

EVALUASI PENYETELAN RELE JARAK PADA JARINGAN TRANSMISI 70 kV BOLOK – MAULafa MENGGUNAKAN DIGSILENT 15.1.7

Agusthinus S.Sampeallo¹, Nursalim², Maria Alfiana Sea Sagho³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Email: agusthinus.sampeallo@staf.undana.ac.id

Email: nursalim@staf.undana.ac.id

Email: mariaalfianasesa@gmail.com

Info Artikel

Histori Artikel:
Diterima Feb 02, 2020
Direvisi Mar 03, 2020
Disetujui Mar 16, 2020

ABSTRACT

In ensuring the reliability of electrical power distribution, distance relays as the main protection relays on the transmission line 70 kV Bolok - Maulafa must be able to detect and localize existing disturbances. Distance Rele works by comparing the impedance of the line (fault impedance) with the installed impedance (tuning impedance). This research was conducted to see whether the current settings are in accordance with the provisions in the introductory Protection and Control Handbook. This evaluation is carried out by comparing the settings attached to the tuning conditions set out in the Doc: PDM / SGI15: 2014 which are then simulated using DigSilent 15.1.7 to see the distance relay range based on that adjustment.

From the evaluation results, the impedance setting by PT.PLN is no longer in accordance with the existing provisions and for setting the trip time in accordance with the provisions. Based on the calculation results of the new settings (according to the standard) distance relay, the value of the new settings for zone 1 and zone 2 of the Bolok - Maulafa conveyor bay is $4.698 \angle 70.18^\circ \text{ sec.ohm}$ and $13.658 \angle 70.18^\circ \text{ sec.ohm}$. As for the conductor of Maulafa - Bolok, it is $4,264 \angle 70.18^\circ \text{ sec.ohm}$ and $6,076 \angle 70.18^\circ \text{ sec.ohm}$.

Keywords: Transmission Line 70 kV, Distance Relay, DigSilent, Setting

ABSTRAK

Dalam menjamin keandalan penyaluran daya listrik maka, rele jarak sebagai rele proteksi utama pada jaringan transmisi 70 kV Bolok - Maulafa harus mampu mendeteksi dan melokalisir gangguan yang ada. Rele Jarak bekerja dengan membandingkan impedansi pada saluran (impedansi gangguan) dengan impedansi terpasang (impedansi penyetelan). Penelitian ini dilakukan untuk melihat apakah penyetelan yang ada sekarang sudah sesuai dengan ketentuan yang ada dalam Buku Pedoman Proteksi dan Kontrol Penghantar. Evaluasi ini dilakukan dengan membandingkan penyetelan yang terpasang dengan ketentuan penyetelan yang diatur dalam Dok:PDM/SGI15:2014 yang kemudian dilakukan simulasi menggunakan DigSilent 15.1.7 untuk melihat jangkauan rele jarak berdasarkan penyetelan itu. Dari hasil evaluasi, penyetelan impedansi oleh PT.PLN sudah tidak sesuai dengan ketentuan yang ada dan untuk penyetelan waktu trip sudah sesuai dengan ketentuannya. Berdasarkan hasil perhitungan penyetelan baru (sesuai standar) rele jarak didapat nilai penyetelan baru untuk zona 1 dan zona 2 bay penghantar Bolok - Maulafa sebesar $4.698 \angle 70.18^\circ \text{ sec.ohm}$ dan $13.658 \angle 70.18^\circ \text{ sec.ohm}$. Sedangkan untuk penghantar Maulafa - Bolok sebesar $4.264 \angle 70.18^\circ \text{ sec.ohm}$ dan $6.076 \angle 70.18^\circ \text{ sec.ohm}$.

Kata Kunci: Jaringan Transmisi 70 kV, Rele Jarak, DigSilent, Penyetelan

Penulis Korespondensi:

Agusthinus S.Sampeallo,
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Nusa Cendana,
Jl. Adisucipto Penfui - Kupang.
Email: agusthinus.sampeallo@staf.undana.ac.id

1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik pada umumnya terdiri dari beberapa bagian yaitu : Pembangkit, Jaringan Transmisi, Jaringan Distribusi dan beban. Jaringan transmisi merupakan jaringan yang menyalurkan dayalistrik dari pusat pembangkit menuju konsumen. Jaringan ini menjadi bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik, dikarenakan jaringan ini berpengaruh terhadap kestabilan dan realibilitas tenaga listrik. Di Indonesia, tegangan jaringan transmisi terdiri dari beberapa tegangan operasi yaitu 500 kV, 150 kV, 70 kV dan 35 kV.

Di Nusa Tenggara Timur (NTT) saat ini, khususnya di pulau Timor juga terdapat jaringan transmisi dengan tegangan operasi sebesar 70 kV, yang dinamai Sistem Timor. Jaringan transmisi ini menghubungkan beberapa Gardu Induk. Jaringan Transmisi 70 kV Bolok-Maulafa merupakan jaringan transmisi yang menghubungkan gardu induk Maulafa dengan Gardu induk Maulafa pada sistem Timor ini.

Terkait dengan jaminan keandalan penyaluran daya listrik ke konsumen melalui jaringan transmisi, maka dibutuhkan peralatan proteksi yang dapat dan mampu secara cepat melokalisir gangguan yang ada. Rele proteksi adalah salah satu dari komponen utama pada sistem tenaga listrik yang dapat memberikan dampak yang besar pada reliabilitas dan kestabilan sistem tenaga listrik [1, 2]. Pada jaringan transmisi 70 kV Bolok – Maulafa menggunakan rele jarak sebagai rele proteksi utama dan rele arus lebih dan gangguan tanah sebagai proteksi cadangan. Rele jarak berkerja dengan mengukur impedansi transmisi yang terbagi menjadi beberapa daerah cakupan [3]. Apabila penyetelan rele proteksi ini tidak benar, maka sistem kerja rele tersebut akan tidak selektif atau terjadi salah kerja [3].

Pemakaian peralatan proteksi ini (Rele) yang sudah cukup lama dan terjadinya gangguan di jaringan, dapat menyebabkan penurunan atau kesalahan kerja rele. Kesalahan kerja rele dapat membahayakan jaringan yang diproteksi yang berakibat fatal pada peralatan tegangan tinggi yang digunakan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap kerja rele yang terpasang pada jaringan dibutuhkan dengan melihat apakah penyetelan yang dipakai sudah sesuai standar dan mampu melokalisir gangguan. Hal ini dapat dilakukan dengan membandingkan penyetelan yang ada dengan standar. *DigSILENT Power Factory (Digital Simulation Electrical and Network Calculation Program)* merupakan perangkat lunak yang rekayasa yang berguna untuk analisis industri, pemakai tenaga listrik, dan analisis tenaga listrik [4]. Untuk rele proteksi sendiri perangkat lunak ini dapat menganalisa kerja rele berdasarkan gangguan hubung singkat, sesuai dengan penyetelanan yang diinput dalam perangkat lunak ini.

1.1. Transmisi Tenaga Listrik

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkitan listrik hingga saluran distribusi listrik sehingga nantinya dapat tersalurkan pada pengguna listrik [5]. Pada jaringan transmisi terbagi dalam 3 jenis jaringan berdasarkan panjang salurannya [6]:

$$Z = R + jX$$

Dimana:

Z = total impedansi seri per fasa (Ω)

X=total reaktansi induktif dan Kapasiifdari satu konduktor (Ω)

R = total resistansi dari satu konduktor (Ω)

1.2. Rele Proteksi

1.2.1 Elemen Pengindera

Secara garis besar bagian dari rele proteksi terdiri dari tiga bagian utama, yaitu sebagai berikut [7]:

- **Elemen Pengindera**

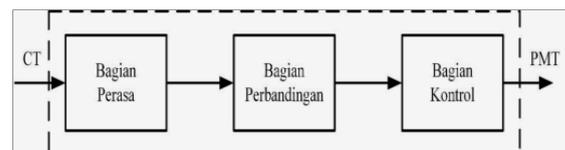
Elemen ini berfungsi untuk merasakan besaran-besaran listrik, seperti arus, tegangan, frekuensi, dan sebagainya tergantung rele yang dipergunakan. Pada bagian ini besaran yang masuk akan dirasakan keadaannya, apakah keadaan yang diproteksi itu mendapatkan gangguan atau dalam keadaan normal, untuk selanjutnya besaran tersebut dikirim ke elemen pembanding.

- **Elemen Pembanding**

Elemen ini berfungsi menerima besaran setelah terlebih dahulu besaran itu diterima oleh elemen pengindra untuk membandingkan besaran listrik pada saat keadaan normal dengan besaran arus kerja rele.

- **Elemen Penentu**

Elemen ini berfungsi untuk mengadakan perubahan secara cepat pada besaran ukurannya dan akan segera memberikan isyarat untuk membuka PMT atau memberikan sinyal.



Gambar 2.1 Bagian Umum Dari Sistem Proteksi

[8]

Keterangan :

CT = Trafo Arus (*Current*

Transformer) PMT = Pemutus Tenaga

(*Circuit Breaker*)

1.2.2 Syarat – Syarat Rele Proteksi

Rele proteksi dirancang untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan adanya ketidak normalan pada

peralatan atau bagian sistem tenaga listrik. Maka dari itu rele proteksi harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut [9].

1. Dapat Diandalkan (Reliable)

Dalam keadaan normal atau tidak ada gangguan, rele tidak boleh bekerja. Tetapi bila suatu saat terjadi gangguan yang mengharuskan rele bekerja, maka rele tidak boleh gagal bekerja untuk mengatasi gangguan tersebut. Disamping itu, rele tidak boleh salah bekerja, sehingga menimbulkan pemadaman yang tidak seharusnya ataupun menyulitkan analisa gangguan yang terjadi. Rele pengaman diharapkan mempunyai jangka waktu pemakaian yang lama.

2. Selektif (Selective)

Rele bertugas mengamankan peralatan atau bagian sistem dalam daerah pengamanannya. Dengan kata lain pengamanan dinyatakan selektif bila rele dan PMT yang bekerja hanyalah pada daerah yang terganggu saja.

3. Waktu Kerja Rele Cepat

Rele pengaman harus dapat bekerja dengan cepat segera setelah merasakan adanya gangguan pada sistem guna mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan atau bagian sistem yang terganggu.

4. Peka

Rele harus dapat bekerja dengan kepekaan yang tinggi, artinya harus cukup sensitif terhadap gangguan didaerahnya meskipun gangguan tersebut minimum.

5. Ekonomis dan Sederhana (Cheap and Simple)

Satu hal yang harus diperhatikan sebagai persyaratan rele pengaman adalah masalah harga atau biaya. Rele tidak akan diaplikasikan dalam sistem tenaga listrik, jika harganya sangat mahal. Persyaratan reliabilitas, sensitivitas, selektivitas dan kecepatan kerja rele hendaknya tidak menyebabkan harga rele tersebut menjadi mahal.

1.3. Jenis – Jenis Gangguan

Jika ditinjau dari sifat dan penyebabnya, jenis gangguan dapat dikelompokkan sebagai berikut [10]:

1.3.1 Tegangan Lebih

Tegangan lebih (*Over Voltage*) merupakan suatu gangguan akibat tegangan pada sistem tenaga listrik lebih besar dari yang seharusnya. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi karena kondisi eksternal dan internal pada sistem berikut ini:

1. Kondisi Internal

Hal ini terutama karena osilasi akibat perubahan yang mendadak dari kondisi rangkaian atau karena resonansi. Misalnya operasi hubung pada saluran tanpa beban, perubahan beban yang mendadak, operasi pelepasan pemutus tenaga yang mendadak akibat hubungan singkat pada jaringan,

kegagalan isolasi, dan sebagainya.

2. Kondisi Eksternal

Kondisi eksternal terutama akibat adanya sambaran petir. Petir terjadi disebabkan oleh terkumpulnya muatan listrik, yang mengakibatkan bertemunya muatan positif dan negatif. Pertemuan ini berakibat terjadinya beda tegangan antara awan bermuatan positif dengan muatan negatif, atau awan bermuatan positif dengan negatif dengan tanah. Bila beda tegangan ini cukup tinggi maka akan terjadi loncatan muatan listrik dari awan ke awan atau dari awan ke tanah.

1.3.2 Beban Lebih

Beban lebih (*Overload*) merupakan gangguan yang terjadi akibat konsumsi energi melebihi energi listrik yang dihasilkan pada pembangkit. Gangguan beban lebih sering terjadi terutama pada generator dan transformator daya. Ciri dari beban lebih adalah terjadinya arus lebih pada komponen. Arus lebih ini dapat menimbulkan pemanasan yang berlebihan sehingga bisa menimbulkan kerusakan pada isolasi.

1.3.3 Hubung Singkat (Short Circuit)

Hubung singkat (*Short Circuit*) adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar) [11]. Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran udara 3 fasa. Meskipun semua komponen peralatan listrik selalu diisolasi dengan isolasi padat, cair (minyak), udara, gas, dan sebagainya. Namun karena usia pemakaian, keausan, tekanan mekanis, dan sebab-sebab lainnya, maka kekuatan isolasi pada peralatan listrik bisa berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Hal ini akan mudah menimbulkan hubung singkat. Ada beberapa jenis gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem tenaga listrik 3 fasa [12], yaitu:

Hubung singkat tiga fasa simetris :

- Tiga fasa (L – L – L)
- Tiga fasa ke tanah (3L –

G) Hubung singkat tidak simetri

- Satu fasa ke tanah (1L – G)
- Antar fasa ke tanah (2L – G)
- Antar fasa (L – L)

1.4 Impedansi Transformator Daya

Pada perhitungan impedansi suatu transformator yang diambil adalah harga reaktansinya, sedangkan tahananannya diabaikan karena harganya kecil. Untuk mencari nilai reaktansi urutan positif dan negatif transformator dalam Ohm dihitung dengan persamaan sebagai berikut [4]:

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

Dimana :

X_T = Impedansi transformator [Ohm]

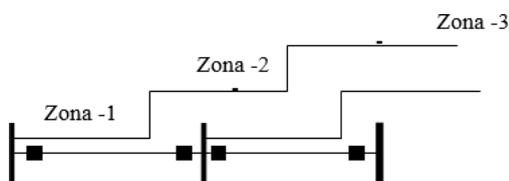
$X_{T(pu)}$ = Impedansi transformator [pu]

KV = Tegangan sisi primer transformator [kV]

MVA = Kapasitas transformator [MVA]

1.5 Rele Jarak

Rele jarak digunakan sebagai pengaman utama (*main protection*) pada SUTT/SUTET dan sebagai *back-up* untuk seksi di depannya. Rele jarak bekerja dengan mengukur besaran impedansi (Z) transmisi dibagi menjadi beberapa daerah cakupan yaitu Zone-1, Zone-2, Zone-3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi (TP) sebagai upaya agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif di dalam daerah pengamanannya.



Gambar 2.2 daerah kerja rele jarak (PT. PLN, 2006)

Keterangan :

- Zona -1 = Daerah Pengaman 1
- Zona -2 = Daerah Pengaman 2
- Zona -3 = Daerah Pengaman 3

Berdasarkan Buku Pedoman Proteksi dan Kontrol Penghantar yang dikeluarkan oleh [11], zona pengaman atau daerah proteksi relai dibagidalam dua jenis yaitu :

1. Proteksi Utama (zona 1)

Proteksi utama pada rele jarak yang merupakan proteksi yang bekerja tanpa waktu tunda dengan jangkauan terbatas pada seksi penghantar itu sendiri. Dengan mempertimbangkan faktor kesalahan (*Percentage error*) CT, PT/CVT rele proteksi, faktor keamanan (*safety margin*) dan parameter jaringan, maka zona 1 diatur

jangkauannya yaitu 80-85% dari impedansi saluran

2. Proteksi Cadangan Jauh (Zona 2 dan Zona 3)

Proteksi cadangan jauh pada rele jarak adalah proteksi yang dicadangkan untuk bekerja apabila proteksi utama seksi didepannya gagal bekerja.

Zona 2 umumnya disetel dengan

jangkauan impedansi saluran sampai gardu induk didepannya (tetapi tidak melebihi impedansi terkecil trafo di Gardu Induk di depannya) dengan waktu tunda antar 300-800 milidetik(tergantung jangkauan impedansi dan koordinasi dengan waktu zona 2 di depannya).

Zona 3 disetel dengan jangkauan mencapai impedansi saluran dengan dua Gardu Induk terjauh di depannya (terbesar secara impedansi, tetapi tidak melebihi impedansi terkecil trafo di Gardu Induk didepannya) dengan waktu tunda maksimum 1600 milidetik. Proteksi cadangan jauh tidak disetel sampai memasuki daerah impedansi Trasnformator di depannya.

1.5.1 Penentuan Zona 1

Zona 1 juga disebut sebagai proteksi utama pada rele jarak yang merupakan proteksi yang bekerja tanpa waktu tunda dengan jangkauan terbatas pada seksi penghantar itu sendiri. Dengan mempertimbangkan faktor kesalahan (*Percentage error*) CT, PT/CVT rele proteksi, faktor keamanan (*safety margin*) dan parameter jaringan, maka zona 1 diatur jangkauannya yaitu 80-85% dari impedansi saluran [11], sehingga perhitungan jangkauan impedansi zona 1 dapatdinyatakan sebagai berikut :

$$Zona\ 1_p = 0,8 \times ZL_1\text{Ohm}$$

1.5.2 Penentuan Zona 2

Zona 2 atau disebut juga proteksi cadangan jauh pada rele jarak merupakan proteksi yang dicadangkan untuk bekerja apabila proteksi utama seksi didepannya gagal bekerja. Zona 2 umunya disetel dengan jangkauan minimum mencapai impedansi saluran sampai dengan Gardu Induk didepannya. (tetapi tidak melebihi impedansi terkecil trafo di GI didepannya) dengan waktu tunda antara 300 – 800 milidetik. (tergantung jangkauan impedansi dan koordinasi dengan waktu zone 2 didepannya) [11]. Dengan mengasumsikan kesalahan-kesalahan seperti pada penyetingan Zona 1 sekitar 20%, maka didapat penyetingan minimum dan maksimum untuk Zona 2 sebagai berikut [4]:

$$Zona\ 2_{min} = 1,2 \times ZL_1\ \text{ohm}$$

$$Zona\ 2_{maks} = 0,8(ZL_1 + 0,8.ZL_2)\ \text{ohm}$$

$$Zona\ 2_{trafo} = 0,8(ZL_1 + 0,8.X_T)\ \text{ohm}$$

Dimana :

ZL_1 = Impedansi saluran yang diamankan

ZL_2 = Impedansi saluran berikutnya yang terpendek

X_T = Reaktansi transformator di Zona 1
 Dipilih nilai impedansi Zona 2 terbesar, namun tidak melebihi impedansi transformator Zona 2.

Hal ini dimaksudkan jika terjadi gangguan pada sisi LV Transformator, Rele jarak tidak bekerja Untuk penentuan waktu untuk zona 2 makadapat diperhatikan hal – hal berikut ini :

- Untuk keadaan dimana $Zona\ 2_{maks} > Zona\ 2_{min}$ maka seting Zona 2 diambil $t = 0.4$
- Jika saluran yang diamankan jauh lebih panjang dari saluran seksi berikutnya maka akan terjadi $Zona\ 2_{maks} < Zona\ 2_{min}$. Pada keadaan demikian untuk mendapatkan selektifitas yang baik, maka $Zona\ 2 = Zona\ 2_{min}$ dengan seting waktunya dinaikkan satu tingkat ($t_2 = 0,8$ detik)

1.6 Impedansi Yang Terbaca Rele Jarak

Dalam membuat penyetelan, pertama-tama ditetapkan dahulu nilai impedansi di sistem tenaga (primer). Impedansi sekunder dihitung dengan perkalian rasio CT dan PT pada persamaan [4]:

$$CT = \frac{CT_{primer}}{CT_{sekunder}}$$

$$PT = \frac{PT_{primer}}{PT_{sekunder}}$$

$$nI = \frac{CT}{PT}$$

Dimana :

nI = Rasio CT dan PT

CT = Rasio transformator arus

PT = Rasio transformator tegangan

Sehingga impedansi yang dapat dilihat rele yang merupakan penyetelan sekundernya adalah sebagai berikut [3]:

$$Z_{rele} = nI \times Z_p$$

Dimana :

Z_{rele} = Impedansi yang dibaca rele

nI = Rasio CT dan PT

Z_p = Impedansi penyetelan(primer)

1.7 DigSilent 15.1.7

Digsilent nama singkatan dari “*Digital Simulation and Electrical Network Calculating*

Program”. *DigSILENT* versi ini adalah perangkat lunak analisis sistem tenaga yang pertama di Indonesia yang teintegrasi dengan grafis antar muka satu baris, digram satu bari interaktif, juga termasuk fungsi menggambar, kemampuan mengedit dan relevan statis dan dinamis fitur perhitungan. Akurasi dan validasi dari hasil yang diperoleh dengan perangkat lunak ini telah dikonfirmasi dalam sejumlah besar dan diimplementasi oleh organisasi – organisasi yang terlibat dalam perancangan dan operasi sistem tenaga. [4].

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini diawali dengan studi literatur yaitu sebagai langkah pertama untuk menambah wawasan tentang penyetelan penyetelan rele proteksi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan yaitu, *single line* diagram, spesifikasi peralatan tegangan tinggi (*Current transformator and Capasitor Voltage Transformator*) data saluran, data penyetelan rele jarak yang digunakan di jaringan dan beberapa data tambahan yang dibutuhkan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Data penyetelan rele yang didapat dibandingkan dengan standar dan simulasi dilakukan dengan menggunakan *DigSilent 15.2.7* untuk melihat kerja rele yang menggunakan penyetelan PT.PLN berdasarkan kurva time – distance rele jarak. Apabila hasil perbandingan ini ditemukan tidak sesuai dengan standar yang ada dalam , maka dilakukan perhitungan ulang sesuai standar yang ada dalam Doc: PDM / SGI15: 2014 [13]. Dengan penyetelan yang baru dilakukan simulasi menggunakan *DigSilent 15.1.7* untuk melihat Time – Distance rele jarak dengan penyetelan baru. Kemudian dilakukan perbandingan penyetelan PT.PLN dengan penyetelan baru

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Peralatan

Tabel 3.1 Data CT dan CVT

No.	Bcy	Line	CT		CVT	
			Primer	Sekunder	Primer	Sekunder
1.	Bolok – Maulafa	Maulafa 1	800	1	70000	100
		Maulafa 2	800	1	70000	100
2.	Maulafa - Bolok	Bolok 1	700	1	70000	100
		Bolok 2	700	1	70000	100

Tabel 3.2 Data Penghantar

No.	Jaringan Transmisi	Jenis Penghantar	Panjang Penghantar
1.	Bolok - Maulafa	HAWK 240 mm ²	14.37 kmr
2.	Maulafa - Naibonat	OSTICH 152 mm ²	35.97 kmr

Tabel 3.3 Data Transformator daya

No	Lokasi	Jenis Trafo	Besar Impedansi
1.	GI Bolok	UNINDO 30 MVA	12.25 %
2.	GI Maulafa	UNINDO 30 MVA	12.25 %
		B&D 30 MVA	12.79 %

Tabel 3.4 Data Impedansi Penghantar

Bay Penghantar	Line	Z ₁ (Ω)	Z ₀ (Ω)
Bolok – Maulafa (Z _{L1})	Maulafa 1	1.74224 + j4.83306	5.7511 + j16.33073
	Maulafa 2	1.74224 + j4.83306	5.7511 + j16.33073
Maulafa – Naibonat (Z _{L2})	Naibonat 1	6.87526 + j12.6244	16.9076 + j41.4025
	Naibonat 2	6.87526 + j12.6244	16.9076 + j41.4025

Tabel 3.5 Data Penyetelan Rele Jarak

Bay Penghantar	Line	Tipe Rele	Zona 1			Zona 2		
			Z	Sudut	t	Z	Sudut	t
			Sec.ohm		(s)	Sec.ohm		(s)
Bolok - Maulafa	Maulafa 1	SIEMENS	6.127	71.4	0	16.468	71.46	0.4
		7SA522	8	6	1			
Maulafa - Bolok	Maulafa 2	SIEMENS	6.127	71.4	0	16.468	71.46	0.4
		7SA522	8	6	1			
-Bolok	Bolok 2	GE D60	4.94	75.6	0	6.076	75.6	0.8
		GE D60	4.94	75.6	0	6.076	75.6	0.8

4.1 Evaluasi Penyetelan Rele Jarak oleh PT. PLN

Penyetelan suatu rele jarak dibutuhkan suatu masukan yaitu impedansi penghantar jaringan dan waktu yang diproteksi yang dibagi dalam beberapa zona bagian yang bertujuan agar kerja rele lebih selektif dalam menentukan lokasi gangguan berada dan cepat melokalisir gangguan yang ada. Terdapat beberapa standar dalam menentukan jangkauan impedansi yang terpasang di jaringan, salah satunya yaitu diatur dalam “Buku Proteksi dan Kontrol Penghantar” [13]:

Tabel 3.6 Standar Penyetelan Rele Jarak

Zona	Jangkauan Impedansi (Ohm)	Waktu (s)
1	80-85 %	0
2	Zona 2 terbesar tetapi tidak melebihi zona 2 transformator	0.3-0.8

Pada Gardu Induk Bolok maupun Gardu Induk Maulafa terdapat transformator daya, dimana pada Gardu Induk Bolok terdapat satu buah transformator dan pada Gardu Induk Maulafa terdapat dua buah transformator. Untuk perhitungan zona 2 transformator sendiri diambil nilai transformator yang memiliki impedansi yang terkecil. Pada kasus ini, nilai impedansi transformator pada Gardu Induk Bolok dan impedansi terkecil pada Gardu Induk sama, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$= j0.1225 \times \frac{70^2}{30}$$

$$= j 0.1225 \times 163.33$$

$$= j20.0083 \Omega$$

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

$$= j0.1279 \times \frac{70^2}{30}$$

$$= j 0.1279 \times 163.33$$

$$= j20.89 \Omega$$

$$Zona\ 2_{trafo} = 0,8 (ZL_1 + 0,5X_T)$$

$$= 0,8 (1.74224 + j4.83306 + 0,5(j20.0083))\ ohm$$

$$= 0,8 (1.74102 + j14.83375)\ ohm$$

$$= 1.393792 + j11.869362\ ohm$$

$$= 11.591319 \angle 83.302^\circ\ ohm$$

Evaluasi Penyetelan Impedansi dan Waktu

Pengevaluasian jangkauan impedansi dan waktu tiap zona rele jarak PT.PLN (Persero) dilakukan dengan membandingkan nilai penyetelan dengan ketentuan yang ada.

Dari hasil ini, maka dilakukan evaluasi terhadap penyetelan PT.PLN dengan membandingkan dengan standar yang ada. Tabel evaluasi jangkauan impedansi dan waktu yang terpasang dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3.7 Hasil Perbandingan Penyetelan Impedansi PT.PLN Dengan Standar

Penghantar	Terpasang	Standar	Keterangan
Bolok – Maulafa 1	105.26 %	80% - 85%	Tidak Sesuai
	16.4681 ohm	13.6579 ohm	Tidak Sesuai
Bolok – Maulafa 2	105.26 %	80% - 85%	Tidak Sesuai
	16.4681	13.6579 ohm	Tidak Sesuai
Maulafa – Bolok 1	95.79 %	80% - 85%	Tidak Sesuai
	6.076	13.6579 ohm	Baik
Maulafa – Bolok 2	95.79 %	80% - 85%	Tidak Sesuai
	6.076	13.6579 ohm	Baik

Tabel 3.8 Hasil Perbandingan Penyetelan Waktu PT.PLN Dengan Standar

Penghantar	Terpasang (s)	Standar (0)	Keterangan
Bolok – Maulafa 1	0	0	Sesuai
	0.4	0.3 - 0.8	Sesuai
Bolok – Maulafa 2	0	0	Sesuai
	0.4	0.3 - 0.8	Sesuai
Maulafa – Bolok 1	0	0	Sesuai
	0.8	0.3 - 0.8	Sesuai
Maulafa – Bolok 2	0	0	Sesuai
	0.8	0.3 - 0.8	Sesuai

Dari hasil evaluasi jangkauan impedansi tabel diatas dapat dilihat, bahwa nilai jangkauan impedansi pada beberapa zona belum sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pada bay penghantar Bolok – Maulafa pada zona 1 maupun zona 2, nilai jangkauan impedansi lebih besar dari standaryang ada.

Pada bay penghantar Maulafa – Bolok yaitu pada zona 1 juga terlihat bahwa, nilai jangkauan impedansi lebih besar dari standar yang ada. Ketidaksesuaian ini dapat mengakibatkan kurangnya selektifitas kerja rele dalam membaca gangguan. Dari tabel hasil pengevaluasian waktu diatas, dapat pula dilihat bahwa, penyetelan waktu yang terpasang sudah sesuai dengan standar yang ditentukan.

3.2 Penyetelan Ulang Rele Jarak

3.2.1 Ratio CT dan CVT

3.2.1.1 Nilai ratio CT dan CVT Pada Gardu

Induk Bolok

Untuk menghitung nilai ratio antara CT dan CVT dapat menggunakan persamaan 2.19, 2.20, dan 2.21 seperti dibawah ini :

$$CT = \frac{CT_{primer}}{CT_{sekunder}}$$

$$= \frac{800 A}{1 A} = 800$$

$$PT = \frac{PT_{primer}}{PT_{sekunder}}$$

$$= \frac{70000 V}{100 V} = 700$$

Sehingga :

$$n1 = \frac{CT}{PT}$$

$$= \frac{800}{700}$$

$$= 1.1428$$

3.2.1.2 Nilai ratio CT dan CVT Pada Gardu Induk

Maulafa

Untuk menghitung nilai ratio antara CT dan CVT dapat menggunakan persamaan 2.19, 2.20, 2.21 seperti:

$$CT = \frac{CT_{primer}}{CT_{sekunder}}$$

$$= \frac{700 A}{1 A} = 700$$

Sehingga :

$$n1 = \frac{CT}{PT}$$

$$= \frac{700}{700}$$

$$= 1$$

Untuk penyetelan zona 2 , dilakukan perbandingan nilai dimana nilai yang dipakai adalah nilai terbesar dan tidak melebihi zona 2 trafo. Sehingga zona 2 yang dipakai adalah zona 2 trafo dengan besar 11.591319 < 83.302° ohm.

3.2.2 Penyetelan Impedansi Zona

4.3.2.1 Penyetelan Zona 1

Untuk bay penghantar Bolok – maulafa dapat diperoleh :

$$Zona 1_p = 0,8 \times ZL_1 \text{ Ohm}$$

$$= 0.8 \times (1.74224 + j4.83306) \text{ ohm}$$

$$= (1.3937 + j3.8665) \text{ ohm}$$

$$= 4.1099 \angle 70.18^\circ \text{ ohm}$$

$$Zona 1_s = n_1 \times Zona 1_p \text{ Ohm}$$

$$= 1.1428 \times (1.3937 + j3.8665) \text{ ohm}$$

$$= 4.698 \angle 70.18^\circ$$

Untuk bay penghantar Maulafa - Bolok dapat dihitung :

$$Zona_{1p} = 0.83 (ZL_1) \text{ Ohm}$$

4.3.2.2 Penyetelan Zona 2

Untuk bay penghantar Bolok – maulafa dapat diperoleh :

$$Zona 2_{min} = 1,2 \times ZL_1 \text{ ohm}$$

$$= 1.2 (1.74224 + j4.83306) \text{ ohm}$$

$$= 2.0906088 + j5.79967098 \text{ ohm}$$

$$= 6.165 \angle 70.18^\circ$$

$$Zona 2_{maks} = 0,8 (ZL_1 + 0,8.ZL_2) \text{ ohm}$$

$$= 0.8(1.74224+j4.83306+$$

$$(0.8(6.87526 + j12.6244))) \text{ ohm}$$

$$= 0.8 (1.74224 + j4.83306 +$$

$$PT = \frac{PT_{primer}}{PT_{sekunder}} (5.500208 +$$

$$j10.0099)) \text{ ohm}$$

$$= \frac{70000 V}{100 V} = 700 = 5.7939584 +$$

$$j11.874367 \text{ ohm}$$

$$= 13.2125 \angle 63.99^\circ \text{ ohm}$$

$$Zona 2_s = Zona 2_p \times n \text{ ohm}$$

$$= 1.1428 \times (1.393792 + j11.869362) \text{ ohm}$$

$$= 1.5928 + 13.564764 \text{ ohm}$$

$$= 13.657961 \angle 83.30^\circ$$

$$= 0.83 \times (1.74224 + j4.83306) \text{ ohm}$$

$$= (1.480904 + j4.001188) \text{ ohm}$$

$$= 4.26453 \angle 70.18^\circ \text{ ohm}$$

$$Zona_{1s} = n_1 (Zona_{1p}) \text{ Ohm}$$

$$= 1 \times (1.480904 + j4.108101) \text{ ohm}$$

$$= 1.480904 + j4.001188 \text{ ohm}$$

$$= 4.26453 \angle 70.18^\circ \text{ ohm}$$

4.4 Perbandingan Penyetelan Rele Jarak PT.PLN dengan Penyetelan Baru (sesuai standar)

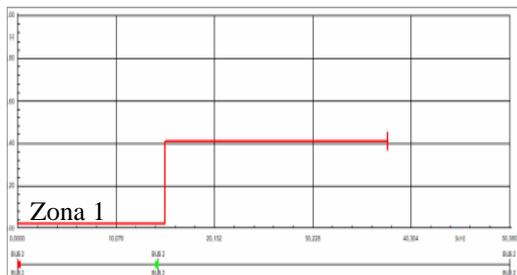
Perbandingan nilai penyetelan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.9 Perbedaan Nilai Penyetelan

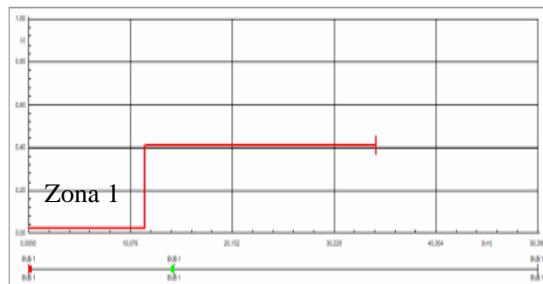
Saluran	PT. PLN		Baru	
	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
Maulafa 1	6.1278 \angle 71.46°	16.468 \angle 71.46°	4.698 \angle 70.18°	4.698 \angle 70.18°
Maulafa 2	6.1278 \angle 71.46°	16.468 \angle 71.46°	13.658 \angle 70.18°	13.658 \angle 70.18°
Bolok 1	4.94 \angle 75.6°	6.076 \angle 75.6°	4.264 \angle 70.18°	6.076 \angle 70.18°
Bolok 2	4.94 \angle 75.6°	6.076 \angle 75.6°	4.264 \angle 70.18°	6.076 \angle 70.18°

Dari tabel diatas dapat dilihat perbedaan nilai penyetelan impedansi rele jarak. Nilai impedansi penyetelan baru merupakan nilai impedansi penyetelan yang dihitung menggunakan standar yang diatur dalam Dok:PDM/SGI15:2014 [13]. Perbedaan jangkauan ini dapat dilihat secara lebih baik dalam kurva time Distance oleh relai jarak seperti dibawah ini .

Bay penghantar Bolok- Maulafa

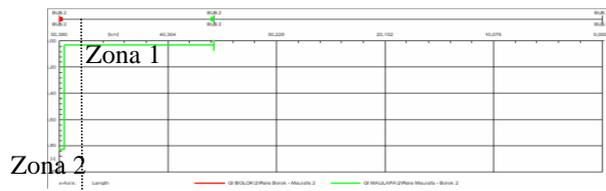


Gambar 3.1.a Kurva Time Distance Rele Bolok – Maulafa (PT.PLN)



Gambar 3.1.b Kurva Time Distance Rele Bolok – Maulafa (Baru)

Bay Penghantar Maulafa Bolok



Gambar 3.2.a Kurva Time Distance Rele Impedansi Maulafa –



Gambar 3.2.b Kurva Time Distance Rele Impedansi Maulafa – Bolok (Baru)

Pada gambar 3.1.a dan 3.1.b, rele memproteksi jaringan dari arah Gardu Induk Bolok menuju Gardu Induk Maulafa, pada sumbu y menunjukkan waktu dan sumbu x menunjukkan jangkauan panjang dari impedansi. Dari gambar 3.1.a tersebut, dilihat jangkauan untuk zona 1 dengan waktu trip 0 melebihi Gardu Induk Maulafa (titik berwarna hijau) dan zona 2 besar jangkauannya terdapat pada jaringan transmisi Maulafa – Naibonat.

Pada gambar 3.2.a dan 3.2.b, rele memproteksi jaringan dari arah Gardu Induk Maulafa menuju Gardu Induk Bolok, pada sumbu y menunjukkan waktu dan sumbu x menunjukkan jangkauan panjang dari impedansi. Pada gambar 3.2.a diatas dilihat jangkauan zona 1 hampir menjangkau seluruh daerah proteksi jaringan transmisi 70 kV Bolok – Maulafa.

4. KESIMPULAN

Dari hasil yang telah dipaparkan dalam bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa, penyetelan rele jarak pada jaringan transmisi 70 kV bolok – Maulafa oleh PT. PLN untuk penyetelan impedansi (dimana besar impedansi merupakan hasil yang diberikan oleh *DigSilent 15.1.7*) pada bay penghantar Bolok – maulafa belum sesuai dengan standar yang mengacu dalam Dok:PDM/SGI15:2014 [13]. Sedangkan untuk bay penghantar Maulafa – Bolok untuk zona 1 belum sesuai standar dan zona 2 sudah sesuai standar. Untuk penyetelan waktu sendiri oleh PT.PLN sudah sesuai dengan standar yang ada.

Nilai penyetelan impedansi yang baru yang sesuai dengan standar pada bay penghantar Bolok – Maulafa di Zona 1 dan 2 ialah 4.698 sec.ohm dan 13.658 sec.ohm. Sedangkan untuk nilai penyetelan impedansi yang baru untuk bay penghantar Maulafa – Bolok, pada zona 2 ialah 4.264 sec.ohm.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Z. Jaelani, "Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi 500kV dengan Menggunakan Digsilent," Universitas Pendidikan Indonesia, 2013.
 [2] H. Samulah, *Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga* 8

- Listrik*. Palembang: Universitas Sriwijaya, 2004.
- [3] M. Sanusi and S . Agus Supardi, "Analisa Proteksi Rele Jarak Pada Saluran Udarategangan Tinggi 150 Kv Gardu Induk Rembang Baru Ke Gardu Induk Pati," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [4] A. P. Kusuma, "EVALUASI SETTING RELE JARAK TRANSMISI 150 KV SENGIRING-SINGKAWANG," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 1, 2016.
- [5] T. S. Hutauruk, *Transmisi Daya Listrik* . Jakarta. Jakarta: Erlangga, 1993.
- [6] A. R. V. Warrington, *Protective Relays : Their Theory And Practice* vol. 1. London: Chapman And Hall, 1962.
- [7] A. Ghifari, "PENGUJIAN OVER CURRENT RELAY (OCR)," Universitas Diponegoro, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik 2012.
- [8] PT.PLN(Persero), "Pelatihan O & M Rele Proteksi Jaringan," ed. Jakarta, 2006.
- [9] W. Sarimun, "Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik," *Depok: Garamond*, 2012.
- [10] B. L . Tobing, *Peralatan Tegangan Tinggi*: Gramedia Pustaka Utama, 2003.
- [11] PT.PLN(Persero), "Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Penghantar," ed . Jakarta, 2014.
- [12] PT.PLN(Persero), "Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk JawaBali," ed. Jakarta:, 2013.
- [13] P. PLN, "Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Penghantar," *Jakarta: PT. PLN*, 2014.