

# Optimalisasi Relai OCR dan GFR dalam Meminimalisir *Sympathetic Trip* Penyulang 20 kV

Teguh Rahayu Slamet<sup>1</sup>, Liliana<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Alamat: Jl. HR. Soebrantas No.155 Panam, Pekanbaru  
<sup>1</sup>theguh.az5@gmail.com, <sup>2</sup>liliana@uin-suska.ac.id

## Abstrak

Suatu sistem tenaga listrik tidak terlepas dari berbagai macam gangguan, salah satunya gangguan hubung singkat. Untuk melindungi sistem dari dampak buruk hubung singkat diperlukan alat proteksi berupa relai. Tidak menutup kemungkinan suatu relai mengalami kesalahan dalam bekerja. Suatu istilah yang umum digunakan dalam menggambarkan kesalahan relai dalam bekerja yaitu *sympathetic trip*. *Sympathetic Trip* adalah bekerjanya relai pada penyulang yang sehat saat terjadi gangguan hubung singkat pada penyulang yang lain. Hal ini mengakibatkan pemadaman yang tidak perlu untuk penyulang yang sehat. Dalam penelitian ini akan dilakukan optimalisasi kinerja relai berdasarkan setting terpasang saat ini. Metode yang dilakukan dengan merubah variasi antara beban motor dengan beban statis, kemudian diberi gangguan hubung singkat. Skala variasi dari kedua jenis beban antara 0% sampai 100%. Simulasi ini dilakukan dengan software ETAP guna menganalisis kinerja relai saat ini. Hasil yang didapat *sympathetic trip* dapat terjadi pada variasi beban motor  $\geq 30\%$ . Maka setting relai optimal yang didapat yaitu  $TMS = 0,26$ ,  $PS = 0,6086$  dengan kurva inverse.

**Kata kunci:** Optimalisasi, Aliran Daya, Hubung Singkat, Relai, *Sympathetic trip*.

## Abstract

An electric power system is inseparable from various kinds of disturbances, one of which is a short circuit. To protect the system from the bad effects of a short circuit, a protection device in the form of a relay is needed. It is possible for a relay to experience errors in operation. A term commonly used in describing relay errors in operation is *sympathetic trips*. *Sympathetic Trip* is the operation of the relay in healthy feeders when there is a short circuit failure in other feeders. This results in unnecessary blackouts for healthy feeders. In this research, the relay performance will be optimized based on the currently installed settings. The method is done by changing the variation between the motor load and the static load, then given a short circuit fault. The scale of variation of the two types of loads is between 0% and 100%. This simulation is carried out with ETAP software to analyze the current performance of the relay. The results obtained by *sympathetic trip* can occur at variations in motor load  $> 30\%$ . Then the optimal relay setting obtained is  $TMS = 0.26$ ,  $PS = 0.6086$  with an inverse curve.

**Keywords:** Optimization, Power Flow, Short Circuit, Relay, *Sympathetic trip*.

## 1. Pendahuluan

Gardu Induk Teluk Lembu merupakan salah satu gardu induk yang melayani kelistrikan di Kota Pekanbaru. Gardu Induk Teluk Lembu memiliki tiga unit transformator distribusi 20 kV dengan kapasitas masing-masing 60 MVA. Masing-masing transformator distribusi di GI Teluk Lembu memiliki penyulang 20 kV. Pada unit 1 memiliki 6 penyulang, yaitu Penyulang Surian, Cemara, Mahoni, Cendana dan Jati. Pada unit 2 memiliki 8 penyulang, yaitu Penyulang Pinus, Bakau, Rengas, Sungkai, Ketapang, Ubar, Kuras dan Akasia. Pada unit 3 memiliki 8 penyulang, yaitu penyulang Rotan, Pinang, Damar, Merbau, Kulim, Meranti, Sengon dan Ramin [1].

Dari ketiga unit transformator distribusi, unit 2 mengalami pembebanan tertinggi yaitu mencapai 75,46% untuk pembebanan rata-rata. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pembebanan pada unit 2 telah mendekati pembebanan maksimal. Batas pembebanan transformator dengan suhu lingkungan 30<sup>o</sup> C adalah 90%[2][3]. Mengingat masalah pembebanan berlebih pada transformator dapat mempersingkat usia transformator[4][5]. Oleh karena itu, pihak Gardu Induk Teluk Lembu perlu menjaga batas-batas pembebanan pada transformator. Untuk menjaga batas-batas pembebanan pada transformator, pihak GI telah melakukan interkoneksi pembangkit tambahan pada transformator unit 2.

Dalam interkoneksi unit pembangkit tentunya dapat memberikan beberapa dampak positif dan negatif terhadap sistem. Terlepas dari dampak positif, salah satu dampak negatif

adalah meningkatnya arus gangguan hubung singkat[5][6]. Besar kecilnya arus hubung singkat perlu diketahui untuk menentukan *setting* relai proteksi yang tepat.

Dalam interkoneksi unit pembangkit tentunya dapat memberikan beberapa dampak positif dan negatif terhadap sistem. Terlepas dari dampak positif, salah satu dampak negatif adalah meningkatnya arus gangguan hubung singkat[6][7]. Besar kecilnya arus hubung singkat perlu diketahui untuk menentukan *setting* relai proteksi yang tepat.

Dalam bekerja, suatu relai dapat mengalami kesalahan respon yang disebut *sympathetic trip*. *Sympathetic trip* adalah terganggunya penyulang sehat saat terjadi gangguan hubung singkat pada penyulang lain, yang mengakibatkan pemutus tenaga (PMT) penyulang sehat ikut *trip* (putus)[8][9]. *Sympathetic trip* biasanya terjadi pada kondisi beban tak seimbang atau beban tinggi, jenis beban yang dilayani oleh penyulang distribusi, adanya sumber baru dan arus hubung singkat yang terlalu besar[10][11].

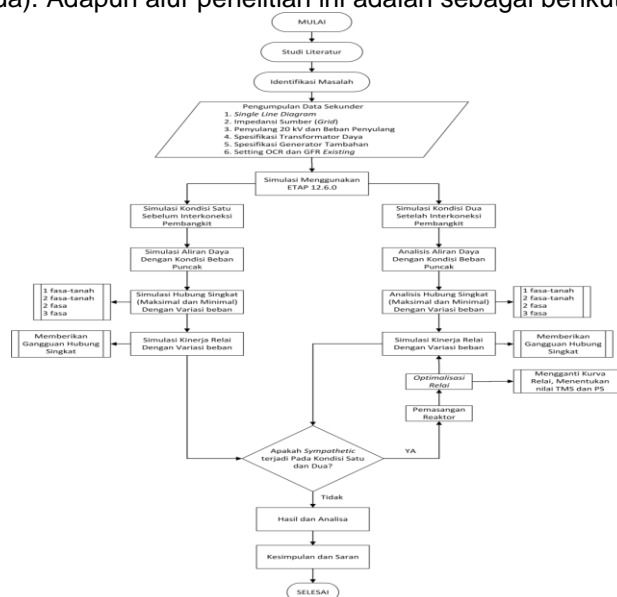
Sejauh ini, solusi dalam penanganan *sympathetic trip* dengan menaikkan waktu respon relai[12],[9]. Selanjutnya memperkecil arus gangguan hubung singkat dengan penambahan impedansi pada jaringan[13],[14]. Berikutnya yaitu dengan pemasangan relai *directional*/berarah, relai direksional ini sangat cocok untuk sistem paralel atau dua sumber pembangkit[15]. Metode lain yang digunakan adalah metode transformasi gelombang diskrit[16].

Paper ini membahas optimalisasi relai arus lebih dan relai gangguan tanah dalam meminimalisir *sympathetic trip*. Metode optimalisasi dilakukan dengan mempertimbangkan kinerja sistem dalam kondisi terbaik. Adapun langkah langkah yang dilakukan adalah memperkecil arus gangguan hubung singkat dengan pemasangan reaktor pembatas arus. Pengujian kinerja relai dilakukan dengan memvariasikan antara beban statis dengan beban motor.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada penyulang 20 kV di PT.PLN (PERSERO) Gardu Induk Teluk Lembu yang beralamat di Jl. Tanjung Datuk No.340 Kec. Lima Puluh, Pekanbaru Riau. Gardu Induk Teluk Lembu (GITL) memiliki 3-unit transformator distribusi masing-masing berkapasitas 60 MVA. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi kinerja relai dengan memberikan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, 2 fasa ketanah, fasa ke fasa dan 3 fasa. Dalam memberikan gangguan hubung singkat dilakukan perubahan variasi beban motor dengan statis.

Tujuan memberikan variasi pembebanan adalah untuk mewakili kondisi sebenarnya dilapangan bahwa sistem selalu mengalami perubahan pembebanan. Perubahan tersebut mencakup besar kecilnya beban dan perbandingan antara jenis beban motor dan statis. Pada penelitian ini dilakukan variasi pembebanan pada jenis beban saja. Sedangkan besarnya pembebanan konstan berdasarkan pembebanan rata-rata jaringan/penyulang saat ini. Dalam penelitian ini dilakukan analisis sebelum (kondisi satu) dan setelah interkoneksi pembangkit tambahan (kondisi dua). Adapun alur penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Simulasi Aliran Daya

Tabel 1. Hasil Simulasi Aliran Daya

	Transformator Unit 2			Penyulang 20kV	KHA	Arus Beban	Tegangan	
	Arus Nominal	Arus Beban	Persentase pembebanan				Pangkal	Ujung
Sebelum Interkoneksi Pembangkit Tambahan	1732 Amper	1307.1 Amper	75.46 %	P. Bakau	585 Amper	213 Amper	20.27 kV	19.8 kV
				P. Regas	585 Amper	190 Amper	20.27 kV	19.9 kV
				P. Sungkai	585 Amper	160 Amper	20.27 kV	19.8 kV
				P. Ketapang	585 Amper	155 Amper	20.27 kV	19.8 kV
				P. Ubar	585 Amper	125 Amper	20.27 kV	19.9 kV
				P. Kuran	585 Amper	165 Amper	20.27 kV	19.9 kV
				P. Akasia	585 Amper	214 Amper	20.27 kV	19.9 kV
				P. Pinus	585 Amper	115 Amper	20.27 kV	19.8 kV
Sebelum Interkoneksi Pembangkit Tambahan	1732 Amper	1059.2 Amper	75.46 %	P. Bakau	585 Amper	213 Amper	20.266 kV	20 kV
				P. Regas	585 Amper	190 Amper	20.266 kV	20 kV
				P. Sungkai	585 Amper	160 Amper	20.266 kV	19.8 kV
				P. Ketapang	585 Amper	155 Amper	20.266 kV	19.8 kV
				P. Ubar	585 Amper	125 Amper	20.266 kV	19.9 kV
				P. Kuran	585 Amper	165 Amper	20.266 kV	19.9 kV
				P. Akasia	585 Amper	214 Amper	20.266 kV	19.9 kV
				P. Pinus	585 Amper	115 Amper	20.266 kV	19.8 kV

Pada tabel 1 di atas terlihat jelas perbedaan kondisi pembebanan transformator sebelum dan setelah interkoneksi pembangkit. Kondisi sebelum interkoneksi pembangkit, transformator terbebani sebesar 75,46 %. Setelah interkoneksi pembangkit, pembebanan pada transformator menurun menjadi 62,11%. Hal ini menunjukkan bahwa pembangkit dapat memberikan suplai daya disamping kemampuan transformator.

#### 3.2. Hasil Simulasi Hubung Singkat

Tabel 2. Hasil Simulasi Hubung Singkat

	Penyulang 20 kV	Hubung Singkat 3 Fasa		Tegangan 20 kV				
		Maksimal	Minimal	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	
				Bus 1	Bus 2	Bus 3	Bus 4	
Sebelum pemasangan reaktor	P. Bakau	16.2 kA	8.13 kA	20.042 kV	19.79 kV	19.34 kV	19.68 kV	
	P. Regas	16.2 kA	7.62 kA	20.042 kV	19.77 kV	19.45 kV	19.75 kV	
	P. Sungkai	16.2 kA	5.58 kA	20.042 kV	19.67 kV	19.49 kV	19.08 kV	
	P. Ketapang	16.2 kA	4.92 kA	20.042 kV	19.63 kV	19.56 kV	19.48 kV	
	P. Ubar	16.2 kA	4.92 kA	20.042 kV	19.70 kV	19.68 kV	19.62 kV	
	P. Kuran	16.2 kA	5.86 kA	20.042 kV	19.70 kV	-	-	
	P. Akasia	16.2 kA	7.62 kA	20.042 kV	19.76 kV	19.10 kV	19.68 kV	
	P. Pinus	16.2 kA	3.5 kA	20.042 kV	19.43 kV	-	-	
Sebelum pemasangan reaktor	Penyulang 20 kV	Hubung Singkat 3 Fasa		Tegangan 20 kV				
		Maksimal	Minimal	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	
				Bus 1	Bus 2	Bus 3	Bus 4	
		P. Bakau	10.81kA	6.53 kA	19.95 kV	19.70 kV	19.26 kV	19.59 kV
		P. Regas	10.81kA	6.2 kA	19.95 kV	19.67 kV	19.31 kV	19.65 kV
		P. Sungkai	10.81kA	4.79 kA	19.95 kV	19.61 kV	19.42 kV	19.07 kV
		P. Ketapang	10.81kA	4.3 kA	19.95 kV	19.56 kV	19.50 kV	19.42 kV
		P. Ubar	10.81kA	4.3 kA	19.95 kV	19.65 kV	19.63 kV	19.57 kV
P. Kuran	10.81kA	4.9 kA	19.95 kV	19.63 kV	-	-		
P. Akasia	10.81kA	6.36 kA	19.95 kV	19.66 kV	19.09 kV	19.58 kV		
P. Pinus	10.81kA	3.2 kA	19.95 kV	19.38 kV	-	-		

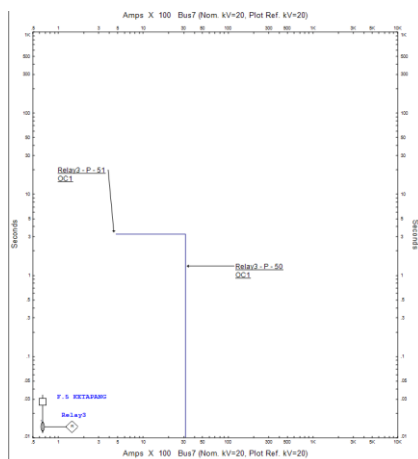
Dikarenakan pemasangan reaktor ditujukan untuk membatasi arus gangguan hubung singkat terbesar, yaitu pada gangguan 3 fasa. Pada tabel 2 terlihat bahwa arus hubung singkat menurun dari 16,2 kA menjadi 10,81 kA. Dengan arus hubung singkat 10 kA efek denyutan yang dirasakan penyulang sehat akan berkurang. Hal ini tentunya dapat mengurangi terganggunya relai pada penyulang sehat. Selain berkurangnya arus gangguan, dampak negatif dari pemasangan reaktor adalah jatuh tegangan. Data yang ditampilkan adalah data tegangan pada bus *section*. Setiap penyulang memiliki *section* yang berbeda-beda, sehingga

jumlah bus *section* juga berbeda. Misalnya pada Penyulang Bakau, yang terdiri dari 4 *section* dengan 5 bus. Pada Penyulang Bakau, tegangan terendah terjadi pada bus 3. Tegangan pada bus 3 sebelum pemasangan reaktor adalah 19,34 kV dan 19,26 setelah pemasangan reaktor. Hasil yang didapat tegangan terendah pada ujung penyulang adalah 19 kV. Ini merupakan tegangan distribusi dalam batas rentang yang dizinkan  $10\% > V > 5\%$ .

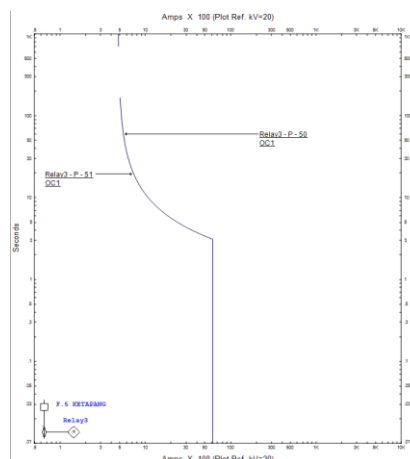
### 3.2 Optimalisasi Setting Relai

Tabel 3. Perbandingan Setting Relai

Setting Awal Relai		Setting Optimal Relai	
CT	: 800/5 A	CT	: 800/5 A
InCT sekunder	: 5 A	InCT sekunder	: 5 A
<b>OCR</b>		<b>OCR</b>	
Iset Primer	: 480 A	Iset Primer	: 486 A
Iset Sekunder	: 3 A	Iset Sekunder	: 3,043 A
Tap Setting	: 0,6 x InCT sek	Tap Setting	: 0,6086 x InCT sek
TMS	: 0,200 definite	TMS	: 0,26 normal inverse
<b>Momen/High set OCR</b>		<b>Momen/High set OCR</b>	
Iset Primer	: 3500 A	Iset Primer	: 3500 A
Iset Sekunder	: 21,875 A	Iset Sekunder	: 21,875 A
Tap Setting	: 4,375 x InCT sek	Tap Setting	: 4,375 x InCT sek
TMS	: 0 definite	TMS	: 0 inverse
<b>GFR</b>		<b>GFR</b>	
Iset Primer	: 28 A	Iset Primer	: 28 A
Iset Sekunder	: 0,175 A	Iset Sekunder	: 0,175 A
Tap Setting	: 0,035 x InCT sek	Tap Setting	: 0,035 x InCT sek
TMS	: 0,200 definite	TMS	: 0,200 definite
<b>Momen/High set GFR</b>		<b>Momen/High set GFR</b>	
Iset Primer	: 240 A	Iset Primer	: 196 A
Iset Sekunder	: 1,5 A	Iset Sekunder	: 1,225 A
Tap Setting	: 0,03 x InCT sek	Tap Setting	: 0,245 x InCT sek
TMS	: 0 definite	TMS	: 0 inverse



a. Kurva Definite (Eksisting)



b. Kurva Inverse (Setting Optimal)

Gambar 2. Perbandingan Kurva Sebelum Dan Setelah Setting Optimal

Pada kondisi awal (*setting existing*), kelemahan definite adalah sulit mengkoordinasikan secara paralel dalam satu bus. Apabila terjadi gangguan di satu penyulang, penyulang sehat dapat mengalami *sympathetic trip*. Padahal arus gangguan yang dirasakan oleh penyulang sehat nilainya lebih kecil dibandingkan arus gangguan pada penyulang yang terganggu. Kembali ke karakter *definite*, walaupun arus gangguan penyulang sehat kecil dan nilainya melewati batas pick-up maka relai akan bekerja. Bekerjanya relai sendiri waktunya konstan terlihat pada gambar 2 (a).

Pada kondisi dua (setelah setting optimal), karakteristik relai berubah dengan mengganti kurva definite menjadi kurva inverse. Pada gambar 2 (b) dapat dilihat bahwa waktu kerja relai dipengaruhi oleh nilai arus gangguan. Dengan kasus yang sama, apabila terjadi gangguan pada suatu penyulang, maka akan terjadi aliran arus gangguan pada penyulang sehat. Walaupun arus gangguan pada penyulang sehat melewati batas pick-up, relai penyulang

sehat tidak akan bekerja. Hal ini dikarenakan waktu kerja relai diperlambat dan saat gangguan hilang, relai kembali normal.

### 3.3 Hasil Simulasi Koordinasi Relai

Tabel 4. Hasil Simulasi Koordinasi Relai

Variasi Beban Motor dan Statis		Sympathetic Trip Pada Gangguan			
		1 Fasa ke Tanah	Fasa ke Fasa	2 Fasa ke Tanah	3 Fasa
Sebelum Optimalisasi Setting Relai	0 % Motor dan 100 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	10 % Motor dan 90 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	20 % Motor dan 80 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	30 % Motor dan 70 % Statis	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada
	40 % Motor dan 60 % Statis	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada
	50 % Motor dan 50 % Statis	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada
	60 % Motor dan 40 % Statis	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada
	70 % Motor dan 30 % Statis	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada
	80 % Motor dan 20 % Statis	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada
	90 % Motor dan 10 % Statis	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada
100 % Motor dan 0 % Statis	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada	
Variasi Beban Motor dan Statis		Sympathetic Trip Pada Gangguan			
		1 Fasa ke Tanah	Fasa ke Fasa	2 Fasa ke Tanah	3 Fasa
Setelah Optimalisasi Setting Relai	0 % Motor dan 100 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	10 % Motor dan 90 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	20 % Motor dan 80 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	30 % Motor dan 70 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	40 % Motor dan 60 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	50 % Motor dan 50 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	60 % Motor dan 40 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	70 % Motor dan 30 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	80 % Motor dan 20 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
	90 % Motor dan 10 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
100 % Motor dan 0 % Statis	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	

Pada tabel 3 terlihat jelas perbedaan kondisi sebelum dan setelah penerapan solusi. Pada kondisi awal, sympathetic trip dapat terjadi pada variasi beban motor >30%. Akan tetapi setelah pemasangan reaktor dan resetting relai, sympathetic trip tidak terjadi lagi pada variasi beban apapun. Hal ini menunjukkan bahwa setting relai telah berada pada setting yang optimal berdasarkan beberapa langkah yang telah dilakukan.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Optimalisasi Relai OCR dan GFR di Gardu Induk Teluk Lembu Dalam Meminimalisir *Sympathetic Trip* Penyulang 20 kV dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Simulasi aliran daya menunjukkan bahwa interkoneksi pembangkit dapat mengurangi tingkat pembebanan pada transformator unit dua. setelah interkoneksi, tingkat pembebanan menurun dari 75,46% menjadi 62,11%.
- 2) Kinerja Relai OCR dan GFR dengan setting kurva definite kurang optimal dengan adanya variasi beban dikarenakan terjadi sympathetic trip pada variasi beban motor > 30%.
- 3) Dikarenakan beban motor dapat berkontribusi terhadap arus gangguan, maka pemasangan reaktor harus dipertimbangkan. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi arus gangguan yang lebih besar saat beban motor meningkat.
- 4) Didapat *Setting* optimal relai yaitu TMS=0,26 dan PS = 0,6086 dengan kurva standar inverse. Dengan *setting* tersebut *sympathetic trip* tidak terjadi lagi dengan variasi beban motor sampai 100%.

### Daftar Pustaka

- [1] M. Syaiful, "Gardu Induk Kota Pekanbaru," 2019.
- [2] I. 60354, "Loading guide for oil-immersed power transformers," in *61010-1 © Iec:2001*, 2006, p. 13.
- [3] R. Sutjipto, A. D. Novfowan, and R. Duanaputri, "Studi Perencanaan Peningkatan Kinerja Trafo Distribusi Dengan Relokasi Antara 2 Buah Trafo," *J. Eltek*, vol. 17, no. 2, p. 69, 2019, doi: 10.33795/eltek.v17i2.161.

- [4] Kurniawan and Firdaus, "Studi Analisa Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Lingkungan Terhadap Susut Umur Tranformator Daya Pada Gardu Induk Garuda Sakti," *Jom FTEKNIK*, vol. 3, pp. 1–6, 2016.
- [5] D. Gardu, I. Lambaro, M. A. Muzar, and M. Syukri, "Analisis Pengaruh Suhu Akibat Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya Di Gardu Induk Lambaro," *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2018.
- [6] D. Y. Sukma, "Pengaruh Masuknya Penambahan Pembangkit Baru kedalam Jaringan 150 kV pada Kapasitas Circuit Breaker," vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [7] E. Yusuf and A. D. Mulyadi, "Kajian Interkoneksi PLTM Kumbi 1 . 300 KW pada Sistem Lombok," vol. 9, no. November, pp. 93–101, 2019.
- [8] A. Sharma and B. K. Panigrahi, "Interphase fault relaying scheme to mitigate sympathetic tripping in meshed distribution system," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 55, no. 1, pp. 850–857, 2019, doi: 10.1109/TIA.2018.2866263.
- [9] M. A. Auliq, "Simpatetik Trip Pmt Cell 20 Kv Pada Gardu Induk Lumajang," pp. 167–174, 2019.
- [10] V. Mariappan, M. R. Ahamed, and B. N. Al Thehli, "A comprehensive analysis and solution for sympathetic tripping in distribution network," *IET Conf. Publ.*, vol. 2013, no. 615 CP, pp. 10–13, 2013, doi: 10.1049/cp.2013.0912.
- [11] H. Sabra, D. K. Ibrahim, and M. Gilany, "Field experience with sympathetic tripping in distribution networks: problems and solutions," *J. Eng.*, vol. 2018, no. 15, pp. 1181–1185, 2018, doi: 10.1049/joe.2018.0146.
- [12] Y. Nakhoda, A. Krismanto, and M. Usmanto, "Analisa Koordinasi Rele Pengaman Transformator Pada Sistem Jaringan Kelistrikan di PLTD Buntok," *Elektrika*, vol. 1, no. 1, pp. 39–46, 2017.
- [13] E. S. Calmara, "Koordinasi Proteksi Sebagai Upaya Pencegahan Terjadinya Sympathetic Trip Di Kawasan Tursina, Pt. Pupuk Kaltim," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 135–141, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16066.
- [14] K. Shalih, D. Y. Sukma, and E. Ervianto, "Sebagai Pembatas Arus Hubung Singkat Di Pt . Pulp and Paper," vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2015, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/201996-analisis-penggunaan-reaktor-pembatas-arupdf>.
- [15] I. N. Upanayana, I. G. D. Arjana, and I. W. A. Wijaya, "Pemasangan DGR (Directional Ground Relay) untuk Mengatasi Gangguan Sympathetic Trip pada GIS Bandara Penyulang Ngurah Rai I dan Ngurah Rai II," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 2, p. 118, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i02p20.
- [16] R. J. N. De Alencar, A. M. D. Ferreira, L. G. Martins, and W. R. S. Furtado, "A New Methodology to Prevent Sympathetic Tripping in Distributed Generation Protection using Discrete Wavelet Transform," *2019 IEEE PES Conf. Innov. Smart Grid Technol. ISGT Lat. Am. 2019*, 2019, doi: 10.1109/ISGT-LA.2019.8895434.