegah dan meminimalisir kerusakan serta kerugian akibat terjadinya gangguan tersebut, maka dibutuhkan suatu sistem proteksi yang andal dan baik. Sistem proteksi berfungsi untuk menjaga kestabilan proses penyaluran tenaga listrik dengan cara mendeteksi terjadinya gangguan atau keadaan tidak wajar pada sistem kemudian memutuskan bagian sistem yang terganggu sehingga bagian yang tidak terganggu dapat terus beroperasi.

Rele jarak difungsikan sebagai pengaman utama pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV sistem kelistrikan Lombok. Prinsip dasar rele jarak adalah membaca impedansi berdasarkan besaran arus dan tegangan yang dirasakan untuk menentukan apakah rele harus bekerja atau tidak. Agar dapat bekerja secara baik maka diperlukan koordinasi antar rele baik terhadap rele di terminal aliran lawannya maupun dengan rele seksi berikutnya. Koordinasi rele jarak didasarkan pada parameter saluran transmisi dengan memperhatikan parameter gangguan.

Sejak berdirinya saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV pada sistem kelistrikan Lombok, rele jarak merupakan rele yang berperan sebagai pengaman utama atau *main protection* pada saluran transmisi. Oleh karena itu diperlukan penelitian mengenai koordinasi proteksi rele jarak pada SUTT 150 kV sistem kelistrikan Lombok sehingga diharapkan proteksi bekerja secara cepat dan selektif.

**Sistem Transmisi Tenaga Listrik.** Sistem transmisi tenaga listrik adalah bagian yang sangat penting dalam hal menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit hingga ke konsumen atau pelanggan. Pemakaian sistem transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit ke pusat beban dan jarak penyaluran yang cukup jauh antara sistem pembangkit dengan pusat beban tersebut. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi adanya rugi-rugi akibat panjang saluran transmisi. (Tobing, 2008)

Komponen-komponen utama dari transmisi jenis saluran udara terdiri dari :

1. Menara transmisi atau tiang transmisi beserta pondasinya
2. Isolator-isolator
3. Kawat penghantar
4. Kawat tanah

**Proteksi Sistem Tenaga Listrik.** Tujuan dari sistem proteksi dan rele-rele pengaman adalah agar pemutus-pemutus daya dapat dioperasikan dengan tepat dan hanya peralatan yang terganggu yang dipisahkan secepatnya dari sistem, sehingga kesulitan dan kerusakan yang disebabkan gangguan dapat diminimalisir sekecil mungkin.

Sistem proteksi memiliki fungsi, yaitu :

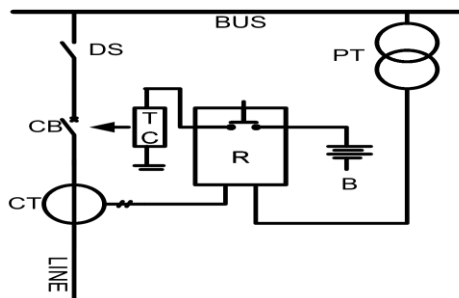
1. Mengurangi resiko yang ditimbulkan ke level yang aman dengan menghilangkan gangguan atau abnormal sistem sesegera mungkin dan meminimalkan pemutusan operasi pada sistem tenaga.
2. Mendeteksi gangguan/keadaan tidak wajar pada sistem.
3. Memutus bagian sistem yang terganggu sehingga bagian yang tidak terganggu dapat terus beroperasi.

**Karakteristik Sistem Proteksi.** Beberapa karakteristik yang harus dimiliki oleh sebuah sistem proteksi yang baik dan andal antara lain :

1. Reliabilitas (*Reliability*)
2. Selektivitas (*Selectivity*)
3. Kecepatan operasi (*Speed of Operation*)
4. Sensitivitas (*Sensitivity*)

**Peralatan Proteksi Sistem Tenaga Listrik.** Sistem proteksi tenaga listrik terdiri dari beberapa peralatan-peralatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 antara lain :

1. Rele proteksi.
2. Pemutus tenaga (PMT).
3. Trafo arus (CT) dan trafo tegangan (PT).
4. Sumber arus searah (batere).
5. Pengawatan (*wiring*).



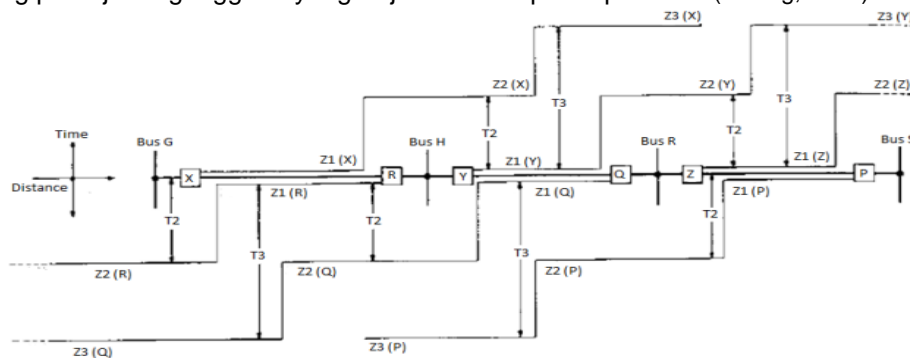
Gambar 1 Rangkaian peralatan sistem proteksi tenaga listrik. (Supriyatna, 2014)

**Pola Proteksi Sistem Tenaga Listrik.** Sistem pengamanan suatu peralatan dapat mengalami kegagalan operasi (gagal operasi) karena berbagai macam faktor. Berdasarkan hal-hal tersebut maka suatu sistem proteksi dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu :

1. Pengaman Utama  
Merupakan sistem proteksi yang diharapkan segera bekerja jika terjadi kondisi abnormal atau gangguan pada daerah pengamanannya.
2. Pengaman Cadangan  
Diperlukan apabila pengaman utama tidak dapat bekerja atau terjadi gangguan pada sistem pengaman utama itu sendiri.

**Rele Jarak (*Distance Relay*).** Rele jarak (*distance relay*) merupakan proteksi yang paling utama pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan (*fault clearing*) dengan cepat dan penyetelannya yang relatif mudah.

Pada prinsipnya rele jarak adalah mengukur nilai arus dan nilai tegangan pada suatu titik tertentu untuk mendapatkan impedansi saluran dan kemudian membandingkannya dengan suatu nilai *setting* tertentu untuk menentukan apakah rele harus bekerja atau tidak. Jika impedansi yang terukur didalam batas *setting*-nya, maka rele akan bekerja. Disebut rele jarak, karena impedansi pada saluran besarnya akan sebanding dengan panjang saluran. Oleh karena itu, rele jarak tidak tergantung oleh besarnya arus gangguan yang terjadi, tetapi tergantung pada jarak gangguan yang terjadi terhadap rele proteksi. (Tobing, 2008)



Gambar 2 Daerah penyetelan rele jarak. (Elmore, 1994)

**Pemilihan Zone Pengaman pada Rele Jarak.** *Setting* rele jarak berdasarkan pada daerah atau *zone* dari saluran transmisi yang akan diproteksi. *Zone* ini menggambarkan seberapa panjang saluran yang diproteksi oleh pengaman jarak. (Aljufri, 2011)

**Jangkauan Zone 1.** Jangkauan ini harus mencakup daerah sejauh mungkin dari saluran yang diamankan tetapi tidak boleh melampaui saluran yang ada didepannya. waktu kerja rele untuk *zone-1* adalah seketika

$$Z_{1pri} = 0,8 \times ZLA \tag{1}$$

**Jangkauan Zone 2.** Jangkauan ini harus pasti dapat menjangkau sisa saluran yang tidak dapat diamankan *zone-1* (harus mencapai *near end bus*), tetapi tidak boleh melebihi (*overlap*) dengan *zone-2* seksi berikutnya. Waktu kerja rele  $t_2=0,4$  sampai dengan 0,8 detik.

$$Z_{2min} = 1,2 \times ZLA \tag{2}$$

$$Z_{2max} = 0,8(ZL1 + 0,8 ZLB) \tag{3}$$

$$Z_{2T} = 0,8(ZLA + 0,5.XtB) \tag{4}$$

**Jangkauan Zone 3.** Jangkauan ini diusahakan dapat meliputi seluruh saluran seksi berikutnya, (harus mencapai *far end bus* terpanjang). Waktu kerja rele  $t_3=1,2$  sampai dengan 1,6 detik.

$$Z_{3min} = 1,2(ZLA + KI.ZLB) \tag{5}$$

$$Z_{3max1} = 0,8(ZLA + (1,2.KI.ZLB)) \tag{6}$$

$$Z_{3max2} = 0,8 \left( ZLA + (0,8.KI.(ZLB + 0,8.ZLC)) \right) \tag{7}$$

$$Z_{3T} = 0,8(ZLA + 0,8.XtB) \tag{8}$$

Keterangan :

ZLA = impedansi penghantar yang diproteksi.

ZLB = impedansi penghantar berikutnya yang terkecil.

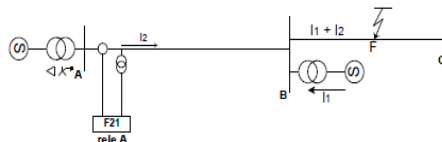
ZLC = impedansi penghantar berikutnya yang terbesar.

XtB = Impedansi Trafo tenaga di GI-B.

KI = Faktor *infeed*.

**Pengaruh Infeed Current terhadap Distance Relay.** *Infeed* merupakan fenomena penambahan atau pengurangan arus yang melalui suatu titik yang tidak dirasakan oleh rele. *Infeed current* akan mempengaruhi besaran impedansi yang dideteksi oleh rele sehingga seolah-olah menjadi lebih besar atau sebaliknya menjadi lebih kecil. Faktor *infeed* ini akan berpengaruh pada penentuan *setting* jangkauan impedansi pada *zone 3*. (Tim Dikpro Proteksi, 2010)

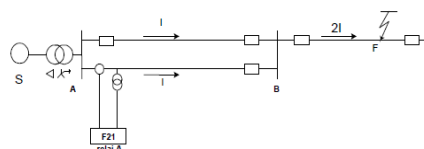
1. Adanya pembangkit pada ujung saluran yang diamankan



Gambar 3 Adanya pembangkit diujung saluran

$$\text{Faktor infeed } KI = \frac{(I_1+I_2)}{I_2} \tag{9}$$

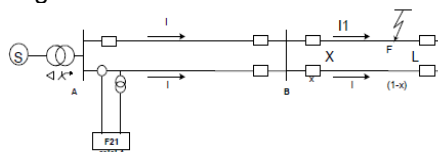
2. Adanya perubahan dari Saluran transmisi ganda ke tunggal



Gambar 4 Saluran ganda ke tunggal

$$\text{Faktor infeed, } KI = 2$$

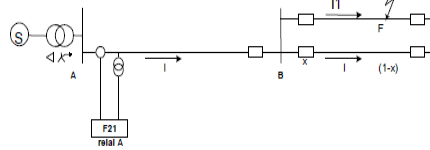
3. Saluran transmisi ganda ke ganda



Gambar 5 Saluran ganda ke ganda

$$\text{Faktor infeed, } KI = \frac{(2L-X)}{L} \tag{10}$$

#### 4. Saluran transmisi tunggal ke ganda



Gambar 6 Saluran tunggal ke ganda

$$\text{Faktor infeed } KI = \frac{(2L-x)}{2L}$$

(11)

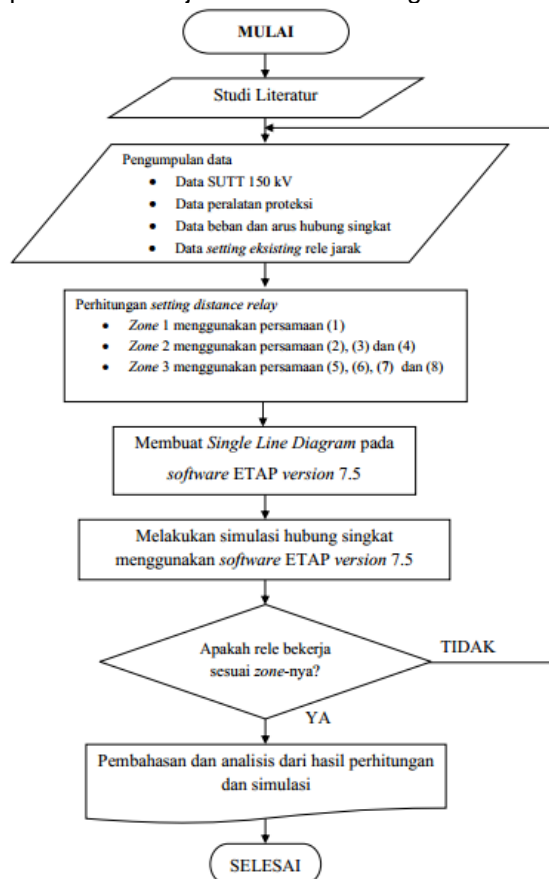
### METODE PENELITIAN

**Metode Penelitian.** Penelitian ini melakukan penentuan besar *setting* rele agar terjadi koordinasi proteksi pada SUTT 150 kV sistem kelistrikan Lombok.

**Data Penelitian.** Sumber data penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) APDP Mataram, meliputi data sebagai berikut:

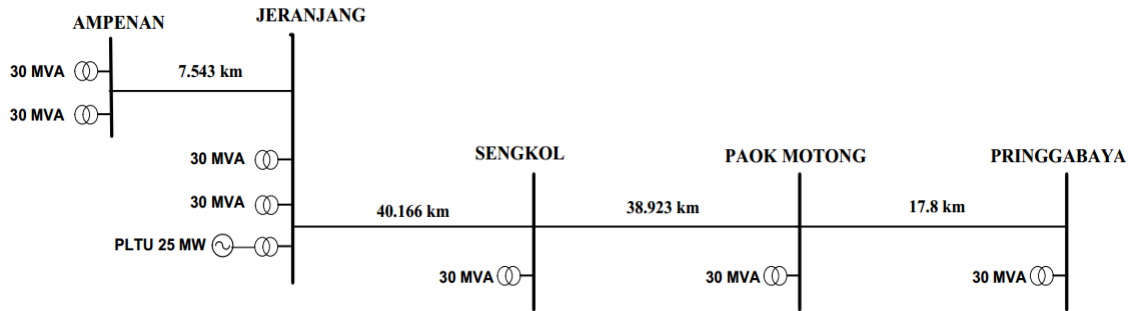
1. Data saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV sistem kelistrikan Lombok.
  - Jenis konduktor atau penghantar.
  - Kapasitas hantar arus (KHA).
  - Panjang saluran transmisi.
  - Impedansi saluran.
2. Data peralatan proteksi :
  - CT dan PT.
  - Rele proteksi.
  - Transformator daya.
3. Data beban dan arus hubung singkat sistem.
4. Data *setting eksisting distance relay*.

Langkah-langkah dalam penelitian ini dijelaskan dalam diagram alir berikut :



Gambar 7 Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN



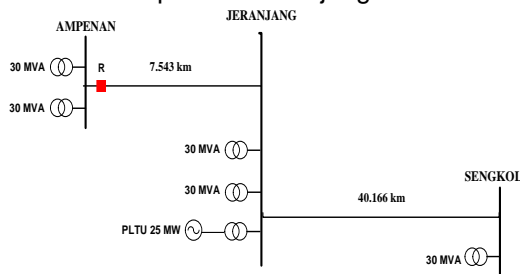
Gambar 8 Diagram satu garis sistem kelistrikan Lombok 150 kV

### Perhitungan Setelan Proteksi Rele Jarak.

Tabel 1 Impedansi penghantar saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV

| No. Sal. | SUTT 150 kV            | Panjang Saluran (km) | Impedansi penghantar ( $\Omega$ ) |                   |                    |
|----------|------------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|
|          |                        |                      | Urutan positif                    | Urutan negatif    | Urutan nol         |
| 1        | Jeranjang-Ampenan      | 7,543                | $1,033 + j3,089$                  | $1,033 + j3,089$  | $2,559 + j7,108$   |
| 2        | Jeranjang-Sengkol      | 40,166               | $5,503 + j16,448$                 | $5,503 + j16,448$ | $13,629 + j37,850$ |
| 3        | Sengkol-Paokmotong     | 38,923               | $5,332 + j15,939$                 | $5,332 + j15,939$ | $13,208 + j36,676$ |
| 4        | Paokmotong-Pringgabaya | 17,800               | $2,4386 + j7,289$                 | $2,4386 + j7,289$ | $6,04 + j16,773$   |

**Rele Jarak 150 kV Ampenan – Jeranjang.** Gambar 8 menunjukkan diagram satu garis saluran yang akan diproteksi yaitu saluran Ampenan –Jeranjang.



Gambar 9 Diagram satu garis saluran Ampenan - Jeranjang

Merek/Tipe Rele : Toshiba/GRZ100-201A  
 Arus nominal : 1 A  
 Lokasi : Ampenan  
 Proteksi : Jeranjang  
 KHA : 580 A  
 POLA : PUTT

- Penghantar yang diproteksi,  
 $ZLA1 = 1,033 + j3,089 \Omega$   
 $ZLA0 = 2,559 + j7,108 \Omega$
- Penghantar di depan yang terkecil impedansinya,  
 $ZLB1 = 5,503 + j16,448 \Omega$   
 $ZLB0 = 13,629 + j37,850 \Omega$
- Penghantar di depan yang terbesar impedansinya,  
 $ZLC1 = 5,503 + j16,448 \Omega$   
 $ZLC0 = 13,629 + j37,850 \Omega$

**Zone-1**

$$\begin{aligned}
Z1pri &= 0,8 \cdot ZLA1 \\
&= 0,8 \times (1,033 + j3,089) \\
&= 0,8264 + j2,4712 \Omega \\
|Z1pri| &= 2,6057 \Omega \text{ (6,0345 km)}
\end{aligned}$$

$$t1 = 0 \text{ detik}$$

**Zone-2**

$$\begin{aligned}
Z2min &= 1,2 \cdot ZLA1 \\
&= 1,2 \times (1,033 + j3,089) \\
&= 1,2396 + j3,7068 \Omega \\
|Z2min| &= 3,9086 \Omega \\
\\
Z2max &= 0,8(ZLA1 + 0,8 \cdot ZLB1) \\
&= 0,8 \times ((1,033 + j3,089) + 0,8 \times (5,503 + j16,448)) \\
&= 4,348 + j12,9979 \Omega \\
|Z2max| &= 13,7059 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z2T &= 0,8(ZLA1 + j0,5 \cdot XT1) \\
&= 0,8 \times ((1,033 + j3,089) + j0,5 \times (92,632)) \\
&= 0,8264 + j39,524 \Omega \\
|Z2T| &= 39,5326 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z2pri &= 4,348 + j12,9979 \Omega \\
|Z2pri| &= 13,7059 \Omega \text{ (31,7413 km)}
\end{aligned}$$

$$t2 = 0,4 \text{ detik}$$

**Zone-3**

$$\begin{aligned}
Z3min &= 1,2 \times (ZLA1 + ZLB1) \\
&= 1,2 \times ((1,033 + j3,089) + (5,503 + j16,448)) \\
&= 7,8432 + j23,444 \Omega \\
|Z3min| &= 24,7215 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z3max1 &= 0,8 \times (ZLA1 + (1,2 \cdot KI \cdot ZLB1)) \\
&= 0,8 \times ((1,033 + j3,089) + (1,2 \times 1 \times (5,503 + j16,448))) \\
&= 6,1093 + j18,3613 \Omega \\
|Z3max1| &= 19,256 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z3max2 &= 0,8 \times (ZLA1 + (0,8 \times KI(ZLB1 + 0,8 \cdot ZLC1))) \\
&= 0,8 \times ((1,033 + j3,089) + (0,8 \times 1 \times ((5,503 + j16,448) + 0,8 \times (5,503 + \\
&\quad j16,448)))) \\
&= 7,1658 + j21,4193 \Omega \\
|Z3max2| &= 22,586 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z3T &= 0,8(ZLA1 + j0,8 \cdot XT1) \\
&= 0,8 \times ((1,033 + j3,089) + j0,8 \times (92,632)) \\
&= 0,826 + j61,7557 \Omega \\
|Z3T| &= 61,761 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z3pri &= 7,8432 + j23,444 \Omega \\
|Z3pri| &= 24,7215 \Omega \text{ (57,2522 km)}
\end{aligned}$$

$$t3 = 1,2 \text{ detik}$$

Tabel 2 *Setting distance relay* Ampenan - Jeranjang

| Zone                          | zone 1 | zone 2  | zone3   |
|-------------------------------|--------|---------|---------|
| Impedansi primer ( $\Omega$ ) | 2,6057 | 13,7056 | 24,7209 |
| Setelan waktu (detik)         | 0      | 0,4     | 1,2     |

**Pengujian *Setting Rele Jarak Terhadap Gangguan Hubung Singkat.*** Dalam melakukan pengujian, dilakukan perbandingan antara impedansi *setting* rele yang terpasang terhadap impedansi gangguan hubung singkat yang terjadi. Skenario yang dilakukan dengan mensimulasikan gangguan, dengan lokasi gangguan sebesar 25%, 50%, 75% dan 100%.

Tabel 3 Perhitungan impedansi dirasakan rele saat gangguan hubung singkat SUTT 150kV Ampenan – Jeranjang

| Jarak Gangguan (%) | Jenis Gangguan  | Vf (kV) | If (kA) | Zf primer ( $\Omega$ ) | Z <i>setting</i> primer ( $\Omega$ ) | Ket.    | Zone Operate |
|--------------------|-----------------|---------|---------|------------------------|--------------------------------------|---------|--------------|
| 25                 | Tiga Fasa       | 1,440   | 1,120   | 0,742                  | 2,6057                               | Operate | Zone 1       |
|                    | Satu Fasa Tanah | 1,530   | 1,190   | 0,742                  | 2,6057                               | Operate | Zone 1       |
| 50                 | Tiga Fasa       | 2,860   | 1,110   | 1,488                  | 2,6057                               | Operate | Zone 1       |
|                    | Satu Fasa Tanah | 2,930   | 1,100   | 1,538                  | 2,6057                               | Operate | Zone 1       |
| 75                 | Tiga Fasa       | 4,250   | 1,100   | 2,231                  | 2,6057                               | Operate | Zone 1       |
|                    | Satu Fasa Tanah | 4,210   | 1,010   | 2,407                  | 2,6057                               | Operate | Zone 1       |
| 100                | Tiga Fasa       | 5,610   | 1,090   | 2,972                  | 13,7056                              | Operate | Zone 2       |
|                    | Satu Fasa Tanah | 5,370   | 0,927   | 3,345                  | 13,7056                              | Operate | Zone 2       |

Berdasarkan Tabel 3 dilihat bahwa Impedansi *setting* rele lebih besar dari impedansi gangguan yang terbaca oleh rele sehingga rele jarak sudah dapat melindungi sistem.

Tabel 4 Hasil perhitungan *setting* rele jarak pada SUTT 150 kV sistem kelistrikan Lombok

| No. | Saluran     |             | Zone 1               |            | Zone 2               |            | Zone 3               |            |
|-----|-------------|-------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|
|     | Dari        | Ke          | Zprimer ( $\Omega$ ) | td (detik) | Zprimer ( $\Omega$ ) | td (detik) | Zprimer ( $\Omega$ ) | td (detik) |
| 1   | Jeranjang   | Ampenan     | 2,6057               | 0          | 3,9085               | 0,4        | 3,9085               | 1,2        |
| 2   | Ampenan     | Jeranjang   | 2,6057               | 0          | 13,7056              | 0,4        | 24,7209              | 1,2        |
| 3   | Jeranjang   | Sengkol     | 13,8749              | 0          | 24,6314              | 0,4        | 33,2366              | 1,2        |
| 4   | Sengkol     | Jeranjang   | 13,8749              | 0          | 20,8124              | 0,8        | 24,7209              | 1,6        |
| 5   | Sengkol     | Paokmotong  | 13,4456              | 0          | 20,1683              | 0,4        | 29,3916              | 1,6        |
| 6   | Paokmotong  | Sengkol     | 13,4456              | 0          | 24,5455              | 0,4        | 33,4255              | 1,2        |
| 7   | Paokmotong  | Pringgabaya | 6,1488               | 0          | 9,2232               | 0,8        | 9,2232               | 1,2        |
| 8   | Pringgabaya | Paokmotong  | 6,1488               | 0          | 16,9053              | 0,4        | 29,3916              | 1,2        |

**Pengaruh faktor *infeed* akibat adanya pembangkit pada ujung saluran yang diamankan.** *Infeed* merupakan fenomena penambahan atau pengurangan arus yang melalui suatu titik yang tidak dirasakan oleh rele. *Infeed current* akan mempengaruhi besaran impedansi yang dideteksi oleh rele sehingga seolah-olah menjadi lebih besar atau sebaliknya menjadi lebih kecil.

Perhitungan faktor *infeed* rele jarak menggunakan Persamaan (9) :

$$KI = \frac{(I_1 + I_2)}{I_2} = \frac{(0,429 + 1,241)}{1,241}$$

$$KI = 1,3$$

Hasil perhitungan faktor *infeed* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Faktor *infeed* rele jarak

| No. | Letak rele  | Proteksi    | $I_1$ | $I_2$ | <i>Infeed</i> |
|-----|-------------|-------------|-------|-------|---------------|
| 1   | Jeranjang   | Ampenan     | 0     | 1     | 1             |
| 2   | Ampenan     | Jeranjang   | 0,429 | 1,241 | 1,3           |
| 3   | Jeranjang   | Sengkol     | 0,008 | 1,292 | 1,0           |
| 4   | Sengkol     | Jeranjang   | 0,528 | 1,092 | 1,5           |
| 5   | Sengkol     | Paokmotong  | 0,538 | 1,112 | 1,5           |
| 6   | Paokmotong  | Sengkol     | 0,009 | 0,646 | 1,0           |
| 7   | Paokmotong  | Pringgabaya | 0     | 1     | 1,0           |
| 8   | Pringgabaya | Paokmotong  | 0,541 | 0,189 | 3,8           |



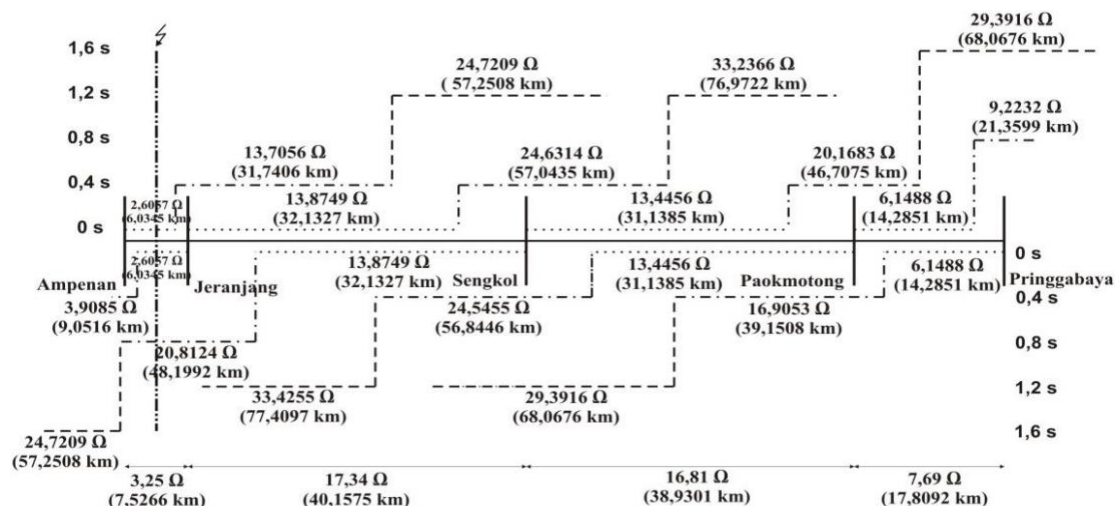
Tabel 5 memperlihatkan hasil perhitungan faktor *infeed* terbesar terdapat pada proteksi saluran Pringgabaya – Paokmotong, hal ini disebabkan adanya pembangkit berkapasitas besar di Paokmotong sehingga saat terjadi gangguan di saluran Paokmotong – Sengkol maka arus yang mengalir ke titik gangguan dari sisi pembangkit di Paokmotong menjadi lebih besar dari pada arus di Pringgabaya. Faktor *infeed* ini akan berpengaruh pada penentuan *setting* jangkauan impedansi pada zone tiga.

Tabel 6 Hasil perhitungan *setting* rele jarak dengan faktor *infeed* #1 pada SUTT 150 kV sistem kelistrikan Lombok

| No. | Saluran     |             | Zone 1      |            | Zone 2      |            | Zone 3      |            |
|-----|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|     | Dari        | Ke          | Zprimer (Ω) | td (detik) | Zprimer (Ω) | td (detik) | Zprimer (Ω) | td (detik) |
| 1   | Jeranjang   | Ampenan     | 2,6057      | 0          | 3,9085      | 0,4        | 3,9085      | 1,2        |
| 2   | Ampenan     | Jeranjang   | 2,6057      | 0          | 13,7056     | 0,4        | 28,5795     | 1,2        |
| 3   | Jeranjang   | Sengkol     | 13,8749     | 0          | 24,6314     | 0,4        | 33,2366     | 1,2        |
| 4   | Sengkol     | Jeranjang   | 13,8749     | 0          | 20,8124     | 0,8        | 24,7209     | 1,6        |
| 5   | Sengkol     | Paokmotong  | 13,4456     | 0          | 20,1683     | 0,4        | 29,3916     | 1,6        |
| 6   | Paokmotong  | Sengkol     | 13,4456     | 0          | 24,5455     | 0,4        | 33,4255     | 1,2        |
| 7   | Paokmotong  | Pringgabaya | 6,1488      | 0          | 9,2232      | 0,8        | 9,2232      | 1,2        |
| 8   | Pringgabaya | Paokmotong  | 6,1488      | 0          | 16,9053     | 0,4        | 62,1168     | 1,2        |

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa faktor *infeed* memperhatikan sumbangan arus akibat adanya pembangkit di ujung saluran yang diproteksi sehingga berpengaruh terhadap *setting* zona 3 rele jarak. Pada proteksi saluran Pringgabaya – Paokmotong yang memiliki nilai faktor *infeed* besar akan menyebabkan nilai jangkauan impedansi zone 3 minimum ( $Z_{3min}$ ) dan jangkauan impedansi zone 3 maksimum ( $Z_{3max}$ ) melebihi dari nilai jangkauan impedansi transformator, sehingga nilai *setting* impedansi primer rele jarak diambil dari hasil perhitungan jangkauan impedansi zone 3 transformator ( $Z_{3T}$ ).

**Koordinasi Setelan Rele Jarak.** Untuk mengetahui koordinasi *setting* rele jarak masing-masing saluran, maka kita harus mengetahui grafik setelan rele jarak. Grafik ini menggambarkan koordinasi antara jangkauan impedansi dan waktu. Grafik setelan rele jarak tersebut dapat memperlihatkan apakah rele jarak yang terpasang mengalami *overlapping* (rele bekerja dalam waktu bersamaan) antar saluran yang diamankan atau tidak.

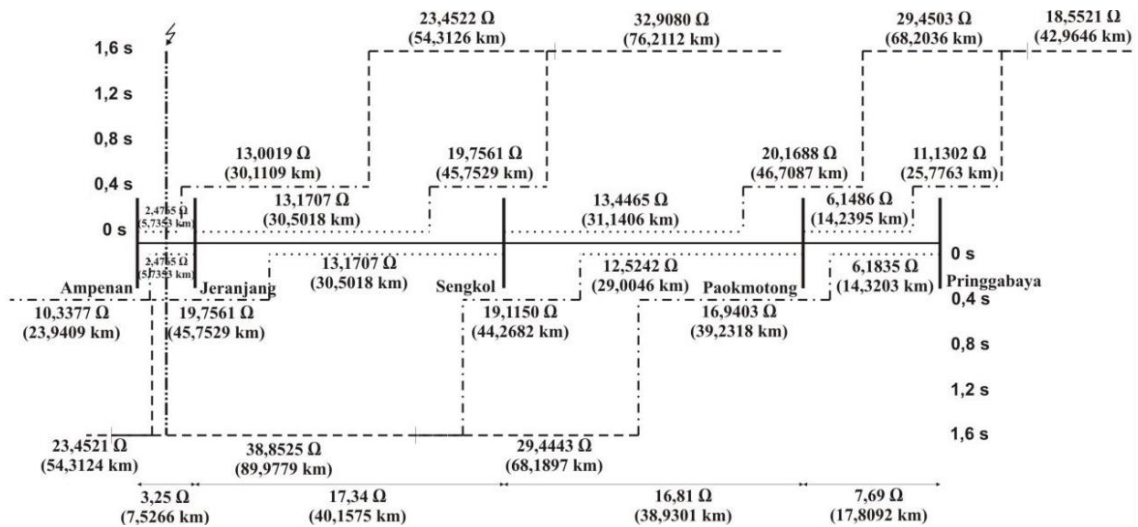


Keterangan :

- ..... : Jangkauan impedansi zone 1
- . - . - : Jangkauan impedansi zone 2
- - - - : Jangkauan impedansi zone 3

Gambar 10 Koordinasi rele jarak saat gangguan di 50% saluran Ampenan – Jeranjang *setting* penelitian.

Gambar 10 memperlihatkan grafik koordinasi rele jarak saat gangguan di 50% saluran Ampenan – Jeranjang *setting* penelitian, rele yang bekerja adalah rele di Ampenan dan rele di Jeranjang daerah proteksi *zone* satu tanpa waktu tunda (*instantaneous*). Jika kedua rele tersebut gagal bekerja, maka rele yang akan bekerja adalah rele di Sengkol daerah proteksi *zone* dua dengan waktu 0,8 detik.



Keterangan :

- ..... : Jangkauan impedansi *zone* 1
- . - . - : Jangkauan impedansi *zone* 2
- - - - - : Jangkauan impedansi *zone* 3

Gambar 11 Koordinasi rele jarak saat gangguan di 50% saluran Ampenan – Jeranjang *setting* PLN

Gambar 11 memperlihatkan grafik koordinasi rele jarak saat gangguan di 50% saluran Ampenan – Jeranjang *setting* PLN, rele yang bekerja adalah rele di Ampenan dan rele di Jeranjang daerah proteksi *zone* satu tanpa waktu tunda (*instantaneous*). Jika kedua rele tersebut gagal bekerja, maka rele yang akan bekerja adalah rele di Sengkol daerah proteksi *zone* dua dengan waktu 0,4 detik. Apabila rele tersebut mengalami kegagalan, maka rele yang bekerja adalah rele di Paokmotong daerah proteksi *zone* tiga dengan waktu 1,6 detik.

## KESIMPULAN DAN SARAN

**Kesimpulan.** Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil perhitungan *setting* rele jarak di Ampenan untuk memproteksi saluran Ampenan - Jeranjang dengan impedansi saluran 3,25 Ω (7,543 km) dapat di *setting* dengan  $Z_{1pri} = 2,6057 \Omega$  (6,0345 km),  $t_1 = 0$  detik;  $Z_{2pri} = 13,7056 \Omega$  (31,7406 km),  $t_2 = 0,4$  detik;  $Z_{3pri} = 24,7209 \Omega$  (57,2508 km),  $t_3 = 1,2$  detik.
- Koordinasi diantara rele proteksi telah sesuai yang diharapkan karena tidak terjadi *overlap* diantara rele proteksi. Pada gangguan di 50% saluran Ampenan – Jeranjang, maka rele yang bekerja adalah rele di Ampenan dan rele di Jeranjang daerah proteksi *zone* satu tanpa waktu tunda (*instantaneous*). Jika kedua rele tersebut gagal bekerja, maka rele jarak pada saluran transmisi lain akan bekerja sebagai pengaman cadangan jarak jauh (*remote back up protection system*).
- Berdasarkan perhitungan pengaruh faktor *infeed* akibat adanya pembangkit di ujung saluran maka perlu adanya perubahan *setting zone* 3 rele jarak di Pringgabaya proteksi Paokmotong dari  $Z_{3pri} = 29,3916 \Omega$  menjadi  $Z_{3pri} = 62,1168 \Omega$ .

**SARAN.** Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang dapat diberikan antara lain :

- Kedepannya seiring perkembangan sistem kelistrikan Lombok dapat dilakukan penelitian yang lebih mendalam mengenai pengaruh pengaktifan saluran ganda (*bay 1* dan *bay 2*) dan perubahan konfigurasi terhadap koordinasi sistem proteksi.
- Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai panduan dalam melakukan *setting* rele jarak pada sistem kelistrikan Lombok.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aljufri, T.R., 2011, *Scanning dan Resetting Distance Relay Pada Penghantar 150 kV Kudus Arah Jekulo*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Gonen, T., 1988, *Modern Power System Analysis*, California State University, New York
- Jamaah, A., 2014, *Evaluasi Setting Rele Jarak Gardu Induk Ungaran Jaringan 150 kV Arah Krapyak-2*, Jurnal, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang.
- Stevenson Jr. WD., 1985, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Eirlangga, Jakarta.
- Supriyatna, 2014, *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, ppt, Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram.
- Syafar, A.M., 2010, *Studi Keandalan Distance Relay Jaringan 150 kV GI Tello-GI Pare-pare*, Jurnal, Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Makasar.
- Tim Dikpro Proteksi, 2010, *Materi Diklat Proteksi*, Pusat Pendidikan & Pelatihan PT. PLN (Persero).
- Tim Proteksi APDP Mataram, 2014, *Data Saluran Udara Tegangan Tinggi*, PT. PLN (Persero) APDP Mataram.
- Tim Proteksi PT. PLN (Persero) P3B, 2006, *Pelatihan O&M Relai Proteksi Jaringan*, PT. PLN (Persero) P3B
- Tobing, Cristof N.H., 2008, *Rele Jarak Sebagai Proteksi Saluran Transmisi*, Artikel Ilmiah, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.



**Risca Arie Wahyuningsih**, lahir di Bima pada tanggal 2 Juli 1992, menempuh pendidikan program Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Universitas Mataram sejak tahun 2010.