

Studi Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Berdasarkan Lokasi Titik Gangguan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV

Chairul Nazalul Anshar¹, Budiman²

^{1,2}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ekasakti-AAI Padang, Indonesia

* Corresponding-Author. Email: chairulnazalulanshar@unespadang.ac.id

Abstrak

Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang paling sering terjadi pada sistem tenaga listrik yang menyebabkan arus yang mengalir lebih besar sehingga dapat merusak peralatan bila tidak dilengkapi dengan proteksi yang tepat. Penelitian ini membahas tentang arus hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa ke tanah pada titik gangguan 1% sampai dengan 100% dari sumber GI Bungus pada feeder Teluk Sirih dengan panjang saluran 30,6 kms. Dari hasil perhitungan diperoleh arus gangguan yang paling besar yaitu arus gangguan hubung singkat tiga fasa sedangkan arus gangguan yang paling kecil yaitu gangguan satu fasa ke tanah. Jika gangguan semakin dekat dengan sumber maka gangguan semakin besar sedangkan jika gangguan jauh dari sumber gangguan akan semakin kecil. Dari hasil perhitungan gangguan tiga fasa maka di dapat arus gangguan pada titik gangguan 1% maka arus gangguan akan semakin besar 2.250 A jika gangguan semakin jauh dari sumber atau pada titik gangguan 100%, maka arus gangguan semakin kecil 400 A dibandingkan arus gangguan dua fasa maka arus gangguan dua fasa lebih kecil di banding arus gangguan tiga fasa maka di dapat arus gangguan pada titik gangguan 1% sebesar 1.948 A sedangkan pada titik gangguan 100% di dapat arus gangguan sebesar 346 A sedangkan arus gangguan satu fasa ke tanah merupakan arus gangguan yang paling kecil dibandingkan gangguan hubung singkat tiga fasa dan dua fasa. Dari hasil perhitungan didapatkan di dapat arus gangguan pada titik gangguan 1% sebesar 286 A sedangkan pada titik gangguan 100% di dapat arus gangguan sebesar 207 A. Dampak yang terjadi pada gangguan hubung singkat tersebut adalah terjadi arus lebih (*over cureent*), untuk mengurangi gangguan sebaiknya kawat A3C sebaiknya di ganti dengan kabel berisolasi yaitu kawat A3CS.

Kata kunci: saluran distribusi 20 kv, arus gangguan, gangguan hubung singkat

Abstract

Short-circuit faults are the most common disturbances in electric power systems that cause larger currents to flow so that they can damage equipment if they are not equipped with proper protection. This study discusses three-phase, two-phase, and single-phase short-circuit currents to ground at a fault point of 1% to 100% from the Bungus GI source in the Teluk Sirih feeder with a line length of 30.6 kms. From the calculation results, it is obtained that the largest fault current is a three-phase short-circuit fault current, while the smallest fault current is a single-phase to ground fault. If the disturbance is closer to the source, the disturbance will be greater, while if the disturbance is far from the source, the disturbance will be smaller. From the results of the three-phase fault calculation, the fault current can be obtained at the 1% fault point, the larger the fault current will be 2.250 A. If the disturbance is further away from the source or at the 100% fault point, then the fault current is 400 A smaller than the two-phase fault current. The two-phase fault current is smaller than the three-phase fault current, so the fault current at the 1% fault point is 1,948 A, while at the 100% fault point, the fault current is 346 A, while the single-phase to ground fault current is the most common fault current. small compared to three-phase and two-phase short-circuit faults. From the calculation results, it is found that the fault current at the 1% fault point is 286 A while at the 100% fault point, the fault current is 207 A. The impact that occurs in the short circuit fault is that there is an

overcurrent (over cureent), to reduce the disturbance. the A3C wire should be replaced with an insulated cable, namely the A3CS wire.

Keywords: 20 kv distribution line, fault current, short circuit fault

PENDAHULUAN

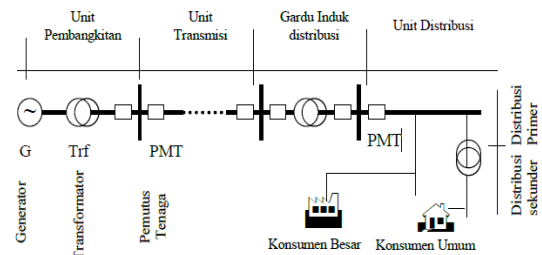
Dalam operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Gangguan adalah penghalang dari suatu sistem yang sedang beroperasi atau suatu keadaan dari sistem penyaluran tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Suatu gangguan di dalam peralatan listrik didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan di dalam jaringan listrik yang menyebabkan aliran arus listrik keluar dari saluran yang seharusnya (Adekayanti, Adiasa dan Mashabai, 2021; Setiawan, Murdiantoro dan Nasrulloh, 2021; Sutopo, Mustamam, Affandi, 2018).

Sebagai contoh ketika terjadi gangguan hubung singkat yang bersifat tidak permanent pada PT. PLN (Persero) Rayon Indarung. Petugas yang menginspeksi jaringan selalu kesulitan dalam mencari lokasi titik gangguan sehingga petugas harus menelusuri jaringan sampai ke ujung bahkan setelah ditelusuri gangguan tidak ditemukan. Terkadang gangguan dengan indikasi *reley* dan arus gangguan yang sama terjadi berkali-kali dengan waktu yang berbeda sehingga mengharuskan petugas kembali untuk mencari gangguan. Dengan situasi seperti ini pasokan listrik ke konsumen menjadi terganggu yang mengakibatkan Jaringan Distribusi 20 kV milik PT. PLN (Persero) Rayon Indarung menjadi tidak handal, sering terjadi gangguan, dan membutuhkan pemadaman yang cukup lama untuk penormalan penyulang.

Gardu Disrtribusi

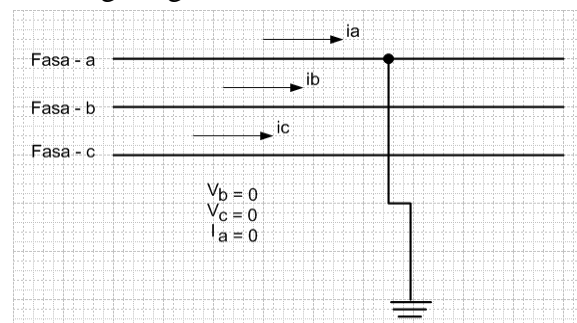
Energi listrik adalah energi sangat penting dan dibutuhkan pada masa ini. Dalam proses penyaluran energi listrik sering timbul persoalan teknis, tenaga listrik hanya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu, sedangkan pemakai tenaga

listrik atau pelanggan tenaga listrik tersebar diberbagai tempat, maka penyampaian tenaga listrik dari tempat dibangkitkan sampai ke tempat pelanggan memerlukan berbagai penanganan teknis (Muliawandana, Priatna dan Usrah, 2019; Nasution et al., 2022).



Gambar 1. Proses penyaluran listrik

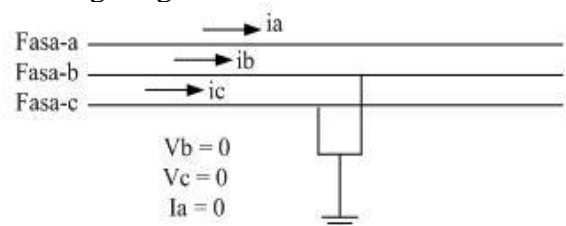
Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah



Gambar 2. Hubungan Singkat Satu Fasa-Tanah

Hubung singkat satu fasa ke tanah adalah gangguan hubung singkat yang terjadi karena *flashover* antara antara penghantar fasa dan tanah (tiang traves atau kawat tanah pada SUTM). Gangguan ini bersifat temporer, tidak ada kerusakan yang permanen di titik gangguan.

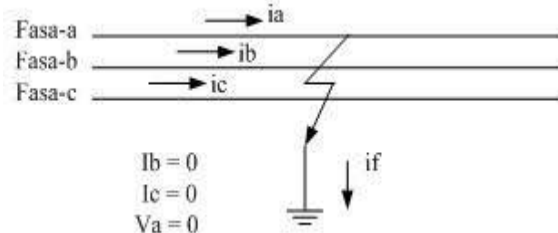
Hubung Singkat Dua Fasa



Gambar 3. Hubungan Singkat Dua Fasa

Hubung singkat dua fasa adalah gangguan hubung singkat yang terjadi karena bersetuhannya antara penghantar fasa yang satu dengan satu penghantar fasa yang lainnya sehingga terjadi arus lebih (*over current*) (Arka, Mudiana dan Abasana, 2016; Paramadita, Utama & Wijaya, 2019). Gangguan ini dapat diakibatkan oleh *flashover* dengan pohon-pohon yang tertiuap angin. Jika terjadi gangguan hubung singkat dua fasa, arus hubung singkat biasanya lebih kecil dari pada arus singkat tiga fasa.

Hubung Singkat Tiga Fasa



Gambar 4. Hubungan Singkat Tiga Fasa

Hubung singkat tiga fasa adalah gangguan hubung singkat yang terjadi karena bersatunya semua ketiga penghantar fasa (Hendriyadi, 2017). Gangguan ini dapat diakibatkan oleh tumbang pohon kemudian menimpa kabel jaringan. Sehingga perlu untuk menganalisis terhadap arus gangguan hubung singkat berdasarkan lokasi titik pada saluran udara tegangan Menengah 20 kV.

METODE

Adapun beberapa metodologi yang digunakan untuk menganalisa dalam menentukan lokasi titik gangguan berdasarkan arus gangguan hubung singkat pada jaringan tegangan menengah 20 kV pada *feeder* yang paling sering terjadi gangguan penelitian ini bertujuan untuk untuk menemukan metode yang lebih baik dan mudah dalam menentukan lokasi titik daerah yang terganggu, dengan mengambil data-data serta arsip berkaitan lainnya di PT. PLN (Persero) Rayon Indarung.

Langkah Langkah Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan hal penting yang harus diperhatikan, karena dapat mempermudah pembaca dalam memulai proses-proses yang akan di jalankan.

Ada beberapa bagian penting dari diagram alir yaitu:

1. Mulai
2. Studi yaitu melakukan studi lapangan tentang apa saja data yang akan di ambil di tempat penelitian.
3. Pengambilan data yaitu proses pengumpulan data dari tempat penelitian sebelum memulai analisa perhitungan.
4. Mengumpulkan data desain dan data actual, data desain berupa data-data gambar, foto dan sejenisnya. Sedangkan data actual ialah berupa angka atau deskripsi suatu produk yang diteliti di tempat penelitian.
5. Pengolahan data, merupakan proses penting dalam pengolahan data dilakukan setelah data-data yang diperlukan terkumpul.
6. Menentukan perhitungan reaktansi sumber dan impedansi sumber pada saluran distribusi
7. Menentukan perhitungan impedansi trafo pada saluran distribusi
8. Menentukan arus gangguan hubung singkat tiga fasa dua fasa dan satu fasa ketanah berdasarkan lokasi titik gangguan
9. Menganalisa hasil perhitungan berdasarkan lokasi titik gangguan hubung singkat tiga fasa dua fasa dan satu fasa ke tanah
10. Selesai

Dasar Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Dalam hal ini arus gangguan hubung singkat di hitung pada pada *feeder* 20 Kv mulai dari gardu hubung hingga ujung saluran distribusi, selain itu juga di hitung tegangan bus dan arus yang mengalir pada setiap saluran selama gangguan. Arus gangguan hubung singkat di hitung pada

saat pembangkitan maksimum dan pada saat pembangkitan minimum.

1. Reaktansi Sumber

Pada perhitungan ini, di hitung terlebih dahulu data hubung singkat di Bus 150 kV Gardu Induk (MVA), maka:

$$Z_{dasar} = \frac{kV^2}{MVA}$$

Di mana :

Z_{dasar} = Nilai impedansi sumber

kV = Kilo volt (satuan tegangan listrik)

MVA = Mega volt ampere

2. Reaktansi Transformator Tenaga

Impedansi Urutan Positif dan Negatif (X_{T1}). Untuk mencari nilai reaktansi transformator daya ini adalah nilai reaktansi urutan positif dan negatif ($X_{T1} = X_{T2}$) atau (X_{T1}).

$$X_{T1} = X_{PU \text{ lama}} \left[\frac{MVA \text{ baru}}{MVA \text{ lama}} \right]$$

Sedangkan untuk menentukan impedansi urutan nol adalah

$$X_{T1} = 3 \cdot X_{T1}$$

3. Hubung Singkat Tiga Fasa

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat tiga fasa sebagai berikut :

$$I_{a3} = \frac{E_{fasa} \sqrt{3}}{2X Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

Di mana :

E_f = Tegangan pragangguan (V)

Z_1 = Impedansi urutan positif pada titik gangguan (Ω)

4. Hubung Singkat Dua Fasa

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat dua fasa sebagai berikut :

$$I_{F2\phi} = \frac{E_{fasa} / \sqrt{3}}{(Z_1 + Z_2)}$$

Di mana :

I_a = Arus gangguan hubung singkat (A)

V_a = Tegangan (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif pada titik gangguan (Ω)

Z_2 = Impedansi urutan negatif pada titik gangguan (Ω)

Z_0 = Impedansi urutan nol pada titik gangguan (Ω)

5. Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sebagai berikut :

$$I_{a1} = \frac{3x_{fasa} / \sqrt{3}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

Di mana :

I_a = Arus gangguan hubung singkat (A)

V_a = Tegangan (Volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif pada titik gangguan (Ω)

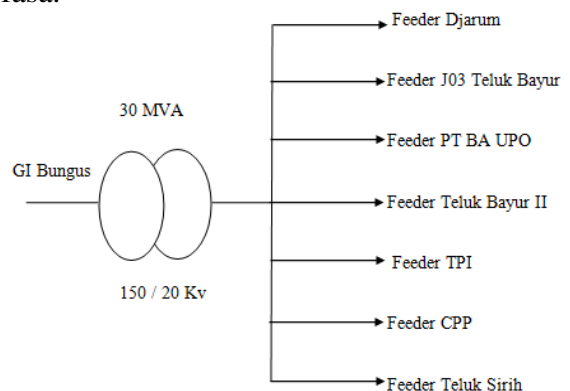
Z_2 = Impedansi urutan negatif pada titik gangguan (Ω)

Z_0 = Impedansi urutan nol pada titik gangguan (Ω)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Feeder Teluk Sirih PT. PLN (Persero) Rayon Indarung

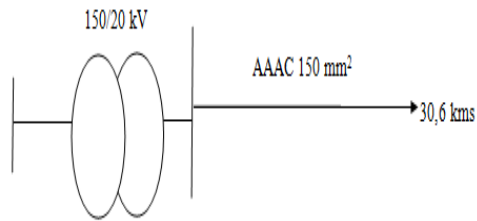
Feeder Teluk Sirih yang di suplai dari G.I Bungus gardu yang melayani gardu distribusi transformator tiang. Hampir 40% dari gangguan yang diteliti, terjadi pada priode cuaca yang tidak menguntungkan seperti cuaca hujan, Gangguan distribusi terjadi pada satu fasa, dua fasa dan tiga fasa.



Gambar 5. Saluran Feeder Yang Disalurkan GI Bungus

Dalam penelitian ini diambil jaringan Tegangan Menengah 20 kV pada PLN Rayon Indarung Padang khusus nya dari feeder Teluk Sirih, di mana feeder Teluk Sirih disalurkan dari GI Bungus dengan kapasitas 1 X 30 MVA, feeder Teluk Sirih memiliki panjang 30,6 kms dengan kawat AAAC dan memiliki penampang 150 mm² yang terdapat pada gambar 6, di bawah ini.

- Kondisi feeder Teluk Sirih



Gambar 6. Kondisi Feeder Teluk Sirih

Tabel 1. Data Impedansi Kawat AAAC Pada Suhu 20 0C

Luas penampang mm ²	R ₁ (Ω / KMS)	X ₁ (Ω / KMS)	R ₂ (Ω / KMS)	X ₂ (Ω / KMS)	R ₀ (Ω / KMS)	X (Ω / KMS)
150	0,22530	0,32880	0,22530	0,32880	0,38976	1,59423

Tabel 2. Data Transformator

Lokasi	No unit	Kapasitas (MVA)	Tegangan (KV)	Reaktansi (%)	Pentanahan (Ω)
Teluk Sirih	1	30	150/20	12,32	40

Untuk menghitung impedansi sumber, membutuhkan MVA hubung singkat (MVAsc) di bus 150 kV gardu induk. data MVAsc dapat di lihat dari tabel berikut.

Tabel 3. Data MVAsc Pada Bus 150 kV Gardu Induk

LOKASI	TEG (kV)	3 Phasa Fault		1 Phasa Fault		3 Phasa Fault		1 Phasa Fault	
		Ampere	Angle (°)	Ampere	Angle (°)	MVA _{sc3f}	X/R	MVA _{sc1f}	X/R
INDARUNG	150	13.519	-78,38	6.958	-0,3	3512,5	4,86	1.807,77	0,01
PAUHLIMO	150	12.716	-77,67	6.974	-3,18	3303,9	4,57	1.812,05	0,06
BUNGUS	150	13.244	-79,08	6.449	-3,45	3441,0	5,18	1.675,49	0,06
SIMPANG HARU	150	10.814	-76,15	6.563	-9,83	2809,7	4,06	1.705,19	0,17
PIP	150	8.839	-74,28	6.135	20,72	2295,5	3,55	1.593,84	0,38

Sumber dari PT. PLN (Persero) Rayon Indaraung Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban tahun 2019. Berdasarkan tabel di atas dapat di hitung impedansi sumber untuk GI Bungus, pada perhitungan ini dapat di hitung terlebih dahulu data hubung singkat di Bus 150 kV Gardu Induk (MVA), maka :

$$Z_{dasar} = \frac{kV^2}{MVA} = \frac{150^2}{3441,0} = 6,53 \Omega$$

Untuk mengkonversikan impedansi yang terletak di sisi 150 kV kesisi 20 kV, dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$$X_{sc} (\text{sisi } 20 \text{ kV}) = \frac{20^2}{150^2} \times 6,53 = 0,11608$$

Menghitung Reaktansi Transformator

1. Reaktansi Urutan Positif dan Negatif (X_{T1})

Dalam menghitung reaktansi transformator tersebut ke dalam bentuk Ohm, maka di hitung terlebih dahulu nilai Ohm pada 100% untuk transformator 20 MVA di sisi 20 kV.

$$X_T = \frac{kV^2}{MVA} = \frac{20^2}{20} = 20 \Omega$$

Nilai reaktansi Transformator ini merupakan nilai impedansi urutan positif dan urutan negatif (X_{T1} = X_{T2}) nilai impedansi standar pabrikan untuk trafo pada feeder Teluk Sirih, pada penelitian ini di ambil pada sebuah name plate trafo sebesar 12,32% maka di dapat :

$$X_{T1} = 12,32 \%$$

$$= 12,32 \% \times 20 \Omega$$

$$= 2,464 \Omega$$

Pada Transformator pada feeder Teluk Sirih merupakan belitan delta ada sehingga X_{T1} tidak sama dengan nilai X_{T2}, sehingga X_{T2} dapat dicari dengan persamaan :

$$X_{T2} = 3 \times X_{T1}$$

$$= 3 \times 2,464 \Omega$$

$$= 7,392 \Omega$$

Nilai resistansi pentanahan (NGR) R_n = 40 Ω

Perhitungan Impedansi Saluran

Nilai resistansi kawat yang akan digunakan dalam perhitungan adalah pada suhu 30 0C. Untuk itu nilai resistansi pada data diubah terlebih dahulu maka dapat diperoleh hasilnya sebagai berikut

Resistansi urutan positif kawat AAAC 150 mm² pada suhu 30 0C adalah

$$R_L^{(1)} = \frac{228 + 30}{228 + 20} \times 0,22530 = 0,23438 \Omega$$

Untuk mendaoatkan Resistansi urutan nol dapat dihitng sebagai berikut, Resistansi urutan nol kawat AAAC 150 mm² pada suhu 30 0C adalah :

$$R_L^{(0)} = 0,23438 + (0,002964 \times 50) = 0,38258 \Omega$$

Hasil perhitungan impedansi kawat AAAC pada suhu 30 °C diberikan pada tabel 4, di bawah ini.

Tabel 4. Impedansi Kawat AAAC Pada suhu 30 °C

LUAS PENAMPANG <i>mm</i> ²	$Z_L^{(1)} (\Omega / \text{km})$	$Z_L^{(0)} (\Omega / \text{km})$
150	$0,23438 + j 0,32880$	$0,38258 + j 1,59423$

Hasil perhitungan kawat AAAC pada suhu 30 °C pada lokasi gangguan dapat di lihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Impedansi Urutan Positif Dan Negatif Pada Saluran Berdasarkan Lokasi Titik Gangguan Kawat AAAC Pada Suhu 30 °C $Z_L^{(1)} = Z_L^{(2)}$

No	Penampang (<i>mm</i> ²)	Panjang saluran %	Panjang (<i>kms</i>)	Impedansipenyulang ($Z_L^{(1)} = Z_L^{(2)}$) untuk kawat A3C 150 <i>mm</i> ² pada suhu 30 °C
1.	150	1%	0,306x	$0,23438 + j 0,32880 = 0,07172 + j 0,10061$
2.	150	10%	3,06x	$0,23438 + j 0,32880 = 0,71720 + j 1,00612$
3.	150	20%	6,12x	$0,23438 + j 0,32880 = 1,43440 + j 2,01225$
4.	150	30%	9,18x	$0,23438 + j 0,32880 = 2,15160 + j 3,01838$
5.	150	40%	12,24x	$0,23438 + j 0,32880 = 2,86881 + j 4,02451$
6.	150	50%	15,3x	$0,23438 + j 0,32880 = 3,58601 + j 5,03064$
7.	150	60%	18,36x	$0,23438 + j 0,32880 = 4,30321 + j 6,03676$
8.	150	70%	21,42x	$0,23438 + j 0,32880 = 5,02041 + j 7,04289$
9.	150	80%	24,48x	$0,23438 + j 0,32880 = 5,73762 + j 8,04902$
10.	150	90%	27,54x	$0,23438 + j 0,32880 = 6,45482 + j 9,05515$
11.	150	100%	30,6x	$0,23438 + j 0,32880 = 7,17202 + j 10,06128$

Tabel 6. Data impedansi Penyulang (Z0)
Untuk Kawat AAAC 150 *mm*²

No	Penampang (<i>mm</i> ²)	Panjang saluran %	Panjang (<i>km</i>)	Impedansipenyulang (Z_0) untuk kawat A3C 150 <i>mm</i> ² pada suhu 30 °C
1.	150	1%	0,306x	$0,38258 + j 1,59423 = 0,11706 + j 0,48783$
2.	150	10%	3,06x	$0,38258 + j 1,59423 = 1,17069 + j 4,87834$
3.	150	20%	6,12x	$0,38258 + j 1,59423 = 2,34138 + j 9,75668$
4.	150	30%	9,18x	$0,38258 + j 1,59423 = 3,51208 + j 14,63503$
5.	150	40%	12,24x	$0,38258 + j 1,59423 = 4,68277 + j 19,51337$
6.	150	50%	15,3x	$0,38258 + j 1,59423 = 5,85347 + j 24,39171$
7.	150	60%	18,36x	$0,38258 + j 1,59423 = 7,02416 + j 29,27006$
8.	150	70%	21,42x	$0,38258 + j 1,59423 = 8,19486 + j 34,14840$
9.	150	80%	24,48x	$0,38258 + j 1,59423 = 9,36555 + j 39,02635$
10.	150	90%	27,54x	$0,38258 + j 1,59423 = 10,53625 + j 43,90509$
11.	150	100%	30,6x	$0,38258 + j 1,59423 = 11,70694 + j 48,78343$

Sedangkan untuk nilai tahanan pentahanan = $3 \times R_n = 3 \times 40 = 120$ Ohm pada feeder Teluk Sirih berdasarkan data nilai impedansi urutan di atas maka urutan positif dan negatif Z_{1eq} dan Z_{2eq} .

Tabel 7. Impedansi Equivalen Saluuran Untuk urutan Positif Dan Negatif

No	Penampang <i>mm</i> ²	Impedansi equivalen untuk urutan positif dan negatif Z_{1eq} dan Z_{2eq} untuk kawat A3C 150 <i>mm</i> ² pada suhu 30 °C		
		Z_T (Ω)	Z_1 dan Z_2 (Ω)	Z_{1eq} dan Z_{2eq} (Ω)
1.	150	$J2,464 +$	$0,07172 + j 0,10061$	$0,07172 + j 2,56461$
2.	150	$J2,464 +$	$0,71720 + j 1,00612$	$0,71720 + j 3,47012$
3.	150	$J2,464 +$	$1,43440 + j 2,01225$	$1,43440 + j 4,47625$
4.	150	$J2,464 +$	$2,15160 + j 3,01838$	$2,15160 + j 5,48238$
5.	150	$J2,464 +$	$2,86881 + j 4,02451$	$2,86881 + j 6,48851$
6.	150	$J2,464 +$	$3,58601 + j 5,03064$	$3,58601 + j 7,49464$
7.	150	$J2,464 +$	$4,30321 + j 6,03676$	$4,30321 + j 8,50076$
8.	150	$J2,464 +$	$5,02041 + j 7,04289$	$5,02041 + j 9,50689$
9.	150	$J2,464 +$	$5,73762 + j 8,04902$	$5,73762 + j 10,51302$
10.	150	$J2,464 +$	$6,45482 + j 9,05515$	$6,45482 + j 11,51915$
11.	150	$J2,464 +$	$7,17202 + j 10,06120$	$7,17202 + j 12,52528$

Untuk menghitung Z_{0eq} pada feeder Teluk Sirih :

$$Z_{0eq} = Z_{t0} + 3R_n + Z_0 \text{ Penyulang} \\ = j 7,392 + 120 + Z_0 \text{ Penyulang}$$

Tabel Impedansi equivalen saluran untuk urutan nol (Z_{0eq}) pada *feeder* Teluk Sirih terlihat pada tabel 8, di bawah ini.

Tabel 8. Impedansi Equivalen Saluran Untuk Urutan Nol (Z_{0eq}) pada *feeder* Teluk Sirih

No	Panjang <i>Kms</i>	Impedansi equivalen untuk urutan Z_{0eq} untuk kawat A3C 100 <i>mm</i> ² pada suhu 30 °C			
		Z_{t0} (Ω)	$3R_n$ (Ω)	Z_0 (Ω)	Z_{0eq} (Ω)
1.	0,306	$J7,392 +$	$120 +$	$0,11706 + j 0,48783$	$120,11706 + j 7,87983$
2.	3,06	$J7,392 +$	$120 +$	$1,17069 + j 4,87834$	$121,17069 + j 12,27034$
3.	6,12	$J7,392 +$	$120 +$	$2,34138 + j 9,75668$	$122,34138 + j 17,14868$
4.	9,18	$J7,392 +$	$120 +$	$3,51208 + j 14,63503$	$123,51208 + j 22,02703$
5.	12,24	$J7,392 +$	$120 +$	$4,68277 + j 19,51337$	$124,68277 + j 26,90537$
6.	15,3	$J7,392 +$	$120 +$	$5,85347 + j 24,39171$	$125,85347 + j 31,78371$
7.	18,36	$J7,392 +$	$120 +$	$7,02416 + j 29,27006$	$127,02416 + j 36,66206$
8.	21,42	$J7,392 +$	$120 +$	$8,19486 + j 34,14840$	$128,19486 + j 41,5404$
9.	24,48	$J7,392 +$	$120 +$	$9,36555 + j 39,02635$	$129,36555 + j 46,41875$
10.	27,54	$J7,392 +$	$120 +$	$10,53625 + j 43,90509$	$130,53625 + j 51,29709$
11.	30,6	$J7,392 +$	$120 +$	$11,70694 + j 48,78343$	$131,70694 + j 56,17543$

Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Berdasarkan rumus di atas maka dapat menentukan arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat memperkirakan lokasi titik gangguan pada *feeder* Teluk Sirih mulai dari sumber saluran pada titik 1% dan ujung saluran pada titik 100% maka di dapat arus gangguan sebagai berikut:

Titik gangguan 1%

$$I_{f3} = \frac{E \text{ fasa} / \sqrt{3}}{Z_{1q}} \\ I_f = \frac{20.000 / \sqrt{3}}{Z_{1q}} \\ = \frac{11547,05}{2 \times 0,07172 + j 2,56461} \\ = \frac{11547,05}{0,14344 + j 5,12922}$$

$$= \frac{11547,05}{5,13122}$$

$$= 2.250 \text{ Ampere}$$

Titik gangguan 100%

$$I_{f3} = \frac{E \text{ fasa}/\sqrt{3}}{Z_{1q}}$$

$$I_f = \frac{20.000/\sqrt{3}}{Z_{1q}}$$

$$= \frac{11547,05}{2 \times 7,17202 + j 12,52528}$$

$$= \frac{11547,015}{14,34404 + j 25,05056}$$

$$= \frac{11547,015}{28,86662}$$

$$= 400, \text{ Ampere}$$

Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Berdasarkan rumus di atas maka dapat menentukan arus gangguan hubung singkat dua fasa dapat memperkirakan lokasi titik gangguan pada feeder Teluk Sirih mulai dari sumber saluran pada titik 1% dan ujung saluran pada titik 100% maka di dapat arus gangguan sebagai berikut :

Titik gangguan 1%

$$I_{f2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{f3\phi}$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} \times 2.250$$

$$= 1.948 \text{ Ampere}$$

Titik gangguan 100%

$$I_{f2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{f3\phi}$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} \times 400$$

$$= 346 \text{ Ampere}$$

Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Berdasarkan rumus di atas maka dapat menentukan arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah dapat memperkirakan lokasi titik gangguan pada feeder Teluk Sirih mulai dari sumber saluran pada titik 1% dan ujung saluran pada titik 100% maka di dapat arus gangguan sebagai berikut :

Titik gangguan 1%

$$I_f = \frac{3 \times E \text{ fasa}/\sqrt{3}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

$$I_f = \frac{3 \times 20.000/\sqrt{3}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

$$= \frac{3 \times 11547,05}{0,07172 + j 2,56461 + 120,11706 + j 7,87983}$$

$$= \frac{34641,016}{0,14344 + j 5,12922 + 120,11706 + j 7,87983}$$

$$= \frac{34641,016}{120,2605 + j 13,00905}$$

$$= \frac{34641,016}{120,96207}$$

$$= 286,37 \text{ Ampere}$$

Titik gangguan 100%

$$I_f = \frac{3 \times \text{fasa}/\sqrt{3}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

$$I_f = \frac{3 \times 20.000/\sqrt{3}}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

$$= \frac{3 \times 11547,05}{7,17202 + j 12,52528 + 131,70694 + j 56,17543}$$

$$= \frac{34641,016}{14,34404 + j 25,05056 + 131,70694 + j 56,17543}$$

$$= \frac{34641,016}{146,05098 + j 81,22599}$$

$$= \frac{34641,016}{167,11837}$$

$$= 207 \text{ Ampere}$$

Berdasarkan perhitungan hubung singkat di atas maka di dapat arus gangguan hubung singkat yang sesuai, berdasarkan titik lokasi gangguan maka dapat di analisa dan dijelaskan sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan diatas arus gangguan sangat berpengaruh terhadap titik lokasi gangguan pada saluran, karena semakin dekat pada saluran maka gangguan semakin besar, dan sebaliknya semakin jauh jarak titik lokasi gangguan pada saluran maka semakin kecil arus gangguan yang terjadi.
2. Arus gangguan yang terbesar pada gangguan hubung singkat terjadi pada hubung singkat tiga fasa ($I_{f3\phi}$) = 2.250 Ampere, sedangkan arus gangguan yang paling kecil dan sering terjadi pada feeder Teluk Sirih yaitu gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ($I_{f1\phi}$) = 207 ampere.

3. Jika kita bandingkan hasil perhitungan di atas dengan data real lapangan (data laporan harian gangguan pemeliharaan penyulang) maka hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan sudah mendekati dengan data *real* di lapangan.

Sesuai dengan penelitian Galla, Sampeallo & Daris (2020), di mana diketahui bahwa arus gangguan hubung singkat terkecil adalah gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, dengan arus gangguan sebesar 0,524 kA. Arus gangguan hubung singkat terbesar yaitu gangguan hubung singkat 2 fasa ke tanah, dengan arus gangguan sebesar 12,099 kA. Sedangkan pada penelitian Syahiruddin, Sofyan & Idris (2018), di mana pada hasil penelitian diketahui bahwa, apabila terjadi gangguan hubung singkat satu fasa-tanah, maka dapat diketahui besarnya berdasarkan lokasi gangguan. Di mana arus hubung singkat terbesar ada pada titik 25% dan arus terendah pada titik 100% dengan demikian karakteristik arus hubung singkat dapat diketahui berada pada titik 25% senilai 224,26888 Amper

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan penentuan lokasi titik gangguan pada Feeder Teluk Sirih PT PLN Rayon Indarung, maka dapat diambil kesimpulan : 1). Arus gangguan hubung singkat dapat ditentukan dari arus gangguan dengan cara menghitung impedansi sumber dan impedansi saluran. Semakin dekat dari sumber saluran, maka gangguan tersebut maka akan semakin besar, dan semakin jauh gangguan dari sumber saluran maka semakin kecil pula arus gangguan, dan 2). Dari hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat, maka di dapat arus gangguan tiga fasa pada titik gangguan 1% di dapat arus gangguan sebesar 2.250 *Ampere*, sedangkan pada titik gangguan 100% di dapat arus gangguan sebesar 400 *Ampere*, dibandingkan pada arus gangguan dua fasa maka arus gangguan lebih kecil dari arus gangguan tiga fasa maka didapatkan arus gangguan pada titik gangguan 1% sebesar 1.948

Ampere, sedangkan pada titik gangguan 100% didapatkan arus gangguan sebesar 346 *Ampere*, sedangkan arus gangguan satu fasa ketanah merupakan arus gangguan yang paling kecil dibandingkan gangguan tiga fasa dan dua fasa, berdasarkan hasil perhitungan di dapat arus gangguan pada titik gangguan 1% sebesar 286 *Ampere*, sedangkan pada jarak 100% di dapat arus gangguan sebesar 207 *Ampere*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adekayanti, Y., Adiasa, I., & Mashabai, I. (2021). Analisis Gangguan Pada KWH Meter Pelanggan Di PT. PLN (Persero) UP3 Sumbawa Menggunakan Fishbone Dan PDCA (*Plan, Do, Check, Action*). *Jurnal Industri & Teknologi Samawa*, 2(1), 22–31.
- Arka, I. G. P., Mudiana, N., & Abasana, G. K. (2016). Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 20 Kv Dengan Over Current Relay (OCR) Dan Ground Fault Relay (GFR). *Jurnal Logic*, 16(1), 46-52.
- Galla, W., Sampeallo, A., & Daris, J. (2020). Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Udara 20 KV Di Penyulang Naioni PT. PLN (Persero) ULP Kupang Untuk Menentukan Kapasitas Pemutusan Fuse Cut Out Menggunakan Etap 12.6. *Media Elektro Journal*, 9(2), 101-111. <https://doi.org/10.35508/jme.v0i0.3208>
- Hendriyadi, H. (2017). Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi Di Kota Pontianak. *Jurnal JTEUNTAN*, 1(1), 1-7.
- Muliawandana, G., Priatna, E., & Usrah, I. (2019). Proyeksi Kebutuhan Dan Penyediaan Energi Listrik Di Kabupaten Kuningan Menggunakan Perangkat Lunak Leap Dengan Metode End Use. *Journal Of Energy*

And Electrical Engineering (Jeee)
01(01), 19-24.

Nasution, O., Napitupulu, J., Siahaan, L., & Ginting, Y. (2022). Tinjauan Perbandingan Pemakaian Daya Listrik Pada Bangunan Industri. *Jurnal Darma Agung*, 30(1), 131–141. doi:10.46930/ojsuda.v30i1.1424

Paramadita, I. K. P., Utama, N. P. S., & Wijaya, I. W. A. (2019). Analisis Gangguan Hubung Singkat Simetris Dan Asimetris Untuk Menentukan Kapasitas Pengaman Yang Terpasang Pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Mambal. *Jurnal Spektrum*, 6(3), 74-80.

Setiawan, W., Murdiantoro, R. A., & Nasrulloh, N. (2021). Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Akibat Gangguan pada Masa Pandemi COVID-19 Di PT. PLN (Persero) ULP Sidareja. *Journal of Electronic and Electrical Power Application*, 2(2), 36-42.

Sutopo, A., Mustamam, M., & Affandi, M. (2018). Analisis Gangguan Kualitas Daya Sistem Tenaga Listrik Di Universitas Negeri Medan. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 20(2), 1-6.

Syahiruddin, M., Sofyan, S., & Idris, A. R. (2018). Analisis Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah Pada Sistem Distribusi Pt.Pln Rayon Belopa. *Jurnal Teknologi Elekterika*, 2(15), 46-52.