

Analisis Pengaruh Kompensasi Impedansi Urutan Nol (Kzn) Terhadap Keandalan Sistem Proteksi Rele Jarak (Distance Relay) Pada Penghantar Harapan Indah di Gardu Induk Plumpang

Deni Almanda¹, Juniyanto²

¹⁾²⁾ Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jl. Cempaka Putih Tengah 27 No 47

Email: ¹⁾ deni.almanda@ftumj.ac.id, ²⁾ 2016420034@ftumj.ac.id

ABSTRAK

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat di saluran transmisi Gardu Induk Plumpang, rele jarak berfungsi sebagai proteksi utama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kompensasi impedansi urutan nol (kzn) terhadap keandalan sistem proteksi rele jarak (distance relay) pada penghantar harapan indah di Gardu Induk Plumpang. Setting rele jarak yang didapatkan dari PT PLN (Persero) UPT Pulogadung disimulasikan menggunakan alat uji Omicron. Hasil simulasi gangguan hubung singkat satu fasa, gangguan hubung singkat dua fasa, dan gangguan hubung singkat tiga fasa menggunakan setting lama $Z_1 = 2.58 \Omega$, $Z_2 = 3.87 \Omega$, dan $Z_3 = 7.30 \Omega$, $kZn = 0.93 \Omega < -0.4^\circ$ rele jarak tidak bekerja selektif, maka dilakukan resetting. Hasil resetting rele jarak yaitu $Z_1 = 2.58 \Omega$, $Z_2 = 3.87 \Omega$, dan $Z_3 = 7.30 \Omega$, $kZn = 0.68 \Omega < -0.6^\circ$. Setelah dilakukan resetting dan disimulasikan gangguan hubung singkat satu fasa, gangguan hubung singkat dua fasa, dan gangguan hubung singkat tiga fasa, rele jarak bekerja secara handal. Kesimpulannya kZn dapat mempengaruhi keandalan sistem proteksi rele jarak pada penghantar harapan indah di Gardu Induk Plumpang.

Kata kunci : Gardu Induk, Hubung Singkat, Rele Jarak, Setting, kZn, Omicron, Keandalan.

ABSTRACT

In the event of a short circuit failure in the transmission line at the Plumpang Substation, the distance relay functions as the main protection. This study aims to determine the effect of zero sequence impedance compensation (kzn) on the reliability of the distance relay protection system on the carrier of Harapan Indah at Plumpang Main Station. The distance relay setting obtained from PT PLN (Persero) UPT Pulogadung was simulated using the Omicron test instrument. The simulation results of single-phase short circuit, two-phase short circuit, and three-phase short circuit using the old setting $Z_1 = 2.58 \Omega$, $Z_2 = 3.87 \Omega$, and $Z_3 = 7.30 \Omega$, $kZn = 0.93 \Omega < -0.4^\circ$ relay distance is not working selectively, then resetting is done. The results of resetting the distance relay are $Z_1 = 2.58 \Omega$, $Z_2 = 3.87 \Omega$, and $Z_3 = 7.30 \Omega$, $kZn = 0.68 \Omega < -0.6^\circ$. After resetting and simulating the single-phase short circuit, two-phase short circuit, and three-phase short circuit, the distance relay works reliably. In conclusion, kZn can affect the reliability of the distance relay protection system in delivering beautiful hopes at the Plumpang Main Station.

Keywords: Substation, Short Circuit, Distance Relay, Setting, kZn, Omicron, Reliability.

1 PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik terdiri dari 3 sistem utama yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi [1]. Suatu sistem tenaga listrik pada dasarnya terdiri dari susunan pembangkit, transmisi dan jaringan distribusi yang terhubung satu sama lain [2]. Sistem proteksi pada saluran transmisi perlu mendapatkan perhatian yang serius [3]. Sistem tenaga listrik di kategorikan baik apabila mampu menyalurkan energi listrik dari sistem pembangkit sampai ke konsumen dengan keandalan yang tinggi. Keandalan sistem dapat tercapai apabila dapat meminimalisir gangguan yang mungkin akan terjadi pada sistem tenaga listrik. Pada sistem penyaluran khususnya pada gardu induk banyak sekali terjadi

gangguan, sehingga mengakibatkan sistem penyaluran tenaga listrik ke konsumen menjadi terputus. Banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem penyaluran gardu induk, antara lain arus hubung singkat, arus beban yang terlalu tinggi, cuaca alam, serta pekerjaan proyek pihak luar yang dapat mengganggu secara langsung sistem penyaluran. Pertumbuhan kekuasaan sistem telah menghasilkan jaringan yang sangat kompleks yang meluas ke area yang luas. Dalam situasi seperti itu, berfungsinya sistem tenaga modern sangat bergantung pada kesehatan pengoperasian jalur transmisi di dalamnya [4].

Gardu induk mempunyai peranan yang sangat penting dalam suatu sistem penyaluran tenaga

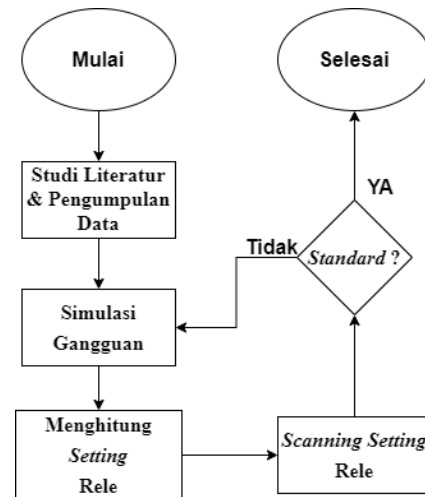
listrik, untuk itu diperlukan peralatan serta sistem proteksi yang handal untuk mengatasi gangguan dengan cepat, selektif, akurat dan efektif. Sistem proteksi berfungsi untuk mengamankan peralatan dan manusia, meminimalisir gangguan agar tidak meluas ke peralatan yang lain [1]. Saluran udara tegangan tinggi adalah bagian dalam sistem tenaga listrik yang sering mengalami gangguan [5]. Pada saluran transmisi, potensi gangguan yang terjadi adalah gangguan hubung singkat [6].

Gardu Induk Plumpang merupakan gardu induk yang mempunyai peranan yang sangat vital dalam sistem penyaluran tenaga listrik di Unit Pelaksana Transmisi Pulogadung. Gardu Induk Plumpang menerima supply daya dari Gardu Induk Priok Timur Baru dan Gardu Induk Priok Barat, yang kemudian di salurkan ke Gardu Induk Pulogadung, Gardu Induk Pegangsaan, Gardu Induk Kelapa Gading, Gardu Induk Harapan Indah, Gardu Induk Gambir Baru dan gardu induk lainnya. Apabila Gardu Induk Plumpang mengalami gangguan, maka akan mengganggu subsistem penyaluran tenaga listrik di UPT Pulogadung.

Pada tanggal 5 November 2019 terjadi gangguan pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV Kandang Sapi di Gardu Induk Bekasi yang disebabkan karena petir, sehingga mengakibatkan SUTT Bekasi – Kandang Sapi Trip 2 sisi. Di Gardu Induk Harapan Indah arah Bekasi rele jarak (*distance relay*) ikut bekerja dan memerintahkan PMT 150 kV Bekasi *open* sesaat. Di Gardu Induk Plumpang arah Harapan Indah juga terindikasi rele jarak (*distance relay*) bekerja pada Zone 1 Fasa R-N. Rele jarak (*distance relay*) penghantar Harapan Indah di Gardu Induk Plumpang bekerja tidak selektif, hal ini karena titik gangguan yang terjadi terlalu jauh dengan Gardu Induk Plumpang. Rele jarak (*distance relay*) penghantar Harapan Indah secara normal seharusnya tidak bekerja, karena besaran impedansi gangguan diluar lingkup kerjanya *zone-1*, *zone-2* maupun *zone-3* rele jarak (*distance relay*) di Gardu Induk Plumpang.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka selanjutnya akan dianalisa serta menghitung *setting* rele jarak (*distance relay*) pada penghantar 150 kV Plumpang - Harapan Indah. Tujuannya untuk mengetahui *setting* rele jarak (*distance relay*) dan kehadalan sistem proteksi rele jarak (*distance relay*) pada penghantar 150 kV Plumpang – Harapan Indah di Gardu Induk Plumpang.

2 METODOLOGI



Gambar 1. Flowchart.

Studi literatur merupakan metode yang dilakukan dengan cara pengumpulan data dari sumber-sumber literatur yang terdapat pada buku, jurnal, karya ilmiah, maupun dari internet yang mendukung dalam menyusun penulisan tugas akhir ini. Data primer di ambil langsung dari Gardu Induk Plumpang dan Gardu Induk Harapan Indah. Data yang di ambil antara lain : Data Proteksi GI Plumpang dan GI Harapan Indah, yang terdiri dari *setting* rele jarak, data kronologi gangguan, data lainnya adalah panjang konduktor, jenis konduktor serta nilai impedansi. Prinsip kerja dari *distance relay* yaitu dengan mengukur tegangan pada titik relay dan arus gangguan yang dirasakan oleh relay dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan [7]. Sebagian besar relai jarak tanah dirancang sedemikian rupa sehingga mengukur, dan dapat diatur, dalam hal impedansi urutan-positif [8].

Berdasarkan latar belakang permasalahan kemudian melakukan simulasi gangguan pada rele jarak penghantar Harapan Indah di Gardu Induk Plumpang dengan menggunakan alat penguji merk *Omicron*. Langkah selanjutnya menghitung *setting* rele jarak, hasil dari perhitungan manual dibandingkan dengan data *setting* rele lama (*eksisting*). Melakukan *scanning setting* rele jarak pada penghantar Harapan Indah di Gardu Induk Plumpang. Apabila tidak memenuhi *standard* kerja rele maka dilakukan *resetting* rele sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan. Melakukan simulasi gangguan pada rele jarak pada penghantar Harapan Indah di Gardu Induk Plumpang dengan menggunakan data *setting* baru. Melakukan *scanning setting* rele jarak, apabila sudah memenuhi *standard* kerja rele, maka verifikasi

kehandalan rele jarak pada penghantar Harapan Indah di Gardu Induk Plumpang selesai.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data penghantar

Gardu Induk	Nama Penghantar	Jenis Penghantar dan Luas Penampang	Kapasitas Arus (CCC)	Impedansi Saluran (Z) per km	Panjang Penghantar (L)
Plumpang	Harapan Indah	Drake 1x468.5 mm	1560 A	0.411 + j 0.2812	10.377 km
	Kandang Sapi	Drake 1x468.5 mm	1560 A	0.411 + j 0.2812	4.7 km
Harapan Indah	Plumpang	TACSR 2x410 mm	2730 A	0.0633 + j 0.2581	0.293 km
	Bekasi	TACSR 2x410 mm	2730 A	0.0633 + j 0.2581	0.272 km
	Kandang Sapi	TACSR 2x410 mm	2730 A	0.0633 + j 0.2581	0.293 km
Kandang Sapi	Harapan Indah	Drake 1x468.5 mm	1560 A	0.411 + j 0.2812	6.377 km
	Plumpang	Drake 1x468.5 mm	1560 A	0.411 + j 0.2812	4.7 km
Bekasi	Harapan Indah	Drake 1x468.5 mm	1560 A	0.411 + j 0.2812	5.338 km

Perbandingan Rele Jarak *Setting* Lama dan Rele Jarak *Setting* Baru Pada Penghantar Harapan Indah di Gardu Induk Plumpang.

Tabel 2. Perbandingan rele jarak *setting* lama dan rele jarak *setting* baru.

Rele Jarak <i>Setting</i> Lama	Rele Jarak <i>Setting</i> Baru
$Z_1 = 2.58 \Omega$	$Z_1 = 2.58 \Omega$
$t_{Z_1} = 0 \text{ s}$	$t_{Z_1} = 0 \text{ s}$
$Z_2 = 3.87 \Omega$	$Z_2 = 3.87 \Omega$
$t_{Z_2} = 0.4 \text{ s}$	$t_{Z_2} = 0.4 \text{ s}$
$Z_3 = 7.30 \Omega$	$Z_3 = 7.30 \Omega$
$t_{Z_3} = 1.6 \text{ s}$	$t_{Z_3} = 1.6 \text{ s}$
$k_{Zn} = 0.93 \Omega$	$k_{Zn} = 0.68 \Omega$

$\theta_{kZn} = -0.4^\circ$	$\theta_{kZn} = -0.6^\circ$
-----------------------------	-----------------------------

Simulasi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa (R-N, S-N, T-N) Dengan Alat Uji Omicron

Tabel 3. Simulasi gangguan hubung singkat satu fasa.

Impedansi Gangguan (Z)	Simulasi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa (R-N; S-N; dan T-N)			
	Setting Rele Jarak Lama		Setting Rele Jarak Baru	
	Waktu Kerja	Zone Kerja	Waktu Kerja	Zone Kerja
0.32 - 2.58 Ω	0 sekon	Zone 1	0 sekon	Zone 1
2.90 - 3.87 Ω	0 sekon	Zone 1	0.4 sekon	Zone 2
4.19 - 7.11 Ω	0 sekon	Zone 1	1.6 sekon	Zone 3
7.43 - 9.69 Ω	0 sekon	Zone 1	Tidak Trip	Tidak Trip

Simulasi Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa (R-S, S-T, T-R) Dengan Alat Uji Omicron

Tabel 4. Simulasi gangguan hubung singkat dua fasa.

Impedansi Gangguan (Z)	Simulasi Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa (R-S; S-T; dan T-R)			
	Setting Rele Jarak Lama		Setting Rele Jarak Baru	
	Waktu Kerja	Zone Kerja	Waktu Kerja	Zone Kerja
0.32 - 2.58 Ω	0 sekon	Zone 1	0 sekon	Zone 1
2.90 - 3.87 Ω	0.4 sekon	Zone 2	0.4 sekon	Zone 2
4.19 - 6.13 Ω	1.6 sekon	Zone 3	1.6 sekon	Zone 3
6.46 - 7.11 Ω	Tidak Trip	Tidak Trip	1.6 sekon	Zone 3
7.43 - 9.69 Ω	Tidak Trip	Tidak Trip	Tidak Trip	Tidak Trip

Simulasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa (R-S-T) Dengan Alat Uji Omicron

Tabel 5. Simulasi gangguan hubung singkat tiga fasa.

Impedansi Gangguan (Z)	Simulasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa (R-S-T)	
	Setting Rele Jarak Lama	Setting Rele Jarak Baru

	Waktu Kerja	Zone Kerja	Waktu Kerja	Zone Kerja
0.32 - 2.58 Ω	0 sekon	Zone 1	0 sekon	Zone 1
2.90 - 3.87 Ω	0.4 sekon	Zone 2	0.4 sekon	Zone 2
4.19 - 6.13 Ω	1.6 sekon	Zone 3	1.6 sekon	Zone 3
6.46 - 7.11 Ω	Tidak Trip	Tidak Trip	1.6 sekon	Zone 3
7.43 - 9.69 Ω	Tidak Trip	Tidak Trip	Tidak Trip	Tidak Trip

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisa rele jarak harapan indah di Gardu Induk Plumpang yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut bahwa berdasarkan perhitungan manual didapatkan *setting* rele jarak pada penghantar harapan indah di Gardu Induk Plumpang adalah : $Z_1 = 2.58 \Omega$, $tZ_1 = 0$ s, $Z_2 = 3.87 \Omega$, $tZ_2 = 0.4$ s, $Z_3 = 7.30 \Omega$, $tZ_3 = 1.6$ s, $kZ_n = 0.68 \Omega$, $\theta kZ_n = -0.6^\circ$. Berdasarkan simulasi gangguan hubung singkat satu fasa (R-N, S-N, dan T-N) menggunakan *setting* rele jarak lama yang telah dilakukan bahwa impedansi gangguan dari 0.32 – 9.69 Ω waktu rele jarak bekerja masuk *zone-1*, yaitu 0 sekon. Sedangkan *setting* rele jarak penghantar harapan indah yaitu $Z_1 = 2.58 \Omega$, $Z_2 = 3.87 \Omega$, dan $Z_3 = 7.30 \Omega$. Dapat disimpulkan bahwa $K_{zn} = 0.93 \Omega$ dapat mengakibatkan rele jarak tidak bekerja secara selektif pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa (R-N, S-N, dan T-N). Berdasarkan simulasi hubung singkat dua fasa (R-S, S-T dan T-R) yang telah dilakukan dengan menggunakan data rele jarak *setting* lama bahwa nilai impedansi gangguan dari 0.32 - 2.58 Ω waktu rele jarak bekerja masuk pada *zone-1*, impedansi gangguan 2.90 Ω - 3.87 Ω waktu rele jarak bekerja masuk pada *zone-2*, impedansi gangguan 4.19 Ω - 6.13 Ω waktu rele jarak bekerja masuk pada *zone-3*, impedansi gangguan 6.46 Ω - 9.6 Ω rele jarak bekerja tidak bekerja. Data *setting* lama rele jarak penghantar harapan indah yaitu $Z_1 = 2.58 \Omega$, $Z_2 = 3.87 \Omega$, dan $Z_3 = 7.30 \Omega$. Pada pembacaan *zone-3* rele jarak *setting* lama tidak bekerja selektif, hal ini karena pada *zone-3* seharusnya sampai $Z_3 = 7.30 \Omega$ rele akan bekerja, tetapi pada $Z = 6.46 \Omega$ - 7.11 Ω rele tidak bekerja (PMT tidak trip), sehingga dapat disimpulkan bahwa $K_{zn} = 0.93 \Omega$ dapat mempengaruhi kinerja *zone-3* rele jarak pada saat terjadi gangguan dua fasa (R-S, S-T dan T-R). Berdasarkan simulasi hubung singkat tiga fasa (R-S-T) yang telah dilakukan dengan menggunakan data rele jarak *setting* lama bahwa nilai impedansi gangguan dari 0.32 - 2.58 Ω waktu rele jarak bekerja masuk pada *zone-1*, impedansi gangguan 2.90 - 3.87 Ω waktu rele jarak bekerja masuk pada *zone-2*,

impedansi gangguan 4.19 - 6.13 Ω waktu rele jarak bekerja masuk pada *zone-3*, impedansi gangguan 6.46 Ω - 9.69 Ω rele jarak bekerja tidak bekerja. Data *setting* lama rele jarak penghantar harapan indah yaitu $Z_1 = 2.58 \Omega$, $Z_2 = 3.87 \Omega$, dan $Z_3 = 7.30 \Omega$. Pada pembacaan *zone-3* rele jarak *setting* lama tidak bekerja selektif, hal ini karena pada *zone-3* seharusnya sampai $Z_3 = 7.30 \Omega$ rele akan bekerja, tetapi pada $Z = 6.46 - 7.11 \Omega$ rele tidak bekerja (PMT tidak trip), sehingga dapat disimpulkan bahwa $K_{zn} = 0.93 \Omega$ dapat mempengaruhi kinerja *zone-3* rele jarak pada saat terjadi gangguan tiga fasa (R-S-T). Berdasarkan simulasi gangguan hubung singkat satu fasa, dua fasa dan tiga fasa menggunakan *setting* rele jarak baru yang telah dilakukan bahwa impedansi gangguan $Z = 0.32 - 2.58 \Omega$ waktu rele jarak bekerja masuk pada *zone-1*, $Z = 2.90 - 3.87 \Omega$ waktu rele jarak bekerja masuk pada *zone-2*, $Z = 4.19 - 7.11 \Omega$ waktu rele jarak bekerja masuk pada *zone-3* dan $Z = 7.42 - 9.69 \Omega$ rele jarak tidak bekerja (PMT tidak trip). Data *setting* baru rele jarak penghantar harapan indah yaitu $Z_1 = 2.58 \Omega$, $Z_2 = 3.87 \Omega$, dan $Z_3 = 7.30 \Omega$. sehingga dapat disimpulkan bahwa $K_{zn} = 0.68 \Omega$ sudah sesuai untuk kehandalan sistem proteksi rele jarak penghantar harapan indah di Gardu Induk Plumpang pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa, dua fasa dan tiga fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. PLN, “Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk Jawa Bali,” *Jkt. PT PLN Persero Penyaluran Dan Pus. Pengatur Beban Jawa Bali*, 2013.
- [2] A. G. Warman, “Studi Keandalan dan Evaluasi Sistem Kerja Rele Jaringan Transmisi 150 KV Koto Panjang-Pekanbaru,” Riau University.
- [3] M. Zainuddin and S. Suherman, “Setting Koordinasi Proteksi Distance Relay pada Saluran Transmisi 150 KV Gardu Induk Isimu ke Gardu Induk Botupingge PT. PLN (Persero) Sistem Gorontalo,” *RADIAL J. Perad. Sains Rekayasa Dan Teknol.*, vol. 1, no. 2, pp. 78–89, 2013.
- [4] V. H. Makwana and B. R. Bhalja, *Transmission Line Protection using digital technology*. Springer, 2016.
- [5] J. B. Sepang, L. S. Patras, and F. Lisi, “Analisa Koordinasi Setting Relai Jarak Sistem Transmisi 150 kV Area Gardu Induk Otam–Gardu Induk Isimu,” *J. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 6, no. 3, pp. 148–158, 2017.

- [6] T. Wijaksono, S. Handoko, and H. Hermawan, "ANALISIS SETTING DAN KOORDINASI RELE JARAK DAN RELE ARUS LEBIH PADA GI 150KV CILEGON BARU-SERANG-CIKANDE DAN ARAH SEBALIKNYA," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 359–367, 2018.
- [7] K. Hidayatullah, R. S. Hartati, and I. W. Sukerayasa, "Analisis Penentuan Setting Distance Relay Penghantar Sutt 150 Kv Gis Pesanggaran-Gi Pemecutan Kelod," *J. SPEKTRUM Vol*, vol. 6, no. 1, 2019.
- [8] Q. Verzosa and J. Jun, "Ground Distance Relays – Understanding the Various Methods of Residual Compensation, Setting the Resistive Reach of Polygon Characteristics, and Ways of Modeling and Testing the Relay." .

