

# STUDI PENGARUH UPRATING SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 kV TERHADAP SETTING RELE JARAK ANTARA GI KAPAL – GI PADANG SAMBIAN – GI PESANGGARAN

Supriana S.K.<sup>1</sup>, Dyana Arjana, I.G.<sup>2</sup>, Amrita, A.A.N.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: [sangopang@yahoo.com](mailto:sangopang@yahoo.com)<sup>1</sup>, [dyanaarjana@ee.unud.ac.id](mailto:dyanaarjana@ee.unud.ac.id)<sup>2</sup>, [ngr\\_amrita@ee.unud.ac.id](mailto:ngr_amrita@ee.unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

*Uprating saluran transmisi pada penelitian ini merupakan pembesaran penampang yang sebelumnya ACSR 240 mm<sup>2</sup> menjadi ACCC Lisbon 300 mm<sup>2</sup>. Adanya uprating saluran transmisi menyebabkan perubahan nilai impedansi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai setting rele jarak yang sesuai dengan impedansi zone reach setelah dilakukan uprating SUTT 150 kV. Hasil perhitungan diperoleh nilai setting rele jarak setelah dilakukan uprating yaitu zone pengaman Kapal – Padang Sambian nilai setting rele jaraknya sebesar zone 1 : 1,428 Ω (122%), zone 2 : 2,240 Ω (197%), zone 3 : 3,640 Ω (361%), dan zone 3 reverse : 0,385 Ω. Zone pengaman Padang Sambian – Pesanggaran nilainya zone 1 : 1,040 Ω (133), zone 2 : 3,300 Ω (142%), zone 3 : 6,160 Ω (259%), dan zone 3 reverse : 0,302 Ω.*

**Kata kunci :** Rele Jarak, Uprating, Setting, dan Zone Reach

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri pariwisata terutama di Bali bagian selatan, seperti pembangunan hotel – hotel berbintang, banyaknya penyelenggaraan kegiatan-kegiatan nasional maupun internasional menyebabkan kebutuhan listrik di daerah Bali bagian selatan meningkat dengan beban puncak sekitar 670 MW. Penambahan-penambahan pasokan sumber listrik terus diupayakan seperti pembangunan Pembangkit Celukan Bawang, penambahan 3 buah kabel laut, rencana SUTET 500 kV termasuk mengeffisienkan pemanfaatan saluran transmisi 150 kV yang sudah memenuhi kebutuhan akan listrik di Bali. Upaya mengeffisienkan pemanfaatan saluran transmisi 150 kV dilakukan dengan *uprating* saluran transmisi.

*Uprating* saluran transmisi tegangan tinggi pada jurnal ini merupakan peningkatan penampang yang sebelumnya menggunakan ACSR 240 mm<sup>2</sup> dengan KHA 600 A menjadi ACCC Lisbon 300 mm<sup>2</sup> dengan KHA 1250 A. Adanya *uprating* saluran transmisi menyebabkan terjadinya perubahan nilai impedansi dari saluran transmisi sebelumnya. Akibat dari perubahan nilai impedansi, *setting*

rele jarak yang lama akan berbeda nilainya dengan *setting* rele jarak setelah dilakukan *uprating*, sehingga perlu dilakukan *setting* pengaman ulang secara keseluruhan pada rele jarak agar tidak salah kerja.

Dari permasalahan diatas, akan dibahas besar nilai *setting* rele jarak setelah *uprating* antara GI Kapal – GI Padang Sambian – GI Pesanggaran, yang pernah terjadi *malfuction*. *Malfuction* terjadi karena belum dilakukannya *resetting* pada rele jarak setelah *uprating* sehingga pernah terjadi trouble dibus 150kV Pesanggaran pada tanggal 10 Juli 2013. Kesalahan tersebut direle jarak GI Kapal yang melepas saluran Kapal – Padang Sambian, yang seharusnya bekerja pada saat itu adalah rele jarak GI Padang sambian melepas saluran Padang Sambian – Pesanggaran tetapi karena terjadi *malfuction* maka rele jarak GI Kapal yang bekerja dan melebihi zona pengamannya. Akibat dari dilepasnya saluran Kapal – Padang Sambian maka terjadi overload di GI yang lainnya dan mengakibatkan *blackout* di GI Padang Sambian, GI Pesanggaran, dan GI Nusa Dua.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian pengaruh *uprating* konduktor pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV terhadap *setting* rele jarak antara GI Kapal – GI Padang Sambian – GI Pesanggaran.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Rele Jarak (*distance relay*)

Rele jarak digunakan sebagai pengaman utama (*main protection*) pada SUTT/SUTET dan sebagai *backup* untuk seksi di depan. Rele jarak bekerja menggunakan pengukuran tegangan dan arus untuk mendapatkan impedansi saluran yang harus diamankan. Jika impedansi yang terukur di dalam batas *setting*-nya, maka rele akan bekerja. Disebut rele jarak, karena impedansi pada saluran besarnya akan sebanding dengan panjang saluran. Jika impedansi yang terukur di dalam batas *setting*-nya, maka rele akan bekerja. Rele jarak tidak tergantung oleh besarnya arus gangguan yang terjadi, tetapi tergantung pada jarak gangguan yang terjadi terhadap rele proteksi.

#### 2.1.1 Prinsip Kerja Rele Jarak

Rele jarak mengukur tegangan pada titik rele dan arus gangguan yang terlihat dari rele, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Rele jarak didesain untuk bekerja jika impedansi jangkauan (*reach*) yang dideteksi oleh rele lebih kecil dari impedansi *setting*-nya. Pada dasarnya rele jarak yang berfungsi untuk mengamankan saluran transmisi memiliki 4 komponen dasar [1] :

1. Elemen *starting* yaitu suatu komponen didalam rele jarak yang berfungsi sebagai pembatas gangguan sehingga apabila terjadi gangguan diluar dari zonanya maka rele tidak boleh kerja.
2. Elemen *power directional* merupakan rangkaian yang mengijinkan suatu pengaman bekerja bila ada gangguan dengan arah dari bus ke saluran transmisi yang diamankan.
3. Elemen *distance* merupakan rangkaian yang bertanggung jawab terhadap perbandingan tegangan dan arus ( $V_r/I_r$ ) sehingga diperoleh harga impedansi

yang kemudian secara benar mengukur jarak dari pengaman ke titik gangguan yang terjadi.

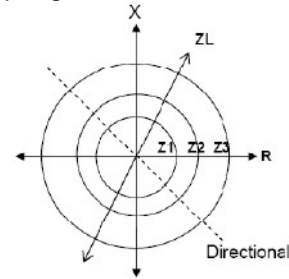
4. Elemen *time delay* merupakan rangkaian waktu dimana nilainya tergantung dari jarak pengaman ke titik gangguan yang terjadi.

#### 2.1.2 Jenis dan Karakteristik Rele Jarak

Berdasarkan karakteristik kerjanya, rele jarak dapat dibagi menjadi [2]:

1. Rele Jarak jenis impedansi

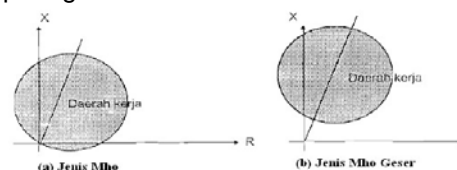
Rele jenis ini mempunyai lingkaran dengan titik pusatnya di tengah-tengah. Kelemahan rele jenis ini yaitu tidak berarah, karena kedua besaran yang dibandingkan yaitu arus dan tegangan dibangkitkan secara mekanis, masing- masing kopel yang dibangkitkan tidak tergantung fasanya. Rele akan bekerja untuk gangguan di depan dan di belakang rele. Oleh karena itu rele ini harus dilengkapi dengan rele arah untuk digunakan sebagai rele pengukur.



Gambar 1 Karakteristik Impedansi

2. Rele Jarak Jenis Mho atau Admitansi

Karakteristik rele jarak jenis ini dapat digambarkan dalam diagram R-X merupakan suatu lingkaran yang melalui titik pusat seperti gambar berikut:



Gambar 2 Karakteristik Admitansi

Dari diagram tersebut terlihat rele jenis ini sudah berarah, sehingga pada rele jenis ini tidak perlu ditambahkan elemen penyerarah karena rele hanya akan mengamankan gangguan didepannya. Rele

jarak jenis Mho ini dapat digeser karakteristik kerjanya dengan memasukan faktor arus pada trafo arus pembantu dan impedansi pada kumparan tegangan sehingga karakteristiknya menjadi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 (b).

### 3. Rele Jarak Jenis Reaktansi

Pada rele jarak jenis reaktansi impedansi yang dilihat rele tidak memperhatikan adanya tahanan busur, karena dianggap tahanan busur untuk berbagai gangguan hampir sama. Rele ini hanya untuk mengukur komponen reaktif dari impedansi jaringan. Berikut gambar dari rele jenis ini:



Gambar 3 Karakteristik Reaktansi

Rele akan bekerja jika reaktansi yang dilihat rele lebih kecil dari reaktansi yang diset. Karakteristik rele ini kurang dipengaruhi adanya tahanan busur sewaktu terjadinya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sehingga baik digunakan untuk pengamanan gangguan tanah.

#### 2.1.3 Sistem Zone Time Delay

Pada sistem rele jarak mempunyai daerah kerja atas 3 zone, dan masing-masing zone mempunyai waktu tunda tersendiri. Pembagian zone ini dimaksudkan untuk memperoleh koordinasi dalam mengamankan gangguan, dimana zona pertama untuk mengamankan gangguan 80 % dari panjang saluran yang diamankan, *setting zone 2* adalah 120% panjang saluran dan *setting zone 3* adalah 220% dari panjang saluran yang diamankan [3]. *Zone 2* disini dimaksud sebagai pengaman cadangan bila pengamanan *zone 1* mengalami kegagalan. Perlu dicatat pengamanan 80% untuk panjang saluran pertama yang diamankan karena rele jarak hanya memiliki tingkat kegagalan sebesar 10% hingga 20%, demikian pula untuk zone 2 memiliki tingkat kegagalan sebesar 30% [4]. Untuk rele jarak jenis Quadramho SHPM 101 ketentuan

pembagian *zonenya* adalah sebagai berikut [5] :

1. Time delay dan setting pada zone 1  
 $Zone 1 = 80\% \times (Z_{L1}) \dots\dots\dots(1)$   
 $Td1 = \text{instanentous}$
2. Time delay dan setting pada zone 2  
 $Zone 2min = 1,2 \times (Z_{L1}) \dots\dots\dots(2)$   
 $Z2maks$  diusahakan memberikan pengaman cadangan sejauh mungkin setelah  $Z1$ .  
 $Zone 2maks = 0,8 \times (Z_{L1} + Z_{L2}) \dots\dots\dots(3)$   
 $Td2 = 0.4 - 0.8 \text{ s}$
3. Time delay dan setting pada zone 3  
 $Zone 3min = 1,2 \times (Z_{L1} + Z_{L2}) \dots\dots\dots(4)$   
 $Z3maks$  diusahakan memberikan pengaman cadangan sejauh mungkin setelah  $Z2$   
 $Zone 3maks = 0.8(Z_{L1} + (1.2 \times 0.8 \times Z_{L3})) \dots\dots\dots(5)$   
 $Td3 = 1.2 - 1.6 \text{ s}$

#### 2.1.4 Jangkauan Rele Jarak

Tegangan dari rele jarak disesuaikan dengan impedansi rangkaian positif antara letak rele dan pengoperasian dari rele pada titik gangguan. Untuk kerja dari rele jarak perlu mengubah impedansi primer ke impedansi sekunder terlebih dahulu agar penyetelan bisa dilakukan [5], maka digunakan:

$$Z_{\text{sekunder}} = Z_{\text{primer}} \times \frac{\text{rasioCT}}{\text{rasioVT}} \dots\dots\dots (6)$$

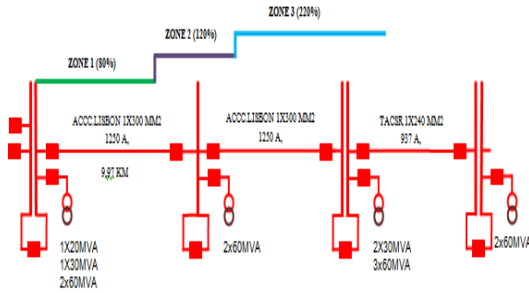
### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh, maka metode penelitian akan dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Metode pengumpulan data – data teknis yang berkaitan dengan saluran di sistem transmisi 150 kV Bali, pengumpulan data panjang saluran di GI Kapal – GI Padang Sambian – GI Pesanggaran serta data impedansi penghantar sistem 150kV Bali.
2. Analisis nilai jangkauan impedansi (zone reach) sistem SUTT 150 kV setelah dilakukan *uprating*.
3. Perhitungan *setting* impedansi rele jarak untuk zone GI Kapal – GI Padang Sambian – GI Pesanggaran setelah dilakukan *uprating* saluran transmisi.
4. Menampilkan hasil perhitungan nilai *setting* impedansi rele jarak zone

pengaman pada GI Kapal – GI Padang Sambilan – GI Pesanggaran.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**4.1 SUTT 150 kV GI Kapal – GI Padang Sambilan**



GIKAPAL      GIPADANG SAMBIAN      GIPESANGGARAN      GINUSA DUA  
 Gambar 4 Single line diagram zone pengaman rele jarak GI Kapal – GI Padang Sambilan

Rele jarak yang diletakkan di Gardu Induk Kapal ini dapat menjangkau ruas penghantar saluran Kapal – Padang Sambilan untuk Zone 1, Padang Sambilan – Pesanggaran untuk zone 2, dan Pesanggaran – Nusa Dua untuk zone 3. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

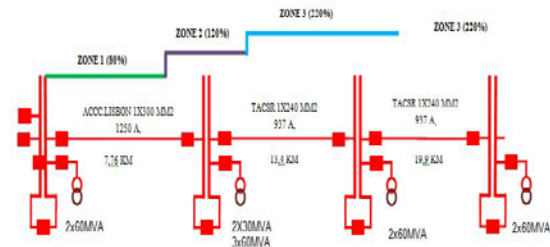
1. Penghantar yang digunakan : ACCC Lisbon300 mm<sup>2</sup>
2. Panjang penghantar antara GI Kapal – GI Padang Sambilan : 9,97 km
3. Panjang penghantar antara GI Padang Sambilan – GI Pesanggaran : 7,76 km
4. Panjang penghantar antara GI Pesanggaran – GI Nusa Dua : 13,4 km
5. Kuat Hantar Arus : 1250 A
6. Kapasitas Transformer : 60 MVA
7. Impedansi Positif Kapal – Padang Sambilan : 0,907 + J 2,373
8. Impedansi Positif Padang Sambilan – Pesanggaran : 0,706 + J 1,847
9. Impedansi Positif Pesanggaran – Nusa Dua : 1,702 + J 5,199
10. Rasio Potential Transformer (PT) : 154000/110 Volt
11. Rasio Current Transformer (CT) : 1000/1 A

Dengan menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4), dan (5) maka diperoleh hasil pada tabel berikut:

**Tabel 1** Hasi Setting Rele Jarak Zone Pengaman Kapal - Padang Sambilan

No	Zone	Setting Rele Jarak			Time Delay
		R (Ω)	X(Ω)	Z (Ω)	
1	Zone 1	0,512	1,330	1,428	0
2	Zone 2	0,802	2,091	2,240	0,4
3	Zone 3	1,354	3,528	3,780	1,2
4	Zone 3 Rev	0,125	0,326	0,350	-

**4.2 SUTT 150 kV GI Padang Sambilan – GI Pesanggaran**



GIPADANG SAMBIAN      GIPESANGGARAN      GINUSA DUA      GIP KELOD  
 Gambar 5 Single line diagram zone pengaman rele jarak GI Padang Sambilan – GI Pesanggaran

Rele jarak yang diletakkan di Gardu Induk Padang Sambilan ini dapat menjangkau ruas penghantar saluran Padang Sambilan – Pesanggaran untuk Zone 1, Pesanggaran – Nusa Dua untuk zone 2, dan Nusa Dua – Pemecutan Kelod untuk zone 3. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Penghantar yang digunakan : ACCC Lisbon 300 mm<sup>2</sup>
2. Panjang penghantar antara GI Padang Sambilan – GI Pesanggaran : 7,76 km
3. Panjang penghantar antara GI Pesanggaran – GI Nusa Dua : 13,4 km
4. Panjang penghantar antara GI Nusa Dua – GI Pemecutan Kelod : 19,9 km
5. Kuat Hantar Arus : 1250 A
6. Tegangan kerja : 150 kV
7. Kapasitas Transformer : 60 MVA
8. Impedansi Positif Padang Sambilan – Pesanggaran : 0,706 + J 1,847
9. Impedansi Positif Pesanggaran – Nusa Dua : 1,702 + J 5,199
10. Impedansi Positif Nusa Dua – Pemecutan Kelod : 2,527 + J 7,721
11. Rasio Potential Transformer (PT) : 150000/100 Volt
12. Rasio Current Transformer (CT) : 1000/1 A

Dengan metode yang sama pada zone pengaman GI Kapal – Padang Sambian, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

**Tabel 2** Hasil *Setting* Rele Jarak Zone Pengaman Padang Sambian - Pesanggaran

No	Zone	Zone Reach			Setting Rele Jarak			Time Delay
		R (Ω)	X(Ω)	Z (Ω)	R (Ω)	X(Ω)	Z (Ω)	
1	Zone 1	0,376	0,985	1,055	0,372	0,971	1,040	0
2	Zone 2	1,208	3,166	3,389	1,074	3,120	3,300	0,4
3	Zone 3	2,126	5,567	5,959	2,114	5,508	5,900	0,8
4	Zone 3 Rev	0,093	0,243	0,260	0,089	0,233	0,250	-

### 4.3 Setting Rele Jarak Sebelum Uprating

**Tabel 3** *Setting* Rele Jarak Zone Pengaman Kapal - Padang Sambian

No	Zone	Setting Rele Jarak			Time Delay
		R (Ω)	X(Ω)	Z (Ω)	
1	Zone 1	0,764	2,218	2,346	0
2	Zone 2	1,198	3,480	3,680	0,4
3	Zone 3	2,022	5,872	6,210	0,8
4	Zone 3 Rev	0,187	0,544	0,575	-

**Tabel 4** *Setting* Rele Jarak Zone Pengaman PadangSambian - Pesanggaran

No	Zone	Setting Rele Jarak			Time Delay
		R (Ω)	X(Ω)	Z (Ω)	
1	Zone 1	0,565	1,640	1,734	0
2	Zone 2	1,273	3,697	3,910	0,4
3	Zone 3	2,269	6,590	6,970	0,8
4	Zone 3 Rev	0,138	0,402	0,425	-

### 4.4 Pengaruh Uprating Terhadap Jarak

**Tabel 5** Perbandingan Impedansi sebelum dan setelah Uprating Pengaman Kapal – P. Sambian

Sebelum Uprating				Setelah Uprating			
Impedansi Positif (Ω)	Setting Rele Jarak			Impedansi Positif	Setting Rele Jarak		
	Zone1 (Ω)	Zone2 (Ω)	Zone3 (Ω)		Zone1 (Ω)	Zone2 (Ω)	Zone3 (Ω)
0,137 + J 0,397	2,350	3,680	6,210	0,091 + J 0,238	1,428	2,240	3,780

$$\frac{Z_{\text{sebelumUprating}}}{Z_{\text{setelahUprating}}} \times \text{persentase daerah kerja}$$

zone masing - masing

Perhitungan perbandingan untuk Zone 1 :

$$\frac{2}{1,428} \times 80 \% = 112 \%$$

Perhitungan perbandingan untuk Zone 2 :

$$\frac{3,4}{2,240} \times 120 \% = 182 \%$$

Perhitungan perbandingan untuk Zone 3 :

$$\frac{5}{3,780} \times 220 \% = 291 \%$$

**Tabel 6** Perbandingan Impedansi sebelum dan setelah Uprating pengaman P. Sambian - Pesanggaran

Sebelum Uprating				Setelah Uprating			
Impedansi Positif (Ω)	Setting Rele Jarak			Impedansi Positif	Setting Rele Jarak		
	Zone1 (Ω)	Zone2 (Ω)	Zone3 (Ω)		Zone1 (Ω)	Zone2 (Ω)	Zone3 (Ω)
0,137 + J 0,397	1,734	3,910	6,970	0,091 + J 0,238	1,040	3,300	5,900

Perhitungan perbandingan untuk Zone 1 :

$$\frac{1,8}{1,04} \times 80 \% = 138 \%$$

Perhitungan perbandingan untuk Zone 2 :

$$\frac{3,9}{3,3} \times 120 \% = 142 \%$$

Perhitungan perbandingan untuk Zone 3 :

$$\frac{6,864}{5,9} \times 220 \% = 256 \%$$

Dari perhitungan - perhitungan di atas maka diperoleh persentase zone pengaman Kapal – Padang Sambian, untuk zone 1 yang seharusnya jangkauannya 80% dari panjang penghantar menjadi 112 %, zone 2 yang seharusnya jangkauannya 120% menjadi 142%, dan zone 3 yang seharusnya jangkauannya 220% menjadi 291%. Dan zone pengaman Padang Sambian - Pesanggaran, untuk zone 1 yang seharusnya jangkauannya 80% dari panjang penghantar menjadi 138 %, zone 2 yang seharusnya jangkauannya 120% menjadi 142%, dan zone 3 yang seharusnya jangkauannya 220% menjadi 256%. Dengan demikian pengamanan tersebut bergeser dan melebihi daerah kerja yang telah ditentukan pada zone masing - masing, sehingga kesalahan dari daerah kerja zone 1, zone 2, dan zone 3 dapat menyebabkan *malfunction*.

## 5. SIMPULAN

Dari uraian pada pembahasan sebelumnya dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai setting impedansi rele jarak setelah dilakukan uprating untuk mengamankan SUTT 150 kV. Pada *zone pengaman* Kapal – Padang Sambian didapatkan nilai *setting* rele jarak sebesar *zone 1* : 1,428  $\Omega$  (112%), *zone 2* : 2,240  $\Omega$  (182%), *zone 3* : 3,640  $\Omega$  (291%), dan *zone 3 reverse* : 0,385  $\Omega$ . *Zone pengaman* Padang Sambian – Pesanggaran nilainya sebesar *zone 1* : 1,040  $\Omega$  (138), *zone 2* : 3,300  $\Omega$  (142%), *zone 3* : 6,160  $\Omega$  (256%), dan *zone 3 reverse* : 0,302  $\Omega$ .
2. Dengan dilakukannya *uprating* Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV menyebabkan perubahan impedansi yang berpengaruh terhadap persentase dari *zone* kerja masing – masing pengaman sehingga dapat terjadinya *malfuction*.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Titarenko ; I.Noskov-Dukelsky. 1987. *Protective Relaying In Electric Power System*. Moscow : Peace Publishers.
- [2] Halomoan, C.N. 2008. *Rele Jarak Sebagai Proteksi Saluran Transmisi*. Depok : Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [3] Gonen, T. 1988. *Modern Power System Analysis*. California : California state University.
- [4] Kadir, A. 1998. *Transmisi Tegangan Listrik*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- [5] ---.2006. *Pemeliharaan Dan Pengujian Relai Jarak* .Jakarta : PT. PLN