

Pengaturan *Grouping* Proteksi Titik Kontingensi Peralatan *Switching* Untuk Menurunkan ENS

Ade Nafiarmen¹, Usaha Situmeang², Zulfahri³, Arlenny⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru

Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: electricfc52@gmail.com¹, usaha@unilak.ac.id², zulfahri@unilak.ac.id³, arlenny@unilak.ac.id⁴

ABSTRAK

Sistem distribusi merupakan bagian terpenting dalam proses penyaluran tenaga listrik, karena merupakan penghubung dari sumber ke konsumen. Gangguan yang mengalami pada sistem tenaga listrik 20 kV di Riau dapat mengakibatkan terputusnya penyaluran tenaga listrik kepada konsumen. Gangguan-gangguan tersebut mengakibatkan tingginya *Energy Not Supplied* (ENS), PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) Riau merupakan unit bagian dari PT PLN (Persero) Unit Induk Wilayah (UIW) Riau & Kepulauan Riau yang mengelola operasi sistem Distribusi 20 kV. Salah satu faktor yang mendapat perhatian adalah gangguan berulang dan lamanya durasi padam sehingga berdampak pada hilangnya potensi dalam penjualan tenaga listrik. Dari 118 penyulang terintegrasi SCADA ada 6 penyulang yang memiliki titik kontingensi pada peralatan *Switching*. Ke 6 penyulang tersebut mampu menurunkan nilai *Energy Not Supplied* (ENS) Penyulang Kontingensi di tahun 2017 sebesar 333.206 kWh sedangkan di tahun 2018 nilai ENS turun sebesar 24.892 kWh, dapat dikatakan Pengaturan *Grouping* Proteksi Titik Kontingensi Pada Peralatan *Switching* bekerja dengan baik sehingga saat mengalaminya gangguan, pemadaman baik pemadaman terencana maupun tidak terencana, pelanggan tidak mengalami padam dan ENS tidak terlalu besar.

Kata Kunci : SCADA, ENS (*Energy Not Supplied*), *Grouping* proteksi titik kontingensi.

ABSTRACT

The distribution system is the most important part in the process of distributing electricity, because it is a link from the source to the consumer. Disruptions that occur in the 20 kV electric power system in Riau can result in interruptions in the distribution of electricity to consumers. These disturbances resulted in a high Energy Not Supplied (ENS), PT PLN (Persero) Distribution Regulatory Implementation Unit (UP2D) Riau is a unit of PT PLN (Persero) Regional Main Unit (UIW) Riau & Riau Islands which manages distribution system operations 20 kV. One of the factors that have received attention is the repeated interruptions and the long duration of outages which have an impact on the potential lost in the sale of electricity. Of the 118 integrated SCADA feeders, there are 6 that have contingency points on the switching equipment. The 6 feeders were able to reduce the Energy Not Supplied (ENS) value of the Contingency Feeder in 2017 by 333,206 kWh while in 2018 the ENS value decreased by 24,892 kWh, it can be said that the Contingency Point Protection Grouping Arrangement on the Switching Equipment worked well so that when a disturbance occurred, blackouts both planned and unplanned, customers do not experience outages and ENS is not too big.

Keywords: SCADA, ENS (*Energy Not Supplied*), *Grouping* protection of contingency points.

1. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) Riau merupakan unit bagian dari PT PLN (Persero) Unit Induk Wilayah (UIW) Riau & Kepulauan Riau yang mengelola operasi sistem Distribusi 20 kV. Saat ini dari 4 Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) hanya 3 UP3 dengan penyulang keseluruhan 118 (terintegrasi SCADA) yang

terhubung ke dalam 1 sistem atau biasa disebut Sistem Riau Grid yang sekaligus menjadi ruang lingkup kerja PLN UP2D Riau meliputi PT PLN UP3 Pekanbaru dan PT PLN UP3 Dumai. Dilain sisi PT PLN UP3 Rengat yang secara topografi bersatu, namun secara sistem sebagian besar terpisah/*isolated* karena belum memiliki jalur transmisi yang bisa menghubungkan sistem kelistrikan UP3 Rengat keseluruhan dengan

Sistem Riau *Grid* kecuali 1 unit yaitu PT PLN Unit Layanan Pelayanan (ULP) Taluk Kuantan.

Dalam menjalankan misinya yang pertama, PT. PLN sangat memperhatikan faktor keandalan sistem Distribusi 20 kV [1]. Guna mewujudkan keandalan sistem yang tinggi dapat dilakukan dengan percepatan pemulihan dan meminimalisir segmen gangguan. Hal ini dapat diwujudkan dengan berbagai cara, diantaranya dengan memasang recloser, maupun dengan memanfaatkan teknologi *Supervisory Control and Data Aquisition* (SCADA) [2]–[7].

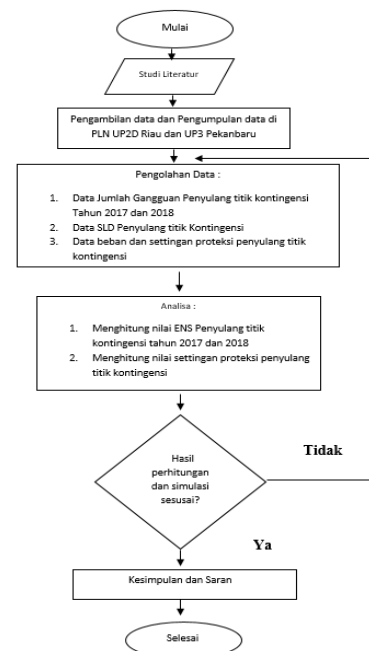
Banyak penelitian dilakukan pada saluran distribusi tenaga listrik [8]–[11]. Keandalan sistem Distribusi 20 kV diukur melalui beberapa *Key Performance Indikator* antara lain : Respon *Switching* pada Kesempatan Pertama, Keberhasilan *Remote Control*, Waktu Isolir Gangguan Penyulang dan *Ratio Energi Not Supplied* (ENS) [5], [12], [13]. Permasalahan yang terjadi pada saluran distribusi dapat berakibat pemadaman listrik ke pelanggan. Baik itu karena faktor gangguan, maupun dikarenakan adanya pemeliharaan jaringan. Selama mengalaminya pemadaman aliran listrik baik pemadaman terencana maupun pemadaman tidak terencana mengakibatkan terhentinya penjualan energi listrik di PLN, sehingga mengakibatkan tingginya energi yang tidak tersalurkan atau ENS.

Besarnya nilai ENS yang terjadi selama ini merupakan salah satu penyebab penyumbang tidak tercapainya kinerja penjualan energi listrik. Berbagai usaha yang dilakukan oleh PLN untuk selalu mendistribusikan energi listrik dan kepuasan pelanggan. Oleh karena itu perlu dilakukan langkah-langkah guna menurunkan ENS. Maka penulis menganalisis penting dan bergunanya evaluasi sistem proteksi pada titik kontingensi peralatan *switching* untuk menekan ENS pada Penyulang.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan atau langkah- langkah penyelesaian penelitian ini seperti terlihat pada diagram alir (*flowchart*) Gambar 1. Sementara PT. PLN UP2D Riau mempunyai wewenang mengatur tegangan di sisi 20 kV, manajemen energi dan menjaga sistem kelistrikan di seluruh UIW Riau. Untuk melakukan *grouping* kontingensi jaringan 20 kV dibutuhkan data dari UP2D Riau, yaitu : 1). Single line diagram

jaringan 20 kV, 2). Data parameter saluran distribusi. 3). Data *logsheet* Gangguan. 4). Data ENS tahun 2017 dan 2018



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

Perumusan Inisiatif Perbaikan

Dasar pemilihan inisiatif pengaturan titik kontingensi dengan menetapkan Standar Operasional Prosedur Grouping Proteksi Titik Kontingensi adalah sebagai berikut :

- Beberapa penyulang dengan tingkat kali dan lama gangguan yang mempengaruhi hilangnya potensi penjualan tenaga listrik / *Energy Not Sale* (ENS) tinggi memiliki titik kontingensi *motorised*.
- Penyulang yang memiliki titik kontingensi memenuhi syarat pengalihan beban : Feeder ataupun Transformator Daya (beda transformator) yang akan dibebani harus mampu memikul beban total pada jam beban puncak.
- Kebingungan petugas unit dalam mengambil keputusan proses manuver dapat ditangani oleh PLN UP2D Riau yang mempunyai kewenangan penuh dalam pengaturan sistem Distribusi 20 kV dan memiliki data-data teknis yang yang terintegritas serta *realtime*.
- Dengan membuat *grouping* proteksi di *switching* kontingensi yang terintegrasi SCADA dapat mempercepat proses manuver di penyulang kontingensi, yang dilakukan oleh dispatcher UP2D Riau hanya

dengan memindahkan posisi grouping proteksi di *switching* proses manuver sudah dapat dilakukan. Sehingga tidak membutuhkan waktu lama untuk menyetting proteksi di *switching*.

Inisiatif perbaikan yang dilaksanakan dan diangkat dalam *project assignment* ini terbatas kewenangan unit saja. Inisiatif-inisiatif perbaikan tersebut disusun dalam sebuah bagan dan rencana kerja seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Workplan project assignment grouping titik kontingensi

Initiative		Pengaturan grouping proteksi titik kontingensi untuk menurunkan ENS (Energy Not			Owner											
Team		Manager, Asman Operasi, Spv Pemeliharaan, Staff Pemeliharaan, Spv Operasi,			Leader											
		ZUL ILM			RONALD P. HUTHAEAN											
No	Activities	Deadline	PIC	Status	Timeline (weekly)									Status		
					3	4	1	2	3	4	1	2	3			
1	Praktisium dgn Mentor permasalahan unit yg akan dijadikan tema untuk Project Assignment	27/03/18	Spv Har	Plan												●
				Actual												
2	FGD mengenai gagal manuver di titik kontingensi penyulang	30/03/18	Spv Har	Plan												●
				Actual												
3	Memonitor event manuver (Kontingensi) baik melalui pemutus atau menjumper jardist	06/04/18	Spv Ops, Spv Ren Ev Ops	Plan												●
				Actual												
4	Design pola manuver dengan analisa beban per segmen	08/04/18	Spv Har & Spv Ren Ev	Plan												●
				Actual												
5	Validasi pola manuver titik grouping proteksi kontingensi yang telah di design dgn unit terkait	13/04/18	Spv Ops	Plan												●
				Actual												
6	Pembuatan Standar Operasi Prosedur Grouping Proteksi	20/04/18	Spv Har	Plan												●
				Actual												
7	Sosialisasi SOP Grouping Proteksi temadap Spv Operasi, Penyelia dan Dispatcher	20/04/18	Spv Har	Plan												●
				Actual												
8	Implementasi SOP Grouping Proteksi dalam pola operasi JTM 20 KV	22/05/18	Spv Har, Spv Ops	Plan												●
				Actual												
9	Analisa dampak SOP Grouping proteksi terhadap Gain Saving KWH dan rupiah	Setiap 2 minggu di	Spv Har	Plan												●
				Actual												

Keterangan:
● Aktivitas sesuai jadwal

Switching Grouping Proteksi Kontingensi

Penetapan *switching* untuk grouping proteksi kontingensi dan penyusunan SOP *grouping* proteksi kontingensi diselenggarakan dengan melakukan *Focus Group Discussion* (FGD). Sehingga diperoleh data-data yang valid, kendala-kendala dalam penerapan SOP serta pemecahan/solusi dari suatu permasalahan.

Sebelum ditetapkannya SOP *Grouping* Proteksi Kontingensi ada beberapa tahapan yang harus dilakukan guna memastikan *switching* kontingensi yang akan dibuatkan grouping proteksi ini tepat, sebagai berikut :

- Mengumpulkan data Single Line Diagram Jaringan Distribusi 20 kV dan pemutus (peralatan hubung) terpasang yang memenuhi syarat serumus infrastruktur dilakukannya proses manuver (dijadikan titik kontingensi). Mevalidasi SLD dengan komunikasi serumus lisan ke unit terkait.
- Melakukan pengecekan silang antara SLD yang didapat dengan pemutus-pemutus terintegrasi SCADA di Workstation.

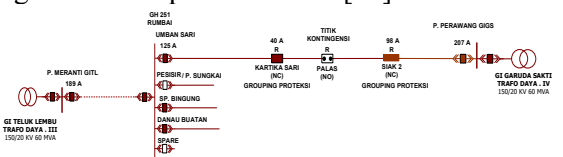
c. Menganalisa kemampuan peralatan-peralatan jaringan distribusi dalam menampung beban setelah dimanuver : Kuat Hantar Arus penghantar, Transformator Daya (kalau berbeda setelah dimanuver) dan skema proteksi setiap alat proteksi.

Dari analisa dan validasi SLD serta peralatan-peralatan jaringan Distribusi didapat data *switching* yang akan dibuatkan *Grouping* Proteksi Titik Kontingensi seperti pada tabel 2 sebagai berikut :

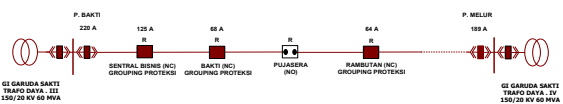
Tabel 2 *Switching Grouping* Proteksi Titik Kontingensi

No	Penyulang	Keypoint	Keterangan
1	P. Perawang - P. Meranti	Recloser Kartika Sari Recloser Siak 2	Dibuatkan Data Grouping Proteksi
	2	P. Bakti - P. Melur	Recloser Sentral Bisnis Recloser Bakti Recloser Rambutan
3		P. Anggur - P. Bacan	Recloser Km 48

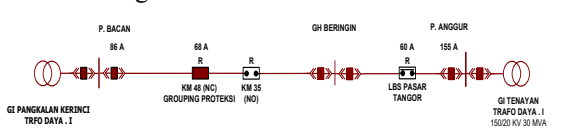
Pada tabel 2 dapat dilihat tahapan awal 6 (enam) *Switching* untuk Grouping Proteksi Titik Kontingensi dapat diimplementasikan. Grouping proteksi titik kontingensi pada P. Perawang GIGS – P. Meranti GITL, P. Bakti GIGS – P. Melur GIGS dan P. Anggur GIPP – P. Bacan GIPK memenuhi syarat teknis sehingga sebagian/seluruh segmen pada penyulang yang terganggu tersebut dapat dimanuver. Seperti terlihat pada SLD Gambar 2 - 4. Sementara data Grouping Proteksi keypoint pada Tabel 3-5 [14], [15]. Sedangkan data penghantar yang digunakan ada pada tabel 6-8 [16].



Gambar 2 Single Line Diagram Grouping Proteksi Titik kontingensi P.Meranti GITL - P.Perawang GIGS



Gambar 3 Single Line Diagram Grouping Proteksi Titik kontingensi P.Bakti GIGS – P.Melur GIGS



Gambar 4 Single Line Diagram Grouping Proteksi Titik kontingensi P.Bacan GIPK P.Anggur GITY

Tabel 3 Data *Grouping* Proteksi *Keypoint* P. Meranti GITL – P.Perawang GIGS

KEYPOINT	REC SIAK 2		REC KARTIKA SARI		
	P. PERAWANG GIGS		P. MERANTI GITL		
GROUP RELAY	SCHNEIDER NULEC		SCHNEIDER NULEC		
GROUP	A	B	A	B	C
I> (OCR)	250 A	370 A	100 A	200 A	250 A
Tms	0,05	0,08	0,01	0,05	0,01
Kurva	IEC SI	IEC SI	DT	IEC SI	DT
I>> (OCRI)	1000 A	1480 A	400 A	800	1000 A
t	0	0	0	0	0

Sumber : PT. PLN (Persero) UP2D Riau

Tabel 4 Data *Grouping* Proteksi *Keypoint* P.Bakti GIGS – P.Melur GIGS

KEYPOINT	REC SENTRAL BISNIS		REC BAKTI		REC RAMBUTAN		
	P. BAKTI GIGS		P. BAKTI GIGS		P. ADISUCIPTO GIGS		
GROUP RELAY	SCHNEIDER NULEC		SCHNEIDER NULEC		SCHNEIDER NULEC		
GROUP	A	B	A	B	A	B	C
I> (OCR)	280 A	350	200 A	250 A	150 A	250	300 A
Tms	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08
Kurva	IEC-SI	IEC SI	IEC SI	IEC SI	IEC SI	IEC SI	IEC SI
I>> (OCRI)	1120 A	1400	600 A	750 A	600 A	1000 A	1200 A
t	0	0	0	0	0	0	0

Sumber : PT. PLN (Persero) UP2D Riau

Tabel 5 Data *Grouping* Proteksi *Keypoint* P. Bacan GIPK – P. Anggur GITY

Key Point	Kec km 48	
	P. Bacan GIPK	
Group Relay	Schneider Nulec	
Group	A	B
I > (OCR)	150 A	300 A
Tms	0,05	0,08
Kurva	IEC SI	IEC SI
I >> (OCRI)	600 A	1.200 A
t	0	0

Sumber : PT. PLN (Persero) UP2D Riau

Tabel 6 Data Impedansi Sumber

Penyulang	MVAsc (MVA)	Imp %	Z _{S1} & Z _{S2} (pu)	Z _{S0} (pu)
Perawang	2.738,97	12,64	0,09125+ j0,36498	2,1461 + j8,5845
Bakti	2.738,97	12,08	0,09125+ j0,36498	2,1461 + j8,5845
Melur	2.738,97	12,64	0,09125+ j0,36498	2,1461 + j8,5845
Anggur	2.580,50	12,34	0,09125+ j0,36498	2,1461 + j8,5845
Bacan	1.696,07	12,06	0,09125+ j0,36498	2,1461 + j8,5845
Meranti	2.550,30	12,06	0,09125+ j0,36498	2,1461 + j8,5845

Tabel 7 Data Penyulang

Penyulang	Jenis Kondaktor (mm ²)	Panjang Saluran (km)	Transfo rimator (MVA)	Ratio CT	Arus Beban (A)
Perawang	AAAC 3 x 150	27,58	60	800/5	189
Bakti	AAAC 3 x 150	39,58	60	400/1	207
Melur	AAAC 3 x 150	96,55	60	800/5	220
Anggur	AAAC 3 x 150	64,31	30	400/5	120
Bacan	AAAC 3 x 150	53,76	60	800/1	189
Meranti	AAAC 3 x 150	35,17	60	400/5	155

Sumber : PT. PLN (Persero) UP2D Riau

Tabel 8 Data Tahanan dan reaktansi penghantar AAAC tegangan 20 kV

Luas Penampang	Impedansi Urutan Positif dan Negatif (Ohm/km)	Impedansi Urutan Nol (Ohm/km)
150 mm ²	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180

Sumber : SPLN 64 : Tahun 1985

Arus Gangguan 3 Fasa

Gangguan hubung singkat tiga Fasa termasuk ke dalam klasifikasi gangguan simetris, dimana arus maupun gangguan setiap Fasanya tetap seimbang setelah gangguan mengalami. Penyebab gangguan hubung singkat tiga Fasa ini antara lain gangguan yang diakibatkan surja petir yang menyambar ketiga kawat Fasa maupun pohon yang mengenai 3 kawat Fasa. Gangguan ini merupakan gangguan yang paling besar nilainya dibandingkan dengan gangguan-gangguan lainnya. Gangguan hubung singkat tiga Fasa termasuk dalam klasifikasi gangguan simetris, dimana arus maupun tegangan setiap Fasanya tetap seimbang setelah gangguan mengalami. Berikut merupakan rumus menghitung arus hubung singkat 3 Fasa [17], [18] :

$$I_{f3\phi} = \frac{Ea}{Z_{S1} + Z_{L1}} \quad (1)$$

Keterangan :

- I_{f3φ} = Arus gangguan tiga Fasa
- Ea = Tegangan jaringan
- Z_{S1} = Impedansi urutan positif sumber
- Z_{L1} = Impedansi urutan positif *line*

Arus Gangguan 2 Fasa

Pada gangguan hubung singkat Fasa ke Fasa, arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol dikarenakan tidak ada gangguan yang terhubung ke tanah. Berikut merupakan rumus menghitung arus hubung singkat 2 Fasa [19] :

$$I_{f2\phi} = \frac{\sqrt{3} \cdot Ea}{2 \cdot (Z_{S1} + Z_{L1})} \quad (2)$$

Keterangan :

- I_{f2φ} = Arus gangguan dua Fasa
- Ea = Tegangan jaringan
- Z_{S1} = Impedansi urutan positif sumber
- Z_{L1} = Impedansi urutan positif *line*

Arus gangguan 1 Fasa ke tanah

Gangguan hubung singkat satu Fasa ke tanah biasanya disebabkan oleh adanya sambaran petir, isolator pecah, benturan

mekanis, pohon yang menempel ke jaringan dan lain-lain. Berikut merupakan rumus menghitung arus hubung singkat 1 Fasa ke tanah [19]:

$$I_{f1\phi \text{ ke tanah}} = \frac{3 \cdot Ea}{2 \cdot (Z_{S1} + Z_{L1}) + Z_{S0} + Z_{L0}} \quad 3$$

Keterangan :

- $I_{f1\phi \text{ ke tanah}}$ = Arus gangguan tiga Fasa
- Ea = Tegangan jaringan
- Z_{S1} = Impedansi urutan positif sumber
- Z_{L1} = Impedansi urutan positif line
- Z_{S0} = Impedansi urutan nol sumber
- Z_{L0} = Impedansi urutan nol line

Energi Not Supplied (ENS)

Energi Not Supplied (ENS) adalah energy yang tidak tersalurkan akibat adanya pemadaman, baik pemadaman terencana maupun pemadaman tidak terencana. Selain SAIDI SAIFI, ENS juga merupakan salah satu indikator atau KPI di PT PLN (Persero). Semakin banyak ENS yang dihasilkan maka semakin besar pula kerugian yang diterima oleh PLN. Berikut merupakan rumus menghitung ENS pada penyulang [19]:

$$ENS = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \cdot t \quad (4)$$

Keterangan :

- V = Tegangan Jaringan
- I = Beban lepas (A)
- t = lama padam (jam)

Rele Proteksi

Satu perangkat adalah rele pengaman. Rele pengaman untuk jalur atau jaringan kontrol sistem catu daya ini dan perangkat kelistrikan dari kerusakan, kompensasi cepat dan mempertimbangkan sistem catu daya yang meningkatkan hasil keselamatan untuk sistem catu daya, keselamatan rele pengaman, masalah hubungan yang dimiliki : peka (*sensitive*), keandalan (*reliability*), kecepatan (*speed*), selektif (*selective*), dan ekonomis [20], [21].

Penyetelan Waktu Kerja Rele

Rele arus lebih adalah alat yang dapat merasakan adanya perilaku abnormal akibat gangguan hubung singkat pada jaringan. Rele arus berlebih memiliki pengaturan yang berbeda, yaitu:

- a. Rele waktu seketika.
- b. Rele arus lebih waktu tertentu.
- c. Rele arus lebih waktu terbalik.

Ada dua jenis pengaman pada relai arus lebih, yaitu proteksi hubung singkat dan pengaman sambungan bumi. Proteksi hubung singkat fasa yang dimaksud adalah ketika relai mendeteksi arus fasa, maka disebut juga relai fasa. Karena relai diberi energi oleh arus fasa, pengaturan arus harus lebih besar dari arus beban maksimum.

Saat mengatur relai arus lebih pada sisi primer dan sekunder transformator, arus pengenal transformator harus dihitung terlebih dahulu. Pengaturan saat ini untuk relai saat ini lebih baik di sisi primer dan sekunder dengan pengaturan default [22]:

$$I_{\text{Setting(Primer)}} = 1,05 \times I_{\text{Nominal Transformator}} \quad 5$$

Nilai ini merupakan nilai primer, sedangkan untuk mengatur arus gangguan hubung singkat, fasa pembumian diatur ke 10 persen x arus gangguan pembumian. Untuk mendapatkan nilai sekunder yang dapat disetting pada relai arus lebih maka harus dihitung dengan menggunakan rasio trafo arus yang dipasangkan pada trafo sisi primer dan sekunder dengan pengaturan default [22] :

$$I_{\text{Setting(Sekunder)}} = I_{\text{Setting(Primer)}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \quad 6$$

Kemudian untuk menentukan nilai setelan waktu (TMS) perlu diketahui nilai arus gangguan hubung singkat. Persamaan untuk menentukan nilai setelan waktu *normal inverse* adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{0,14 \times tms}{\left(\frac{I_{\text{Fault}}}{I_{\text{Set}}}\right)^{0,02} - 1} \quad 7$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai data (*logsheet*) gangguan selama tahun 2017 – 2018, pada penyulang Meranti GITL *Incoming* Meranti GH Rumbai. Dengan menggunakan persamaan (4) dapat diperoleh hasil seperti tabel 9 dan 10 pengelompokan titik kontigensi dan besar nilai *Energy Not Supplied* (ENS) untuk tahun 2017 dan 2018

Tabel 9 ENS berdasarkan gangguan penyulang grouping proteksi tahun 2017

TANGGAL	PENYULANG	NAMA PEMUTUS	A	CONTROL	INDIKASI	DURASI (DENT)	ENS (KWH)
05/01/2017	MERANTI	INC. MERANTI GH RUMBAL	270	T	OFF Inst	21,1	2.792
21/01/2017	MELUR	LBS AURI	22	L1	DILEPAS	269,5	2.906
21/01/2017	MERANTI	JRS UMBAN SARI GH RUMBAL	91	R	DILEPAS	290,5	12.956
29/01/2017	PERAWANG	REC KORAMIL MINAS	54	T	OFF Inst	19,3	512
11/02/2017	MERANTI	JRS UMBAN SARI GH RUMBAL	100	R	DILEPAS	158,8	7.782

21/02/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	181	T	NONE	28,0	2.484
25/02/2017	MELUR	LBS AURI	20	L	DILEPAS	112,2	1.099
26/02/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	183	T	GFR	90,0	8.073
07/03/2017	BAKTI	LBS PAUS	41	R	DILEPAS	224,1	4.503
08/03/2017	MERANTI	REC KARTIKA	30	T	GFR Inst	55,4	815
08/03/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	137	T	NONE	23,0	1.545
09/03/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	173	T	GFR	27,0	2.290
14/03/2017	MERANTI	JRS PESISIR_GH RUMBAI	49	LI	DILEPAS	31,3	752
14/03/2017	BACAN	REC LUBUK DALAM	45	L	DILEPAS	138,0	3.044
18/03/2017	MELUR	LBS AURI	38	LI	DILEPAS	62,9	1.172
22/03/2017	MELUR	LBS AURI	36	LI	DILEPAS	49,6	876
25/03/2017	BAKTI	REC BAKTI	99	R	DILEPAS	163,0	7.910
25/03/2017	MELUR	REC RAMBUTAN	54	R	DILEPAS	189,0	5.003
31/03/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	165	T	GFR Inst	184,0	14.056
07/04/2017	PERAWANG	LBS BINDU SEPADAN	50	L	DILEPAS	90,0	2.206
09/04/2017	PERAWANG	LBS SUROBOYO	168	LI	DILEPAS	126,0	10.378
12/04/2017	PERAWANG	LBS SIMP PERAWANG	49	R	DILEPAS	79,3	1.904
14/04/2017	PERAWANG	REC KORAMIL MINAS	25	T	GFR	232,5	2.850
20/04/2017	PERAWANG	REC KORAMIL MINAS	61	T	GFR	51,3	1.533
21/04/2017	PERAWANG	REC KORAMIL MINAS	56	T	GFR	256,8	7.049
21/04/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	128	T	OCR	134,5	8.441
26/04/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	86	T	OCR	81,3	3.426
27/04/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	217	T	GFR Inst	115,4	12.269
27/04/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	205	T	OCR	76,4	7.677
29/04/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	227	R	DILEPAS	219,4	24.410
01/05/2017	BACAN	LBS KM 35	18	L	DILEPAS	39,0	344
03/05/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	237	T	OCR GFR Inst	57,4	6.664
03/05/2017	PERAWANG	REC SIMP BINGUNG	154	R	DILEPAS	33,1	2.501
12/05/2017	MERANTI	INC MERANTI_GH RUMBAI	96	T	OCR	103,6	4.874
16/05/2017	BAKTI	INC TAMBUSAI_GH 119 BLEI	25	L	DILEPAS	198,0	2.426
16/05/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	159	T	GFR Inst	107,8	8.400
17/05/2017	PERAWANG	LBS SIMP PERAWANG	70	R	DILEPAS	51,4	1.764
27/05/2017	MERANTI	JRS PESISIR_GH RUMBAI	25	T	GFR INST	38,5	472
12/06/2017	PERAWANG	LBS BINDU SEPADAN	10	L	DILEPAS	115,0	564
14/06/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	154	T	GFR	123,7	9.334
17/06/2017	MERANTI	INC MERANTI_GH RUMBAI	170	T	GFR Inst	45,2	3.764
03/07/2017	MERANTI	INC MERANTI_GH RUMBAI	54	T	OCR GFR Inst	90,4	2.393
24/07/2017	PERAWANG	LBS SIMP PERAWANG	16	R	DILEPAS	87,0	682
28/07/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	170	T	OCR	73,2	6.097
23/08/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	140	R	DILEPAS	234,0	18.352
15/09/2017	BACAN	INC BACAN_GH BERINGEN	28	L	DILEPAS	45,0	618
20/09/2017	MERANTI	INC MERANTI_GH RUMBAI	210	T	NONE	33,0	3.397
25/09/2017	BACAN	LBS KM 48	40	T	NONE	163,0	3.196
03/10/2017	BACAN	LBS KM 48	10	L	DILEPAS	113,0	554
09/10/2017	BACAN	LBS KM 48	210	T	OCR	87,0	8.955
17/10/2017	BAKTI	REC BAKTI	53	R	DILEPAS	205,0	5.326
24/10/2017	BAKTI	REC BAKTI	59	R	DILEPAS	158,0	4.569
25/10/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	165	T	OCR GFR Inst	427,4	34.568
28/10/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	171	T	GFR	44,3	3.715
02/11/2017	PERAWANG	REC KORAMIL MINAS	32	T	OCR	136,0	2.133
07/11/2017	PERAWANG	REC KORAMIL MINAS	24	T	GFR Inst	43,5	512
07/11/2017	PERAWANG	REC SIAK 2	164	R	DILEPAS	33,8	2.717
11/12/2017	PERAWANG	LBS FAJAR	70	R	DILEPAS	280,8	9.635
11/12/2017	ANGGUR	LBS PASAR TANGOR	120	R	DILEPAS	228,3	13.426
11/12/2017	BACAN	REC KM 48	50	R	DILEPAS	199,6	4.893
24/12/2017	BACAN	REC KM 48	48	T	GFR Inst	117,0	2.753
TOTAL							332.206

Tabel 10 ENS berdasarkan gangguan penyulang grouping proteksi tahun 2018

TANGGAL	PENYULANG	NAMA PEMUTUS	A	CONTROL	INDIKASI	PENORMALAN (MENIT)	ENS (KWH)
16/01/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	126	R	DILEPAS	6,5	401
22/01/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	83	T	OCR	11,4	464
29/01/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	128	T	GFR	7,4	464
31/01/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	304	T	OCR	34,0	5.066
03/02/2018	MELUR	REC RAMBUTAN	50	R	DILEPAS	5,7	140
05/02/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	165	T	OCR	8,9	720
07/02/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	131	T	GFR	15,1	25
08/02/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	69	T	OCR GFR	12,1	409
21/02/2018	ANGGUR	REC BADAQ	185	T	OCR	12,0	1.088
22/02/2018	MELUR	REC RAMBUTAN	62	R	DILEPAS	7,8	237
02/03/2018	ANGGUR	REC BADAQ	106	R	DILEPAS	8,9	462
03/03/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	151	T	GFR	7,1	526
09/03/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	135	T	GFR	7,9	523
09/03/2018	ANGGUR	LBS PASAR TANGOR	90	R	DILEPAS	9,1	402
12/03/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	132	R	DILEPAS	7,0	453
15/03/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	150	R	DILEPAS	12,6	928
20/03/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	208	T	GFR	9,4	958
12/04/2018	MERANTI	REC KARTIKA SARI	35	T	OCR	17,4	298
14/04/2018	MERANTI	LBS PALAS	69	R	DILEPAS	6,7	227
28/04/2018	MELUR	REC RAMBUTAN	60	R	DILEPAS	12,1	356
13/06/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	75	R	DILEPAS	11,0	404
28/07/2018	MELUR	REC RAMBUTAN	60	R	DILEPAS	5,0	147
30/07/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	100	R	DILEPAS	31,0	1.520
31/07/2018	MERANTI	REC KARTIKA SARI	26	T	GFR	8,7	111
31/07/2018	PERAWANG	LBS KARTIKA SARI	35	R	DILEPAS	7,0	120
15/08/2018	MERANTI	REC KFC	38	R	DILEPAS	13,7	255
16/08/2018	PERAWANG	REC SIMP PERAWANG	77	T	GFR	6,8	257
28/08/2018	ANGGUR	REC PASAR TANGOR	62	R	DILEPAS	10,9	331
30/08/2018	MELUR	LBS SD INPRES	70	R	DILEPAS	5,0	172
20/09/2018	BACAN	REC KM 48	60	R	DILEPAS	35,1	1.034
02/10/2018	BAKTI	REC BAKTI	65	R	DILEPAS	9,8	312
12/10/2018	BACAN	REC KM 48	43	R	DILEPAS	21,0	443
17/10/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	92	R	DILEPAS	6,0	271
26/10/2018	MELUR	REC RAMBUTAN	73	R	DILEPAS	27,0	966
26/10/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	100	R	DILEPAS	17,0	833
14/11/2018	PERAWANG	REC SIAK 2	124	R	DILEPAS	15,0	912
08/12/2018	MELUR	REC RAMBUTAN	53	R	DILEPAS	5,0	130
10/12/2018	ANGGUR	LBS PASIR PUTHI	58	T	DILEPAS	31,0	881
14/12/2018	ANGGUR	REC SIMP MAREBAN	45	T	GFR INST	15,0	331
18/12/2018	ANGGUR	REC SIMP MAREBAN	53	T	GFR INST	10,9	283
19/12/2018	BACAN	REC KM 48	19	T	GFR INST	9,4	88
TOTAL							24.892

Dari Tabel 9 dan 10 Nilai *Energy Not Supplied (ENS)* Penyulang Kontingensi di tahun 2017 sebesar 333.206 kWh sedangkan di tahun

2018 nilai ENS turun sebesar 24.892 kWh, atau mengalami penurunan sebesar 92,53 persen.

Perhitungan Arus Hubung Singkat

Data hasil perhitungan arus hubung singkat penyulang kontingensi berdasarkan hasil pengumpulan data yang telah dilakukan selama observasi dapat digunakan ketika dalam proses manuver titik gangguan, sehingga dapat mempermudah dalam melokalisir titik gangguan. Maka dilakukan perhitungan untuk mencari arus hubung singkat dengan data untuk Penyulang Perawang, panjang jaringan 27,5835 km dan I_{base} 1732,05 A, sebagai berikut :

Arus Hubung Singkat 3 Fasa

$$I_{hs} (3 \text{ Fasa}) = \frac{V}{(Z_{s1} + Z_{L1})}$$

$$I_{hs} (3 \text{ Fasa}) = \frac{20}{0,98495 + j1,8528}$$

$$I_{hs} (3 \text{ Fasa}) = \frac{20}{2,0983 \angle 62,0048}$$

$$I_{hs} (3 \text{ Fasa}) = 0,4766 \times 1732,05 \text{ A} = 825,429 \text{ A}$$

untuk 27,5835 km

Arus Hubung Singkat 2 Fasa

$$I_{hs} (L-L) = \frac{\sqrt{3} \times V}{2 \times (Z_{s1} + Z_{L1})}$$

$$I_{hs} (L-L) = \frac{\sqrt{3} \times 20}{1,969 + j 3,7057}$$

$$I_{hs} (L-L) = \frac{\sqrt{3} \times 20}{4,1967 \angle 62,016}$$

$$I_{hs} (L-L) = 0,4127 \times 1732,05 \text{ A} = 714,843 \text{ A}$$

untuk 27,5835 km

Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke tanah

$$I_{hs} (L-G) = \frac{3 \times V}{2 \times (Z_{s1} + Z_{L1}) + Z_{S0} + Z_{L0}}$$

$$I_{hs} (L-G) = \frac{3 \times 20}{5,5526 + j 19,1082}$$

$$I_{hs} (L-G) = \frac{19,8986 \angle 73,80}{39,585}$$

$$I_{hs} (L-G) = 0,1508 \times 1732,05 = 261,131 \text{ A}$$

untuk 27,5835 km

Arus hubung singkat dengan per jarak gangguan pada Tabel 11 untuk data Penyulang Perawang GIGS, dan Tabel 12 untuk Penyulang Meranti GITL, dengan panjang jaringan 35,175 km dan I_{base} 1732,05 A. Sementara Tabel 13 merupakan hasil arus hubung singkat pada Penyulang Bakti GIGS, dengan panjang jaringan 39,585 km dan I_{base} 1732,05 A. Tabel 14 adalah untuk Penyulang Melur GIGS, dengan panjang

jaringan 96,5475 km dan I_{base} 1732,05 A. Sedangkan Tabel 15 merupakan Penyulang Anggur GITY, dengan panjang jaringan 64,3125 km dan I_{base} 866,03 A. Tabel 16 untuk data Penyulang Bacan GIPK, dengan panjang jaringan 53,76 km dan I_{base} 1732,05 A.

Tabel 11 Hasil Penyulang Perawang GIGS

Zona	Panjang Jaringan (km)	Perhitungan Arus Hubung Singkat		
		Arus HS 3 Fasa (A)	Arus HS 2 Fasa (A)	Arus HS 1 Fasa-tanah (A)
Garuda Sakti -Air Hitam (AKAP)	2,75	3183,474	2756,969	488,976
	5,51	2422,335	2097,804	445,783
	8,27	1952,609	1691,009	409,590
AKAP – Recloser Siak 2	11	1637,535	1418,147	379,135
	13,79	1405,360	1217,078	352,355
	16,55	1232,318	1067,218	329,339
Recloser Siak 2 – LBS Palas	19,3	1097,561	950,516	309,212
	22	991,096	858,314	291,706
	24,82	899,890	779,328	275,420
	27,5835	825,429	714,843	261,131

Tabel 12 Hasil Penyulang Meranti GITL

Zona	Panjang Jaringan (km)	Perhitungan Arus Hubung Singkat		
		Arus HS 3 Fasa (A)	Arus HS 2 Fasa (A)	Arus HS 1 Fasa-tanah (A)
Teluk Lembu – GH Stadion Rumbai	3,5	2802,452	2426,995	474,256
	7	2073,580	1795,773	423,749
	10,5	1643,654	1423,446	382,952
	14	1360,747	1178,441	349,312
Outgoing Danau Buatan	17,58	1156,775	1001,797	320,508
	21,1	1008,061	873,007	296,468
Out Going Simpang Bingung	24,62	893,166	773,504	275,780
	28	805,024	697,171	258,460
Recloser Kartika Sari – LBS Palas	31,65	727,475	630,012	242,043
	35,175	665,543	576,377	228,053

Tabel 13 Hasil Penyulang Bakti GIGS

Zona	Panjang Jaringan (km)	Perhitungan Arus Hubung Singkat		
		Arus HS 3 Fasa (A)	Arus HS 2 Fasa (A)	Arus HS 1 Fasa-tanah (A)
Garuda Sakti – Recloser Sentral Bisnis	4	2787,713	2414,230	468,422
Recloser Sentral Bisnis – Recloser Bakti	8	1990,432	1723,765	412,870
	11,87	1557,347	1348,702	370,359
	15,8	1274,992	1104,175	335,291
	19,8	1076,157	931,979	305,813
	23,75	932,452	807,527	281,381
	27,7	822,560	712,357	260,561
Recloser Bakti - LBS Pujasera	31,66	735,617	637,063	242,567
	39,585	665,281	576,151	226,896

Tabel 14 Hasil Penyulang Melur GIGS

Zona	Panjang Jaringan (km)	Perhitungan Arus Hubung Singkat		
		Arus HS 3 Fasa (A)	Arus HS 2 Fasa (A)	Arus HS 1 Fasa-tanah (A)
Garuda Sakti – LBS SD Inpres Auri	9,65	1779,619	1541,196	393,609
	19,3	1097,561	950,516	309,212
	28,96	792,750	686,542	254,553
LBS Auri - Recloser Rambutan	38,6	620,620	537,472	216,376
	48,27	509,589	441,317	188,077
LBS Auri - Recloser Rambutan	57,9	432,516	374,570	166,402
Recloser Rambutan – LBS Pujasera	67,58	375,432	325,133	149,126
	77,23	331,776	287,326	135,138
	86,9	297,149	257,339	123,527
	96,547	269,127	233,071	113,775

Tabel 15 Hasil Penyulang Anggur GIGS

Zona	Panjang Jaringan (km)	Perhitungan Arus Hubung Singkat		
		Arus HS 3 Phasa (A)	Arus HS 2 Phasa (A)	Arus HS 1 Phasa-tanah (A)
Tenayan – LBS Pasar Tenayan – LBS Pasar Tangor	6,43	1453,660	1258,906	239,624
	12,86	1089,157	943,238	215,755
	19,29	869,774	753,247	196,204
	25,72	723,598	626,654	179,898
LBS Tangor sd GH Beringin	32,15	619,338	536,363	166,092
	38,58	541,269	468,753	154,252
GH Beringin sd Recloser KM 35	45,01	480,642	416,248	143,987
	51,45	432,139	374,244	134,989
	57,88	392,572	339,977	127,060
	64,3125	359,623	311,443	120,008

Tabel 16 Hasil Penyulang Bacan GIPK

Zona	Panjang Jaringan (km)	Perhitungan Arus Hubung Singkat		
		Arus HS 3 Phasa (A)	Arus HS 2 Phasa (A)	Arus HS 1 Phasa-tanah (A)
Kerinci – Recloser KM 48	5,37	1123,638	973,099	259,454
Kerinci – Recloser KM 48	10,75	924,973	801,050	235,809
	16,12	785,418	680,192	216,143
	21,5	681,918	590,559	199,473
	26,88	602,333	521,636	185,189
	32,25	539,385	467,121	172,833
	37,63	488,202	422,796	162,004
	43	445,926	386,183	152,467
Recloser KM 48 – Recloser KM 35	48,38	410,303	355,333	143,976
	53,76	379,935	329,033	136,380

Perhitungan Settingan Rele Arus Lebih

Untuk pengaturan rele yang dipasang di feeder, arus beban terbesar. Untuk mengaktifkannya disetel ke 1,05 hingga 1,1 x Imaks, untuk mengaktifkannya disetel ke 1.2 hingga 1,3 x Imaks. Orang lain yang harus berada di satu sisi adalah pengaturan waktu minimum untuk pelepasan arus lebih. Keputusan ini dibuat agar arus masuk trafo distribusi yang sudah menjadi jaringan distribusi tidak berpindah lagi pada saat penyulang PMT diimplementasikan. Dengan menggunakan persamaan (5), (6), (7), dan data Tabel 3.9, maka :

- a. Setelan arus, untuk gangguan arus lebih

Arus Beban Penyulang Perawang (I_{beban}) = 189 A

Untuk rasio CT = 800/5 A

$$I_{set (primer)} = 1,05 \times 189 = 198 \text{ A}$$

$$I_{set (sekunder)} = 198 \times \frac{1}{800/5} = 1,24 \text{ A}$$

- b. Setelan TMS, untuk gangguan arus lebih Penyulang Perawang :

$$t = \frac{0,14 \times tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times tms}{\left(\frac{3183,474}{198}\right)^{0,02} - 1}$$

$$tms = \frac{\left(\frac{3183,474}{198}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \times 0,3$$

tms = 0,122 detik untuk Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Phasa dengan jarak 2,75 km.

- c. Setelan arus, untuk gangguan arus lebih ke tanah

Arus Beban Penyulang Perawang (I_{beban}) = 189 A

Untuk rasio CT = 800/5 A

$$I_{set (primer)} = 0,1 \times 189 = 18,9 \text{ A}$$

$$I_{set (sekunder)} = 18,9 \times \frac{1}{800/5} = 0,118 \text{ A}$$

- d. Setelan TMS, untuk gangguan arus lebih Penyulang Perawang :

$$t = \frac{0,14 \times tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1}$$

$$0,3 = \frac{0,14 \times tms}{\left(\frac{488,976}{18,9}\right)^{0,02} - 1}$$

$$tms = \frac{\left(\frac{488,976}{18,9}\right)^{0,02} - 1}{0,14} \times 0,3$$

tms = 0,144 detik untuk Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Phasa dengan jarak 2,75 km.

Waktu kerja *rele* pada saat terjadinya gangguan hubung singkat 3 Phasa, 2 Phasa, dan 1 Phasa pada penyulang Perawang GIGS dengan panjang jaringan 27,5835 km seperti pada Tabel 17. Tabel 18 untuk penyulang Bakti GIGS dengan panjang jaringan 39,585 km, dan Tabel 19 untuk penyulang Melur GIGS. Sementara Tabel 20 untuk penyulang Anggur GITY, dan Penyulang Bacan GIPK pada Tabel 21, serta Tabel 22 untuk Penyulang Meranti GITL.

Tabel 17 Waktu Kerja Rele Penyulang Perawang GIGS

Zona	Panjang Jaringan (km)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)		
		3 Phasa	2 Phasa	1 Phasa
Garuda Sakti -Air Hitam (AKAP)	2,75	0,122	0,115	0,144
	5,51	0,110	0,103	0,139
	8,27	0,100	0,093	0,135
AKAP – Recloser Siak 2	11	0,090	0,086	0,132
	13,79	0,085	0,079	0,129
	16,55	0,079	0,073	0,126
Recloser Siak 2 – LBS Palas	19,3	0,074	0,068	0,123
	22	0,07	0,063	0,12
	24,82	0,065	0,059	0,117
	27,5835	0,062	0,055	0,115

Tabel 18 Waktu Kerja Rele Penyulang Bakti GIGS

Zona	Panjang Jaringan (km)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)		
		3 Phasa	2 Phasa	1 Phasa
Garuda Sakti – Recloser Sentral Bisnis	4	0,112	0,105	0,137
	8	0,097	0,090	0,132
Recloser Sentral bisnis – Recloser Bakti	11,87	0,086	0,079	0,127
	15,8	0,077	0,070	0,122
	19,8	0,069	0,063	0,118
Recloser Sentral bisnis – Recloser Bakti	23,75	0,063	0,056	0,114
	27,7	0,057	0,051	0,111
Recloser bakti – LBS Pujasera	31,66	0,052	0,046	0,108
	35,62	0,048	0,042	0,105
	39,585	0,044	0,038	0,102

Tabel 19 Waktu Kerja Rele Penyulang Melur GIGS

Zona	Panjang Jaringan (km)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)		
		3 Phasa	2 Phasa	1 Phasa
Garuda Sakti – LBS SD Inpres Auri	9,65	0,089	0,082	0,127
	19,3	0,067	0,061	0,116
LBS Auri – Recloser Rambutan	28,96	0,053	0,047	0,107
	38,6	0,042	0,036	0,100
	48,27	0,034	0,027	0,093
	57,9	0,027	0,020	0,088
Recloser Rambutan – LBS Pujasera	67,58	0,020	0,014	0,083
	77,23	0,015	0,009	0,079
	86,9	0,010	0,004	0,075
	96,547	0,006	0,0003	0,071

Tabel 20 Waktu Kerja Rele Penyulang Anggur GITY

zona	Panjang Jaringan (km)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)		
		3 Phasa	2 Phasa	1 Phasa
Tenayan – LBS Pasar Tangor	6,43	0,107	0,100	0,132
	12,86	0,094	0,088	0,127
	19,29	0,084	0,078	0,123
	25,72	0,076	0,069	0,119
LBS Tangor sd GH Beringin	32,15	0,069	0,062	0,115
	38,58	0,063	0,057	0,112
GH Beringin sd Recloser KM 35	45,01	0,058	0,051	0,109
	51,45	0,053	0,047	0,106
	57,88	0,049	0,042	0,103

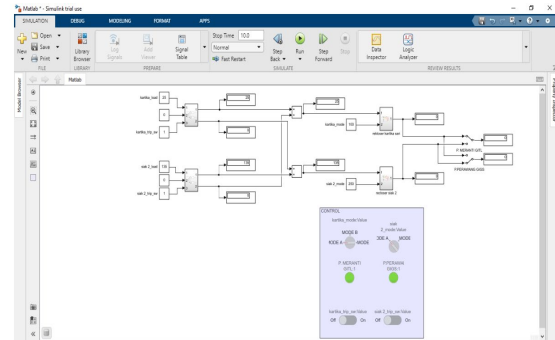
Tabel 21 Waktu Kerja Rele Penyulang Bacaan GIPK

Zona	Panjang Jaringan (km)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)		
		3 Phasa	2 Phasa	1 Phasa
Kerinci – Recloser KM 48	5,37	0,075	0,069	0,115
	10,75	0,066	0,060	0,110
	16,12	0,059	0,053	0,107
	21,5	0,053	0,047	0,103
	26,88	0,048	0,041	0,100
	32,25	0,043	0,037	0,097
	37,63	0,038	0,032	0,094
Recloser KM 48 – Recloser KM 35	43	0,034	0,028	0,091
	48,38	0,031	0,025	0,088
	53,76	0,028	0,021	0,086

Tabel 21 Waktu Kerja Rele Penyulang Meranti GITL

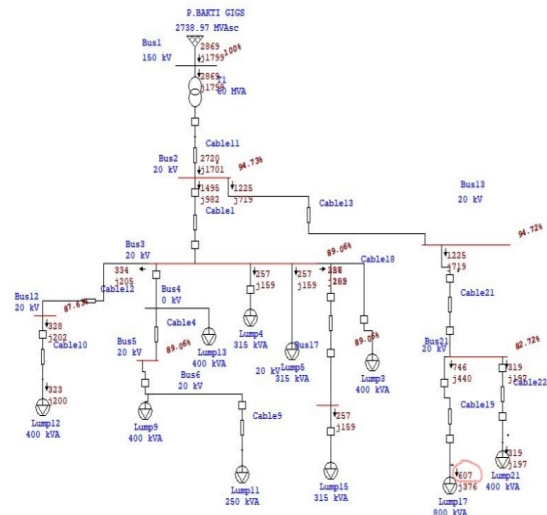
Zona	Panjang Jaringan (km)	Waktu Kerja Relay Penyulang (detik)		
		3 Phasa	2 Phasa	1 Phasa
Teluk Lembu – GH Satdion Rumbai	3,5	0,125	0,118	0,151
	7	0,111	0,105	0,146
	10,5	0,101	0,094	0,141
Outgoing Danau Buatan	14	0,093	0,086	0,137
	17,58	0,085	0,079	0,133
Out Going Simpang Bingung	21,1	0,079	0,073	0,130
	24,62	0,074	0,067	0,126
Recloser Kartika Sari – LBS Palas	28	0,069	0,063	0,124
	31,65	0,065	0,058	0,121
	35,175	0,061	0,054	0,118

Simulasi Menggunakan *Simulink* Matlab 2020b. Berikut Gambar simulasi gangguan dengan pengaturan *grouping* proteksi pada titik kontngensi Penyulang Meranti GITL dan P. Perawang GIGS pada Gambar 5.



Gambar 5 Simulasi Simulink Matlab 2020b

Simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6 dengan *standart* IEC dan frekuensi 50 Hz, simulasi digunakan untuk mencari arus hubung singkat 3 Phasa yang mengalami di jaringan di P. Bakti GIGS, P. Bakti GIGS menggunakan Penghantar AAAC 150 mm² sehingga gangguan arus hubung singkat yang sering dialami adalah gangguan 3 Phasa, tujuan penggunaan *Software* ETAP adalah untuk menvalidasi hasil perhitungan yang dihitung serumus manual. Berikut Gambar simulasi gangguan hubung singkat 3 Phasa P. Bakti menggunakan *software* ETAP pada Gambar 6.



Gambar 6 Simulasi gangguan hubung singkat 3 Phasa P. Bakti GIGS

Hasil simulasi gangguan hubung singkat pada rangkaian ETAP pada Gambar 6 dapat dilihat besar arus hubung singkat 3 phasa pada busbar 3 sesuai titik mengalaminya gangguan

yaitu dijarak 39,585 km atau di ujung pusat beban sebesar 607 A dan berdasarkan hasil perhitungan manual sebesar 607,146 A.

4. KESIMPULAN

1. Pemodelan atau penetapan untuk sistem Penyulang Kontingensi terdiri dari 2 Transformator Daya yang berbeda atau dari 2 Gardu Induk yang berbeda, sehingga jika mengalami gangguan bisa dimanuver ke penyulang yang berbeda Transformator Daya atau berbeda Gardu Induk (Jaringan Loop).
2. Nilai *Energy Not Supplied (ENS)* Penyulang Kontingensi di tahun 2017 sebesar 333.206 kWh sedangkan di tahun 2018 nilai ENS turun sebesar 24.892 kWh, dapat dikatakan Pengaturan *Grouping* Proteksi Titik Kontingensi Pada Peralatan *Switching* bekerja dengan baik sehingga saat mengalaminya gangguan, pemadaman baik pemadaman terencana maupun tidak terencana, pelanggan tidak mengalami padam dan ENS tidak terlalu besar.
3. Hasil perhitungan besar arus gangguan hubung singkat per jarak gangguan baik 3 Fasa, 2 Fasa maupun 1 Fasa ke tanah pada Penyulang Kontingensi dapat digunakan dalam pencarian dan pelacakan titik gangguan.

Saran

1. Perlu dikembangkannya kembali sistem Pengaturan *Grouping* Titik Kontingensi Pada Peralatan *Switching* Jaringan Distribusi 20 kV khususnya di PT PLN (Persero) UIW Riau dan Kepulauan Riau.
2. *Grouping* Proteksi Titik Kotingensi yang terintegrasi SCADA selanjutnya dikembangkan kedalam sistem *Smart Feeder* atau penyulang pintar sehingga kehandalan sistem distribusi menjadi meningkat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero), "Profil Perusahaan PT. PLN (Persero)." [Online]. Available: <https://web.pln.co.id/tentang-kami/profil-perusahaan>. [Accessed: 25-Jan-2021].
- [2] A. R. Iklas, A. Arlenny, and U. Situmeang, "Studi Penempatan Recloser pada Jaring Distribusi 20 kV Di Penyulang 12 Kualu PT. PLN (Persero) Rayon Panam," *Jurnal Teknik*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [3] H. Hardiyanto, A. Arlenny, and Z. Zulfahri, "Studi Penempatan Recloser Pada Jaring Distribusi 20 kV di Penyulang 21 Tarai PT. PLN (Persero) Rayon Panam," *Jurnal Teknik*, vol. 11, no. 1, pp. 11–19, 2017.
- [4] Y. Yolnasdi, F. Palaha, and J. Efendi, "Perencanaan Penempatan Recloser Berdasarkan Gangguan di Jaringan Distribusi 20 kV Menggunakan ETAP 12.6," *SainETIn*, vol. 5, no. 1, pp. 27–34, 2020.
- [5] S. Tuwongkesong, M. D. Patabo, S. Sawidin, J. G. Daud, and I. W. E. P. Utama, "Kontrol RTU pada GH Manembo dengan Scada Jaringan Distribusi 20 KV Sistem Minahasa," in *The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2020, pp. 421–428.
- [6] S. A. Boyer, *SCADA : Supervisory Control and Data Acquisition*, 4th ed. North California: International Society of Automation, 2016.
- [7] R. Dehghani, N., & Dashti, "Optimization of recloser placement to improve reliability by genetic algorithm," *Energy Power Engineering*, vol. 3, no. 4, pp. 508–512, 2011.
- [8] H. Eteruddin and A. A. Mohd Zin, "Reduced Dielectric Losses for Underground Cable Distribution Systems," *International Journal of Applied Power Engineering (IJAPE)*, vol. 1, no. 1, pp. 37–46, Apr. 2012.
- [9] H. Eteruddin, D. Setiawan, and P. P. P. Hutagalung, "Evaluasi Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Pada Feeder 7 Peranap PT. PLN Persero Rayon Taluk Kuantan," in *Seminar Nasional Pakar*, 2020, pp. 1.4.1-1.4.6.
- [10] A. Van Anugrah, H. Eteruddin, and A. Arlenny, "Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Sorek PT. PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci," *SainETIn*, vol. 4, no. 2, pp. 65–71, 2020.
- [11] A. Indra, A. Tanjung, and U. Situmeang, "Analisis Profil Tegangan Dan Rugi Daya Jaringan Distribusi 20 kV PT PLN (Persero) Rayon Siak Sri Indrapura Dengan Beroperasinya PLTMG Rawa Minyak,"

- SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 25–31, 2019.
- [12] G. S. Rahmat, O. Penangsang, and I. G. N. S. Hernanda, “Evaluasi Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 KV di Surabaya Menggunakan Loop Restoration Scheme,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 2, no. 2, pp. B142–B147, 2013.
- [13] R. E. Yunianggari, “Analisis Pengaruh Kegagalan Remote Control Sistem SCADA Terhadap Keandalan Jaringan Tenaga Listrik Penyulang Kering Di PT. PLN(Persero) Unit Pengatur Pelaksana Distribusi (UP2D) Jakarta,” *Teknik Elektro Institut Teknologi PLN, Jakarta*, 2020.
- [14] PT. PLN (Persero), “Data Pembebanan di Gardu-Gardu Induk dan Penyulang. Beban MW, MVAR, Tegangan, Arus, example bulan September sampai November,” Pekanbaru, 2017.
- [15] UP2D, “Laporan Tahunan Pengelolaan dan Pengoperasian Sistem Distribusi Riau,” Pekanbaru, 2018.
- [16] SPLN-64, *Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. Indonesia, 1985.
- [17] Hendriyadi, “Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi Di Kota Pontianak,” *Skripsi Jurusan Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2017.
- [18] J. J. Grainer and W. D. Stevenson Jr, *Power System Analysis*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [19] T. Gonen, *Electric Power Distribution Engineering*, 3rd ed. New York: CRC Press, 2015.
- [20] A. Mardensyah, “Studi Perencanaan Koordinasi Rele Proteksi Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi Gardu Induk Gambir Lama-Pulomas,” *Skripsi Departmen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia*, 2008.
- [21] H. Eteruddin, A. A. Mohd Zin, and B. Belyamin, “Line Differential Protection Modeling with Composite Current and Voltage Signal Comparison Method,” *Telkomnika*, vol. 12, no. 1, Mar. 2014.
- [22] PLN, *Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Transformator*. Jakarta: PT. PLN (Persero), 2014.