

Analisis Pengujian Relay Distance Berdasarkan *Rekomisioning* Relay Distance Menggunakan Isa Drts 64

Feldinando Altalarik Kusuma¹, Ina Sunaryantiningsih*², Irna Tri Yuniahastuti³

¹Universitas PGRI Madiun, Indonesia, Fakultas Teknik, Prodi Teknik Elektro

e-mail: 1fedinandokusuma@gmail.com, *2inas@unipma.ac.id, 3irnatri@unipma.ac.id

Abstrak

Latar belakang penelitian ini didasarkan pada pentingnya sistem proteksi yang efektif untuk melindungi jaringan listrik dari terjadinya gangguan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem proteksi pada distribusi tenaga listrik dengan fokus pada penyesuaian setting relai distance dan pengujian menggunakan standar ISA DRTS 64. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dan fokus pada pengukuran dan analisis data numerik untuk memperoleh informasi yang akurat. Hasil fasa-fasa menunjukkan bahwa *relay distance* beroperasi dengan akurasi tinggi, dengan kesalahan impedansi maksimum 0,61% pada zona 3 fasa T dan kesalahan impedansi minimum 0,33% pada zona 1 fasa R. Hasil fasa-ground Zona 1 pengujian dilakukan dengan kombinasi tiga fasa netral R,S,T menggunakan impedansi terukur konstan sebesar 1,846 Ω kesalahan pengukuran sebesar 0,33% menunjukkan akurasi yang sangat baik, waktu pengoperasian antara 15,3 ms dan 54,9 ms. Hasil pengukuran metering 1 menunjukkan pembacaan semua fasa sangat mendekati 200,5 A, dengan error 0,2% hingga 0,3%. Menunjukkan akurasi yang sangat baik dalam pengukuran saat ini. Untuk pengujian tegangan, nilai injeksi tiap fasa sebesar 63,509 V dengan sudut yang sama dengan pengujian arus. Hasil pengukuran menunjukkan pembacaan sekitar 38 kV pada semua fasa, dengan error konstan sebesar -0,1%. Hasil pengukuran metering 2 menunjukkan pembacaan berkisar antara 400,8 A hingga 401,5 A di semua fasa. Kesalahan pengukuran arus bervariasi antara 0,2% dan 0,4%, dengan kesalahan terbesar terjadi pada fase R. Hasil pengujian *relay distance* pengukuran dan *relay distance* uji *synchrocek* terdapat perbedaan sudut antara sisi R, S, T di Main VT (*Voltage Transformer*) dan VT Synchro Line, dengan nilai 240°, 240°, 240° dan 240°, 230°, 218°, Kondisi ini menghasilkan status "*Synchro*".

Kata kunci : *relay distance*, *rekomisioning*, sistem proteksi, ISA DRTS 64.

Abstract

The background of this research is based on the importance of an effective protection system to protect the electricity network from disturbances. This research aims to analyze the performance of the protection system in electric power distribution with a focus on adjusting relay distance settings and testing using the ISA DRTS 64 standard. The research method used is quantitative and focuses on measuring and analyzing numerical data to obtain accurate information. The phase-phase results show that the distance relay operates with high accuracy, with a maximum impedance error of 0.61% in the 3-phase T zone and a minimum impedance error of 0.33% in the 1-phase R zone. Phase-ground results Zone 1 testing was carried out in combination three phase neutral R,S,T uses a constant rated impedance of 1.846 Ω measurement error of 0.33% indicating excellent accuracy, operating time between 15.3 ms and 54.9 ms. The results of metering 1 measurements show that the readings for all phases are very close to 200.5 A, with an error of 0.2% to 0.3%. Demonstrates excellent accuracy in current measurements. For voltage testing, the injection value for each phase is 63.509 V with the same

angle as current testing. The measurement results show a reading of around 38 kV on all phases, with a constant error of -0.1%. The results of metering 2 measurements show readings ranging from 400.8 A to 401.5 A in all phases. The current measurement error varies between 0.2% and 0.4%, with the largest error occurring in the R phase. The results of the relay distance measurement test and the relay distance synchrocheck test show that there are differences in angles between the R, S, T sides of the Main VT (Voltage Transformer) and VT Synchro Line, with values 240°, 240°, 240° and 240°, 230°, 218°. This condition produces the "Synchro" status.

Keywords : relay distance, recommissioning, protection system, ISA DRTS 64.

I. PENDAHULUAN

Untuk menjaga kontinuitas pasokan daya dan melindungi peralatan dari gangguan, sistem tenaga listrik membutuhkan mekanisme perlindungan yang dapat diandalkan. *Relay distance* adalah bagian penting dari sistem proteksi yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengisolasi gangguan. Cara kerjanya adalah dengan mengukur impedansi saluran transmisi dan membandingkannya dengan pengaturan sebelumnya. Jika impedansi yang diukur berada dalam zona pengaturan, *relay distance* akan menganggap telah terjadi gangguan dan memberikan perintah untuk membuka pemutus tenaga (pemutus sambungan). Karena pentingnya, *relay distance* harus diuji secara rutin untuk memastikan kinerja terbaik. Namun, prosedur pengujian *relay distance* di industri ketenagalistrikan seringkali tidak konsisten dan bervariasi. Setiap utilitas atau perusahaan ketenagalistrikan cenderung menggunakan metode pengujian mereka sendiri, tergantung pada rekomendasi pabrik pembuat, standar internal perusahaan, atau pengalaman di lapangan.

Pengujian *relay distance* yang tidak memadai dapat menyebabkan kinerja *relay distance* yang buruk, seperti gagal beroperasi saat terjadi gangguan (*underreaching*) atau beroperasi secara tidak semestinya saat tidak ada gangguan (*overreaching*). Kedua situasi ini dapat menyebabkan pemadaman listrik yang signifikan, kerusakan peralatan, atau bahkan ancaman keselamatan manusia. Akibatnya, standarisasi pengujian *relay distance* menjadi sangat penting untuk memastikan keamanan sistem tenaga listrik.

International Society of Automation (ISA) mengembangkan standar *ISA DRTS 64* pada tahun 2017 untuk memberikan pedoman lengkap mengenai pengujian dan rekomisioning (*recommissioning*) jarak hubungan. Standar ini mencakup filosofi pengujian, persyaratan peralatan, prosedur pengujian, dokumentasi, dan saran tentang kompetensi personel. Tujuan utama dari standar ini adalah untuk mengatasi masalah terkait praktik pengujian yang berbeda. Standar ini menekankan pendekatan berbasis kinerja yang menunjukkan kemampuan *relay distance* untuk mengidentifikasi gangguan dengan benar dalam berbagai kondisi sistem. Ini berbeda dengan praktik yang lebih lama yang bergantung pada pengujian berbasis komponen. Meskipun *DRTS 64* adalah kemajuan besar, masih banyak yang belum diketahui tentang keefektifan dan kekurangan dari prosedur pengujian yang disarankan dalam standar ini.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertempat di PLN Gardu Induk 70kv yang berada di Jln. Wilis, Ds.Kramat, Kec .Nganjuk , Kab. Nganjuk, Jawa Timur 64419. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara pengujian *relay distance* pada Gardu Induk PLN 70kv Nganjuk bay penghantar Gardu Induk 70kv Manisrejo yang memperoleh hasil pengujian *rekomisioning relay distance*. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data *rekoimisioning relay distance* pada Januari 2023 yang diambil pada saat Kerja Praktik .

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *Relay distance*

Tabel 1 Data setting pengujian fasa-fasa karakteristik *relay distance*

SETTING IMPEDANSI (Z) FASA - FASA						
Zone	Impedansi	Sudut	Waktu			
Zone 1	1,840 Ω	62 $^\circ$	0	ms		
Zone 2	2,760 Ω	62 $^\circ$	800	ms		
Zone 3	3,470 Ω	75 $^\circ$	1600	ms		

Tabel 1 menunjukkan pengaturan data setting fasa-fasa impedansi, sudut ,dan waktu untuk setiap zona. Zona 1 diatur ke impedansi 1,840 Ω dengan waktu pengoperasian seketika 0 ms untuk memberikan perlindungan langsung ke bagian saluran terdekat. Zona 2 memiliki jangkauan yang lebih panjang dengan impedansi 2,760 Ω dan penundaan 800 ms. Zona 3, sebaliknya, memiliki jangkauan terbesar pada 3,470 Ω dan penundaan 1,600 ms. Sudut karakteristik 62 $^\circ$ untuk zona 1 dan 2 dan zona 3 sudut karakteristik 75 $^\circ$. Menurut data setting diatas dapat di lakukan pengujian *relay distance distance* menggunakan ISA DRTS 64 dan diperoleh hasil uji yang ditunjukan pada table 2.

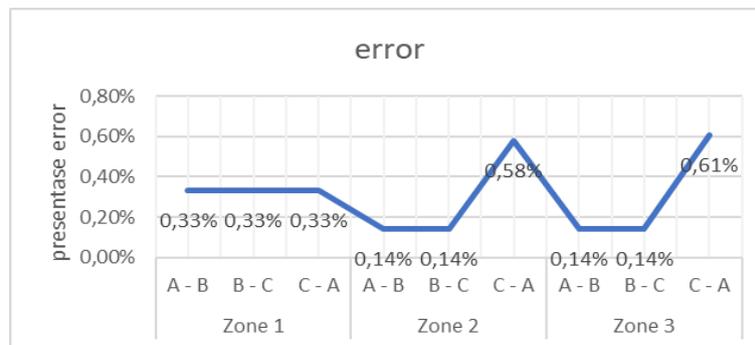
Tabel 1 Pengujian Fasa-Fasa Karakteristik *Relay distance*

PENGUJIAN FASA-FASA					
Zone	Fasa	Impedansi (Ω)	Error	Waktu (ms)	Ket
Zone 1	R	1,846	0,33%	17,1	Pass
	S	1,846	0,33%	16,1	Pass
	T	1,846	0,33%	18,1	Pass
Zone 2	R	2,764	0,14%	817,1	Pass
	S	2,764	0,14%	815,9	Pass
	T	2,776	0,58%	813,5	Pass
Zone 3	R	3,475	0,14%	1615,5	Pass
	S	3,475	0,14%	1689,9	Pass
	T	3,491	0,61%	1615,7	Pass

Sumber data: Rekomisioning relay distance GI Nganjuk,2023

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian karakteristik fasa-fasa, Setiap zona diuji dengan kombinasi tiga fase R, S, T. Hasilnya menunjukkan bahwa *relay distance* beroperasi dengan akurasi tinggi, dengan kesalahan impedansi maksimum 0,61% pada zona 3 fasa T dan kesalahan impedansi minimum 0,33% pada zona 1 fasa R. Waktu pengoperasian yang diukur konsisten dengan pengaturan dan hanya terdapat sedikit penyimpangan yang wajar dalam pengukuran, Semua pengujian memunculkan keterangan Pass atau disebut juga Baik yang memastikan bahwa *relay distance* beroperasi sesuai spesifikasi standart pengujian PLN. Perbedaan kecil antara nilai yang ditetapkan dan nilai yang diukur menunjukkan toleransi normal alat pengukur dan *relay distance*. Karena jika hasil uji menunjukkan error melebihi 5% maka keterangan hasil uji akan menunjukkan hasil “fail” atau dikatakan tidak bagus sebab nilai setting impedansinya melebihi dari setting yang sudah ditetapkan.

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan keakuratan *relay distance* untuk melindungi jaringan listrik dari berbagai gangguan fasa, maka dapat dibuat grafik error sebagai berikut :



Gambar 1 Grafik Error Pengujian Fasa-Fasa Karakteristik Relay distance

Tabel 2 Data setting pengujian fasa-ground karakteristik relay distance

SETTING IMPEDANSI (Z) FASA – TANAH					
Zone	Impedansi	Sudut		Waktu	
Zone 1	1,840	Ω	62	$^{\circ}$	0 Ms
Zone 2	2,760	Ω	62	$^{\circ}$	800 Ms
Zone 3	3,470	Ω	75	$^{\circ}$	1600 Ms

Tabel 3 menunjukkan pengaturan impedansi, sudut, dan waktu fasa-ground untuk setiap zona. Zona 1 diatur ke impedansi 1,840 Ω dan memberikan proteksi sesaat 0 ms ke bagian saluran yang paling dekat dengan *relay distance*, Pengaturan ini memastikan respon cepat terhadap gangguan di zona primer. Zona 2 memiliki pengaturan impedansi lebih tinggi 2,760 Ω dan waktu tunda 800 ms, Waktu tunda ini penting untuk koordinasi dengan *relay distance* lain dalam sistem. Zona 3 diatur ke impedansi tertinggi 3,470 Ω dengan waktu tunda 1600 ms, Zona ini bertindak sebagai perlindungan cadangan jarak jauh dan mencakup area sistem transmisi yang lebih luas. Waktu tunda yang lebih lama memungkinkan koordinasi yang tepat dengan zona

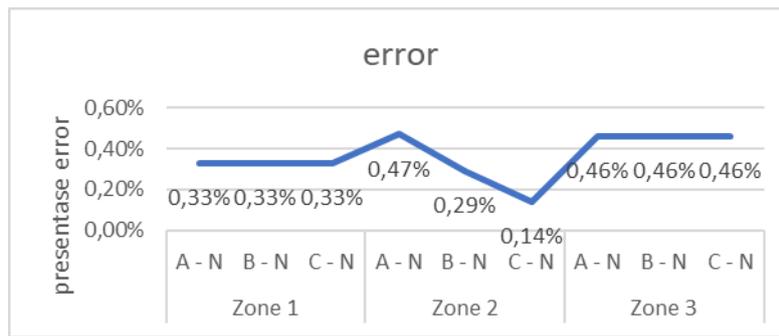
proteksi *relay distance* lainnya. Sudut karakteristik zona 1 dan 2 adalah 62° , sedangkan sudut karakteristik zona 3 adalah 75° . Perbedaan mencerminkan adaptasi terhadap karakteristik impedansi saluran yang berbeda dalam jarak jauh, sehingga meningkatkan sensitivitas dan selektivitas *relay distance*.

Tabel 4 Pengujian Fasa-Ground Karakteristik *Relay distance*

PENGUJIAN FASA – GROUND					
Zone	Fasa	Impedansi (Ω)	Error	Waktu (ms)	Ket
Zone 1	R	1,846	0,33%	54,9	Pass
	S	1,846	0,33%	15,3	Pass
	T	1,846	0,33%	37,1	Pass
Zone 2	R	2,773	0,47%	815,5	Pass
	S	2,768	0,29%	816,1	Pass
	T	2,764	0,14%	855,1	Pass
Zone 3	R	3,486	0,46%	1653,1	Pass
	S	3,486	0,46%	1651,5	Pass
	T	3,486	0,46%	1654,9	Pass

Sumber data: Rekomisioning relay distance GI Nganjuk,2023

Tabel 4 menunjukkan hasil uji fase ke tanah yang memverifikasi kinerja relay distance untuk setiap zona. Zona 1 pengujian dilakukan dengan kombinasi tiga fasa netral R, S, T menggunakan impedansi terukur konstan sebesar $1,846 \Omega$ kesalahan pengukuran sebesar 0,33% menunjukkan akurasi yang sangat baik, waktu pengoperasian antara 15,3 ms dan 54,9 ms, sedikit lebih lambat dibandingkan pengaturan 0 ms, namun masih dapat diterima untuk pengoperasian seketika. Zona 2 menunjukkan variasi impedansi yang diukur antara $2,764 \Omega$ dan $2,773 \Omega$, dengan kesalahan maksimum 0,47% waktu pengoperasiannya antara 815,5 ms dan 855,1 ms, sangat mendekati pengaturan 800 ms. Variasi kecil ini menunjukkan keteguhan kinerja relay distance selama terjadi gangguan di zona perantara. Pengujian Zona 3 menghasilkan impedansi terukur secara konsisten sebesar $3,486 \Omega$ pada semua fasa dengan kesalahan sebesar 0,46% waktu pengoperasian berkisar antara 1651,5 ms hingga 1654,9 ms, sedikit lebih lama dari pengaturan 1600 ms, namun masih dalam batas yang dapat diterima. Konsistensi ini menunjukkan keandalan relay distance untuk perlindungan cadangan jangka panjang. Semua pengujian menunjukan keterangan “Pass” atau dikatakan Baik, memastikan bahwa relay distance beroperasi sesuai spesifikasi standart pengujian PLN. Karena jika hasil uji menunjukan error melebihi 5% maka keterangan hasil uji akan menunjukkan hasil “fail” atau dikatakan tidak bagus sebab nilai setting impedansinya melebihi setting yang sudah ditetapkan. Hasil ini menunjukkan keandalan dan keakuratan relay distance dalam mendeteksi dan merespon gangguan fasa ke tanah di seluruh zona proteksi, maka dapat dibuat grafik error sebagai berikut :



Gambar 1 Grafik Error Pengujian Fasa-Ground Karakteristik Relay distance

Dapat disimpulkan dari Tabel 4.2 dan Grafik 4.1 dengan Tabel 4.4 dan Grafik 2 menghasilkan keterangan hasil uji yang “Pass” atau dikatakan bagus jika error yang dihasilkan tidak melebihi 5% dan jika error melebihi 5% maka harus dilakukan cek ulang atau perbaikan pada relay distance distance, Jika perbaikan tidak dapat dilakukan maka relay distance distance akan diganti baru dan disetting ulang sesuai standart dari PLN.

Metering Relay distance

Tabel 3 Data setting Metering

Merk	: Alsthom
Type	: MiCOM P443
No. Serie	: 33528787/12/15
Rasio PT	: 66 / 0,11 kV
Ratio CT	: 400 / 5 Amp
Panjang Sirkit	: 39,44 Km

Tabel 5 menunjukkan data setting metering untuk pengujian relay distance distance. Perangkat ini bermerek Alsthom dan bertipe MiCOM P443. Nomor seri dari perangkat relay distance type Alsthom dengan merk MiCOM P443 adalah 33528787/12/15. Rasio Potential Transformer (PT) adalah 66/0,11 kV dan rasio Current Transformer (CT) adalah 400/5 amp. Panjang sirkit yang tercatat adalah 39,44 km. Data setting metering digunakan sebagai pengujian relay distance dengan hasil pengujian relay distance yang ditunjukan oleh tabel 6 dan 7 .

Tabel 4 Pengujian Metering relay distance

No.	Parameter	Fasa	Nilai Injek 1		Nilai Metering Relay distance		Error
			Magnitude	Sudut	Magnitude	Sudut	
1	ARUS	R	2,5 A	0	200,5 A	0,79	0,3%
		S	2,5 A	-120	200,4 A	-119,3	0,2%
		T	2,5 A	120	200,4 A	120,6	0,2%
2	TEGANGAN	R	63,509 V	0	38,05 kV	0	-0,1%
		S	63,509 V	-120	38,07 kV	-119,8	-0,1%
		T	63,509 V	120	38,08 kV	120,2	-0,1%

Sumber data: Rekomisioning relay distance GI Nganjuk,2023

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian *metering relay distance*. Parameter arus dan tegangan diuji pada tiga tahap R, S, T proses injeksi. Pada pengujian arus, nilai injeksi untuk setiap fasa pada sudut berbeda 0° untuk R, -120° untuk S, dan 120° untuk T dan untuk setting impedansi adalah 2,5 A untuk semua fasa R S T. Hasil pengukuran menunjukkan pembacaan semua fasa sangat mendekati 200,5 A, dengan error 0,2% hingga 0,3%. Menunjukkan akurasi yang sangat baik dalam pengukuran saat ini. Untuk pengujian tegangan, nilai injeksi tiap fasa sebesar 63,509 V dengan sudut yang sama dengan pengujian arus. Hasil pengukuran menunjukkan pembacaan sekitar 38 kV pada semua fasa, dengan error konstan sebesar -0,1% konsistensi kesalahan ini menunjukkan kestabilan pengukuran tegangan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian *relay distance* pengukuran menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan tingkat kesalahan yang tidak melebihi 0,3% untuk arus dan -0,1% untuk tegangan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengukuran bekerja secara akurat dan andal untuk pengukuran yang akurat dalam pengoperasian jaringan listrik.

Tabel 5 Pengujian Metering relay distance

Parameter	Fasa	Nilai Injek 1		Nilai Metering Relay distance		Error
		Magnitude	Sudut	Magnitude	Sudut	
ARUS	R	5A	180	401,5 A	0,79	0,4%
	S	5A	60	400,8 A	-119,9	0,2%
	T	5A	-60	401,2 A	120	0,3%
TEGANGAN	R	57,158 V	0	34,24 kV	0	-0,2%
	S	57,158 V	-120	34,27 kV	-119,8	-0,1%
	T	57,158 V	120	34,27 kV	120,2	-0,1%

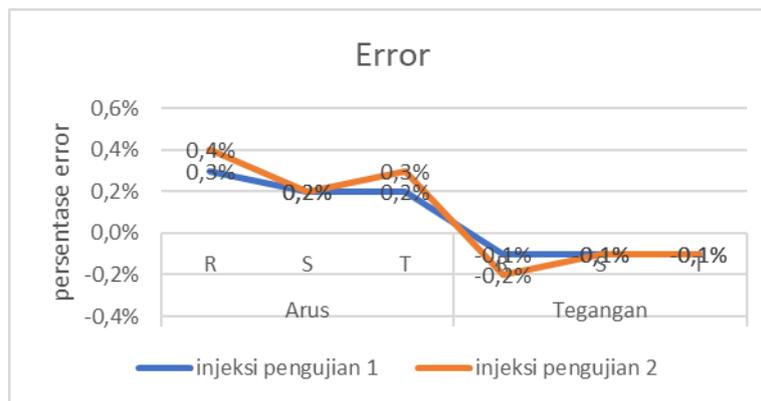
Sumber data: Rekomisioning relay distance GI Nganjuk,2023

Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian *relay distance* pengukuran untuk pengujian injeksi 2. Pengujian ini dilakukan untuk tiga fasa R, S, T parameter arus dan tegangan. Untuk pengujian arus, nilai arus yang di injektikan adalah 5A untuk setiap fase fasa R dengan sudut fasa 180°, untuk fasa S dengan sudut fasa 60°, sedangkan untuk fasa T dengan sudut fasa -60°. Hasil pengukuran menunjukkan pembacaan berkisar antara 400,8 A hingga 401,5 A di semua fasa. Kesalahan pengukuran arus bervariasi antara 0,2% dan 0,4%, dengan kesalahan terbesar terjadi pada fase R. Untuk pengujian tegangan, nilai tegangan yang diinjeksikan adalah 57,158 V pada setiap fasa dan sudutnya adalah R pada 0°, S pada -120°, dan T pada 120°. Hasil pengukuran menunjukkan nilai konstanta pengukuran sekitar 34,24kV hingga 34,27kV untuk semua fasa, kesalahan pengukuran tegangan antara -0,1% dan -0,2%.

Secara keseluruhan, hasil pengujian *relay distance* pengukuran pada pengujian injeksi 2 menunjukkan kinerja yang baik dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah. Kesalahan maksimum pengukuran arus adalah 0,4%, sedangkan kesalahan maksimum pengukuran tegangan adalah -0,2%. Konsistensi hasil pengukuran dan tingkat kesalahan

yang rendah menunjukkan bahwa sistem pengukuran beroperasi secara akurat dan andal untuk pengukuran yang akurat dalam pengoperasian jaringan listrik.

Dari tabel 6 dan tabel 7 dapat disimpulkan bahwa nilai *error* dari keduanya menghasilkan hasil uji yang dapat dikatakan “Bagus” sehingga *relay distance distance* berfungsi dengan normal. Jika nilai pada magnitudenya diubah tidak sesuai standart maka hasil erronya semakin besar yang melebihi 5% dan akan mempengaruhi kinerja *relay distance distance* maka tidak dapat dikatakan handal atau bagus, berikut grafik perbandingan dari hasil error injeksi pengujian 1 dan injeksi pengujian 2:



Gambar 2 hasil pengujian error

Pengujian Synchrocek

Tabel 6 Data Peralatan

Merk	: Alsthom
Type	: MiCOM P443
No.Serie	: 33528787/12/15
Main VT Loc	: Busbar
Rasio Main VT	: 66 / 0,11 kV
Rasio Sync VT	: 70 / 0,11 kV
Rasio CT	: 400 / 5 Amp

Tabel 8 menyajikan data tentang perangkat yang digunakan dalam sistem proteksi. Perangkat yang digunakan adalah tipe MiCOM P443 dan merk *Alsthom* 33528787/12/15. Trafo tegangan listrik terletak pada busbar, yang menunjukkan bahwa pengukuran tegangan listrik pada titik distribusi utama sistem. Rasio *Potential Transformer* (PT) adalah 66/0,11 kV. Artinya mengukur tegangan primer dari 66 kV turun menjadi 0,11 kV. Tegangan sinkron rasio 70/0,11 kV yang digunakan untuk tujuan sinkronisasi. Rasio *Current Transformer* (CT) adalah 400/5 amp. Ini berarti arus primer 400A diubah menjadi 5A untuk pengukuran dan perlindungan.

Tabel 7 Data Setting synchrocek

No	Setting	Nilai
1	Tegangan	6,50 V
2	Frekuensi	0,17 Hz
3	Sudut	20°
4	Tegangan Referensi	Phasa S

Tabel 9 menunjukkan data konfigurasi sistem proteksi. Tegangan yang diatur sebesar 6,50 V. Ini menentukan batas perbedaan tegangan yang diijinkan antara dua sistem yang disinkronkan. Frekuensi diatur ke 0,17Hz, yang merupakan batas perbedaan frekuensi yang dapat diterima. Sudut diatur ke 20°, menunjukkan perbedaan sudut fasa maksimum yang diperbolehkan antara kedua sistem. Tegangan referensi diatur ke fase S, Artinya fasa S digunakan sebagai acuan pengukuran dan sinkronisasi. Konfigurasi ini sangat penting dalam pengoperasian jaringan listrik, terutama dalam proses sinkronisasi dan penyambungan kembali jaringan. Batasan yang ditentukan untuk tegangan, frekuensi, dan sudut fasa memastikan bahwa ketika dua bagian sistem kelistrikan dihubungkan, Menggunakan fase S sebagai referensi memberikan titik referensi yang konsisten untuk semua pengukuran dan operasi sinkronisasi.

Tabel 8 Pengujian Synchrocek

Item Uji	Main VT Location Busbar Injeksi VR,VS,VT			VT Synchro Line Injeksi VS			Kriteria	Response Relay distance	Hasil Uji	
	R	S	T	R	S	T				
	Uji Synchro Δ Sudut									
	240	240	240	240	230	218	Synchro	Synchro	Ok	
	240	240	240	240	240	240	Not Synchro	Not Synchro	Ok	
	240	240	240	240	240	240	Not Synchro	Not Synchro	Ok	
	Uji Synchro Δ Tegangan									
	63,51	63,51	63,51	59,88	56,63	52,73	Synchro	Synchro	Ok	
	63,51	63,51	63,51	59,88	59,88	59,88	Synchro	Synchro	Ok	
	63,51	63,51	63,51	59,88	59,88	59,88	Not Synchro	Not Synchro	Ok	
	Uji Synchro Δ Frekuensi									
	50	50	50	50	49,92	49,81	Synchro	Synchro	Ok	
	50	50	50	50	50	50	Synchro	Synchro	Ok	
	50	50	50	50	50	50	Not Synchro	Not Synchro	Ok	
									Result	Ok

Sumber data: Rekomisioning relay distance GI Nganjuk,2023

Tabel 10 menunjukkan hasil pengujian *synchrocek* pada sistem tenaga listrik. Pengujian ini mencakup tiga parameter: sudut, tegangan, dan frekuensi. Untuk uji *synchro* sudut, terdapat tiga pengujian, Pada pengujian pertama, terdapat perbedaan sudut antara sisi R, S, T di Main VT (*Voltage Transformer*) dan VT *Synchro Line*, dengan nilai 240°, 240°, 240° dan 240°, 230°, 218°, Kondisi ini menghasilkan status "*Synchro*". Dua pengujian berikutnya menunjukkan sudut yang sama yaitu 240° di semua sisi, menghasilkan status "*Not Synchro*". Uji *synchro* tegangan juga memiliki tiga pengujian. Pengujian pertama dan kedua menunjukkan perbedaan tegangan antara Main VT dan VT *Synchro Line* dengan nilai 63,51V , 63,51V , 63,51V dan 59,88V , 56,63 V, 52,73V untuk pengujian pertama dan 63,51V , 63,51V , 63,51V dan 59,88V , 59,88V , 59,88V untuk pengujian kedua, keduanya menghasilkan status "*Synchro*". Pengujian ketiga dengan tegangan 63,51 V , 63,51V , 63,51V dan 59,88V , 59,88V , 59,88V menghasilkan status "*Not Synchro*". Untuk uji *synchro* frekuensi, terdapat tiga pengujian. Pengujian pertama menunjukkan perbedaan frekuensi kecil antara Main VT dan VT *Synchro Line*, dengan nilai 50Hz , 50Hz , 50Hz dan 50Hz , 49,92Hz , 49,81Hz dan 50Hz , 50Hz , 50Hz dan 50Hz , 50Hz , 50Hz untuk pengujian kedua , keduanya menghasilkan status "*Synchro*". Pengujian terakhir dengan frekuensi identik (50 Hz) di semua sisi menghasilkan status "*Not Synchro*". Dalam semua kasus, respons relay distance sesuai dengan kriteria yang ditetapkan, dan hasil uji dinyatakan "Ok" atau dinyatakan "bagus".

Ini menunjukkan bahwa sistem *synchrocek* berfungsi dengan baik, mampu mendeteksi kondisi sinkronisasi dan non-sinkronisasi dengan akurat untuk berbagai parameter sistem tenaga listrik. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan kinerja yang "bagus" atau "OK" dari sistem *synchrocek*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Hasil fasa-fasa menunjukkan bahwa *relay distance* beroperasi dengan akurasi tinggi, dengan kesalahan impedansi maksimum 0,61% pada zona 3 fasa T dan kesalahan impedansi minimum 0,33% pada zona 1 fasa R. Hasil fasa-ground Zona 1 pengujian dilakukan dengan kombinasi tiga fasa netral R,S,T menggunakan impedansi terukur konstan sebesar 1,846 Ω kesalahan pengukuran sebesar 0,33% menunjukkan akurasi yang sangat baik, waktu pengoperasian antara 15,3 ms dan 54,9 ms.
2. Hasil pengukuran metering 1 menunjukkan pembacaan semua fasa sangat mendekati 200,5 A, dengan error 0,2% hingga 0,3%. Menunjukkan akurasi yang sangat baik dalam pengukuran saat ini. Untuk pengujian tegangan , nilai injeksi tiap fasa sebesar 63,509 V dengan sudut yang sama dengan pengujian arus. Hasil pengukuran menunjukkan pembacaan sekitar 38 kV pada semua fasa, dengan error konstan sebesar -0,1%. Hasil pengukuran metering 2 menunjukkan

pembacaan berkisar antara 400,8 A hingga 401,5 A di semua fasa. Kesalahan pengukuran arus bervariasi antara 0,2% dan 0,4%, dengan kesalahan terbesar terjadi pada fase R.

3. Hasil pengujian *relay distance* pengukuran dan *relay distance* uji *synchrocek* terdapat perbedaan sudut antara sisi R, S, T di Main VT (*Voltage Transformer*) dan VT Synchro Line, dengan nilai 240°, 240°, 240° dan 240°, 230°, 218°. Kondisi ini menghasilkan status "*Synchro*".

Hasil pemeriksaan secara keseluruhan menunjukkan bahwa sistem proteksi dan sinkronisasi PLN Gardu Induk Nganjuk bekerja dengan baik, andal dan akurat untuk menjaga stabilitas jaringan listrik, *relay distance* yang telah di uji masih dalam kondisi yang baik karena menggunakan *relay distance* baru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adi Prastowo, I., & Johar Taufiq, A. (2019). Analisis Kinerja Sistem Proteksi *Transformator* Tenaga Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150KV Kalibakal. In Hal (Vol. 1, Issue 2). [Http://Jurnalnasional.Ump.Ac.Id/Index.Php/JRRE](http://Jurnalnasional.Ump.Ac.Id/Index.Php/JRRE).
- [2] Agustiani, M., & Abdi Bangsa, I. (2022). *GENERATOR DI PLTSA BANTARGEBAK* (Vol. 49). www.jurnalteknik@unisla.ac.id/index.php/elektronika.
- [3] Anggi, M., Nasution, A., Anisah, S., & Alam, H. (2024). Analisis Kinerja *Relay Distance* Sebagai Penghantar 150 Kv Gi Paya Geli *Performance Analysis Of Distance Relays As A Conduct For 150 Kv Gi Paya Geli*. *Journal Of Information Technology And Computer Science (INTECOMS)*, 7(1).
- [4] Ardianto, N. L. (2017). Analisis Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti. In *Jom FTEKNIK* (Vol. 4, Issue 1).
- [5] Buku manual PLN "Automatic Relay Test System"
- [6] Hidayatullah, K., Hartati, R. S., & Sukerayasa, I. W. (2019). Analisis Penentuan *Setting Distance Relay* Penghantar Sutt 150 Kv Gis Pesanggaran-Gi Pemecutan Kelod. In *Jurnal Spektrum* (Vol. 6, Issue 1).
- [7] Ilyas, I., Setiawan, M. F., & Sugeng, U. M. (2022). *Analisis Penggantian Distance Relay Dengan Line Current Differential Relay Pada Penghantar Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 Kv*.
- [8] Buku manual PLN sub-bab "Proteksi dan Kontrol Penghantar"
- [9] Burhan Mursalin,. (2018) Studi Gangguan dan Kinerja Sistem Proteksi Trafo Tenaga Pada Gis dan Gardu Induk Konvensional 150 KV Bontoala. Karya Ilmiah Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Padang, Makassar.
- [10] Nengah Sunaya, I., Gede, D. I., & Widharma, S. (2020). *30 I Nengah Sunaya 1 Dan I Gede Suputra Widharma 2 Analisis Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Terhadap Keandalan Sistem*. 3(1).
- [11] Sungkowo, H., Setiawan, A., Indra Kurniawan, B., Enka Putra Pradana, E., Dwi Lestari, R., Dwi Teguh Setyawan, A., Teknik Elektro, J., Negeri Malang Jalan Soekarno Hatta No, P., Malang, K., & Timur, J. (2022). Analisis Pengujian *Relay* Proteksi Menggunakan *Relay Testing Unit Tipe Pte-100-C Plus*.

- [12] Wiharja, U., & Hartono, D. S. (2020). Jurnal Ilmiah. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 8(1).
- [13] Zainuddin, M., & Suherman, D. (2013). *RADIAL-Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo* Volume 1 No. 2 Setting Koordinasi Proteksi *Distance Relay* Pada Saluran Transmisi 150 KV Gardu Induk Isimu Ke Gardu Induk Botupingge PT. PLN (Persero) Sistem Gorontalo.
- [14] Buku standar PT Persero PLN sub bab "Pola Proteksi Saluran Transmisi" bagian Tegangan tinggi 66 kV dan 150 kV
- [15] Buku standar PT Persero PLN sub bab "Pola Proteksi Transfprmtor Tenaga" bagian 1 Interbus 500/150 kV, 275/150 kV, 150/66 kV, 150/20, 66/20 kV
- [16] Prasetya, H., Sunaryantiningsih, I., & Yuniahastuti, I. T. (2024). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung Lab Terpadu Universitas PGRI Madiun (Vol. 4, Issue 2).