

Analisa Gangguan Penghantar Berdasarkan Data Rekaman Relai Distance dan Rekaman DFR Bay Penghantar KSRAN-SMKEI 1 di PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk Kisaran

Fault Analysis Based on Distance Relay Recording Data and DFR Bay Recording of KSRAN-SMKEI 1 at PT PLN (Persero) Transmission Line Unit and Kisaran Substation

Oleh

Miatri Handayani

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Medan
Jl. Almamater No.1 Kampus USU 20155 Medan
miatrihandayani@students.polmed.ac.id

M. Jusup J.P

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Medan
Jl. Almamater No.1 Kampus USU 20155 Medan
jusuf.19560104@polmed.ac.id

Abstract

The electric power transmission system is one of the most important parts in the distribution of electric power. One of the important components in the transmission line is the protection system. The relay is an important part of the transmission line protection system, so it must have the ability to detect disturbances in all conditions. One of the main protections used to protect transmission lines is the distance relay. The electric power system does not escape the occurrence of disturbances, and to maintain the reliability of the system it is necessary to know the types of disturbances that occur. For this reason, auxiliary equipment is needed that monitors the electrical power system equipment in real time and records the disturbances/anomalies that occur. The recorded data is very important because it can be used to analyze the causes and effects of disturbances/anomalies that occur to speed up the recovery process. The data used were obtained through literature studies and data collection, namely distance relay interference recording data and DFR recordings. From the DFR analysis, it can be concluded that the causes of disturbances and determining the location of disturbances in the SUTT through the appointment of a fault locator and the calculation of the disturbed voltage and current will make the recovery of the disturbance faster.

Keywords: analysis, DFR, SUTT, fault,

Abstrak

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan salah satu bagian terpenting dalam penyaluran tenaga listrik. Salah satu komponen penting pada saluran transmisi yaitu sistem proteksi. Relai merupakan salah satu bagian penting dalam sistem proteksi saluran transmisi, maka harus mempunyai kemampuan mendeteksi adanya gangguan pada semua keadaan. Salah satu proteksi utama yang di gunakan untuk memproteksi saluran transmisi adalah rele jarak. Dalam sistem tenaga listrik tidak luput dari terjadinya gangguan, dan untuk menjaga keandalan sistem perlu mengetahui jenis gangguan yang terjadi untuk itu dibutuhkan peralatan bantu yang memonitor peralatan sistem tenaga listrik secara *real time* dan merekam gangguan/anomali yang terjadi. Data hasil rekaman tersebut menjadi sangat penting karena dapat digunakan untuk menganalisa penyebab dan akibat gangguan/anomali yang terjadi untuk mempercepat proses pemulihan gangguan. Data yang digunakan diperoleh melalui studi literature dan pengumpulan data yaitu data rekaman gangguan *distance relay* dan rekaman DFR. Dari analisa DFR dapat disimpulkan penyebab-penyebab gangguan dan penentuan lokasi gangguan pada SUTT melalui penunjukan *fault locator* dan perhitungan tegangan dan arus yang terganggu sehingga membuat pemulihan gangguan akan menjadi lebih cepat.

Kata Kunci : Analisa, DFR, SUTT, Gangguan

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sekarang ini sangat bergantung terhadap ketersediaan energi listrik. Untuk itu keandalan sistem tenaga listrik serta peralatan-peralatan operasional utama yang ada pada sistem tenaga listrik harus di jaga keandalannya dari kerusakan yang di akibatkan oleh gangguan-gangguan di sekitar peralatan tersebut. Sistem transmisi tenaga listrik merupakan salah satu bagian terpenting dalam penyaluran tenaga listrik. Salah satu komponen penting pada saluran transmisi yaitu sistem proteksi, oleh karenanya proteksi pada saluran transmisi perlu diperhatikan dalam perencanaannya. Relai merupakan salah satu bagian penting dalam sistem proteksi saluran transmisi, maka harus mempunyai kemampuan mendeteksi adanya gangguan pada semua keadaan. Salah satu proteksi utama yang di gunakan untuk memproteksi saluran transmisi adalah rele jarak. Rele jarak digunakan sebagai pengamanan pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan (*fault clearing*) dengan cepat dan penyetalannya yang relatif mudah. Pada prinsipnya rele jarak adalah mengukur nilai arus dan nilai tegangan pada suatu titik tertentu dan kemudian membandingkannya dengan suatu nilai seting tertentu untuk menentukan apakah rele harus bekerja atau tidak. Dalam sistem tenaga listrik tidak luput dari terjadinya Gangguan/ Fault. Gangguan pada sistem tenaga listrik terbagi menjadi dua yaitu gangguan sistem dan juga gangguan non sistem. Untuk menjaga keandalan sistem dan mengevaluasi jenis gangguan yang terjadi dibutuhkan peralatan bantu yang memonitor peralatan sistem tenaga listrik secara *real time* dan merekam gangguan/anomali yang terjadi. Data hasil rekaman tersebut menjadi sangat penting karena dapat digunakan untuk menganalisa penyebab dan akibat gangguan/anomali yang terjadi dan bahkan dapat menentukan langkah-langkah antisipasi agar gangguan/anomali yang sifatnya merusak peralatan atau mengganggu operasional dan pelayanan tidak terjadi lagi. Alat tersebut adalah peralatan recorder yang bekerja berdasarkan input analog arus dan tegangan (informasi kondisi sistem tenaga listrik), input peralatan primer atau input peralatan sisi sekunder yang disebut dengan DFR (*Digital Fault Recorder*). Penentuan penyebab gangguan melalui hasil analisa rekaman gangguan dapat diklasifikasikan sesuai dengan bentuk gelombang sinusoda arus dan tegangan dan inputan dari besaran event yang berupa indikasi rele proteksi dan status peralatan. Pola kejadian gangguan (*fault signature*) yang cukup jelas diketahui melalui hasil rekaman antara lain gangguan karena pohon/tegakan, gangguan karena petir dan gangguan karena benda lain (Fajar Rosdianto,2017).

2. TINJAUAN TEORITIS

Peralatan proteksi diharapkan dapat bekerja selektif dan seketika pada daerah unit proteksi, maka distance relay hendaknya dilengkapi dengan teleproteksi. Teleproteksi merupakan rangkaian peralatan yang berfungsi untuk mengirim dan menerima sinyal dari gardu induk yang satu ke gardu induk lain didepannya atau yang berhadapan (PLN,2013). untuk dapat memberikan perintah trip seketika. Pola teleproteksi yang umumnya digunakan adalah sebagai berikut :

a. *Permissive Underreach Transfer Trip Scheme*(PUTT)

Pada pola ini peralatan TP akan mengirim sinyal (carrier send) ke peralatan TP pada gardu induk didepannya apabila distance relay mendeteksi gangguan pada zona 1. Pada gardu induk yang menerima sinyal (carrier receive), apabila distance relay mendeteksi gangguan pada zona 2 dan menerima sinyal TP, maka relai akan memberikan perintah trip waktu zona 1.

b. *Permissive Overreach Transfer Trip*(POTT)

Pada pola ini peralatan TP akan mengirim sinyal (carrier send) ke peralatan TP pada gardu induk didepannya apabila mendeteksi gangguan zona 2. Pada gardu induk yang menerima sinyal (carrier receive), apabila distance relay mendeteksi gangguan pada zona 2, maka memberikan perintah trip pada waktu zona 1.

c. *Blocking Scheme*

Pada pola ini peralatan TP akan mengirim sinyal ke peralatan TP pada gardu induk didepannya apabila distance relay mendeteksi gangguan pada daerah belakang (reverse zone). Pada gardu induk yang menerima sinyal, apabila distance relaymendeteksi gangguan pada daerah depan (forward zone) Zona 2 maka relai akan memberikan perintah blok (blocking).Apabila relai tidak menerima sinyal

namun mendeteksi gangguan pada daerah depan (zona 2), maka relai akan memberikan perintah trip seketika.

d. Power Swing Block

Power Swing Blok atau disingkat PSB adalah salah satu fitur distance relay yang berfungsi untuk mencegah relai bekerja memberikan perintah trip pada saat terjadi fenomena ayunan daya (power swing) dan impedansi sistem masuk ke zona impedansi relai.

e. Switch On To Fault / Trip On Reclose (TOR)

Switch On To Fault atau SOTF adalah fitur dari distance relay yang berfungsi untuk men- trip-kan PMT seketika guna mengantisipasi ketidaksiapan distance relay apabila terjadi gangguan pada saat pemberian tegangan (energizing) atau pada saat menutup (close) PMT secara manual maupun menggunakan relai penutup balik otomatis (A/R).

f. Directional Earth Fault (DEF)

DEF adalah relai arus lebih berarah dengan deteksi arus 3Io dan referensi tegangan -3Vo yang bekerja mengamankan penghantar dari gangguan fasa ke tanah yang bersifat tahanan tinggi (high resistance) yang tidak terdeteksi oleh distance relay. Relai ini digunakan sebagai pelengkap distance relay.

g. DEF Utama

DEF utama adalah DEF yang dilengkapi dengan teleproteksi. DEF ini akan bekerja seketika apabila menerima sinyal TP dari gardu induk didepannya. Untuk membedakan waktu kerja DEF utama dengan proteksi utama distance relay (zona 1) maka waktu kerja DEF utama ditunda antara 20 milidetik – 100 milidetik.

Peralatan bantu yang banyak terpasang di instalasi sistem tenaga listrik adalah alat yang cara kerjanya memonitor peralatan sistem tenaga listrik secara terus menerus dan merekam gangguan/anomali yang terjadi. Layaknya seperti “Black Box dalam sebuah pesawat terbang”, alat ini akan membantu dengan memberikan data-data yang berhasil direkam pada waktu sebelum, selama dan sesudah peralatan yang dimonitor mengalami gangguan/anomali. Data hasil rekaman tersebut menjadi sangat penting karena dapat digunakan untuk menganalisa penyebab dan akibat gangguan/anomali yang terjadi dan bahkan dapat menentukan langkah-langkah antisipasi agar gangguan/anomali yang sifatnya merusak peralatan atau mengganggu operasional dan pelayanan tidak terjadi lagi (PLN, 2010). Sistem perekam/recorder ini merupakan komponen peralatan yang terdiri dari input analog (arus dan tegangan), dan input berupa bekerjanya (open/close/trip) peralatan primer dan skunder lain yang terhubung ke peralatan perekam/recorder tersebut (PLN, 2014). Peralatan perekam/record kejadian yang terpasang di instalasi PLN secara umum adalah sebagai berikut :

a. PQM (Power Quality Meter)

PQM merupakan peralatan perekam/recorder dan pengolah kondisi sistem dengan inputan analog arus dan tegangan pada kondisi normal maupun gangguan berdasarkan durasi waktu maupun sensor trigger (perubahan arus, tegangan, frekuensi dan harmonisa) pada level setting yang telah ditentukan

b. Fault Locator

Fault Locator merupakan peralatan perekam/pengolah analog input Arus dan Tegangan, dan melakukan proses recording yang kemudian hasilnya adalah menentukan jarak lokasi gangguan pada saluran transmisi (PLN, 2014) Ada beberapa jenis fault locator yang ada, yaitu :

1. Fault locator yang bekerja berdasarkan prinsip teori impedansi dengan inputan arus dan tegangan. Fault locator jenis ini yang masih beroperasi secara independent (tidak menyatu dengan relay jarak) adalah merk ABB type RANZA
2. Fault locator yang bekerja berdasarkan prinsip teori impedansi dengan inputan arus dan tegangan tetapi pengoperasiannya menyatu dengan relay jarak (distance relay). Contoh ; relay jarak dengan merk GE D60, Areva P443, Siemens 7SJ6xx atau Toshiba GRZ100.
3. Fault Locator yang bekerja dengan prinsip teori gelombang berjalan (Fault Locator Base Travelling Wave System) merupakan peralatan perekam/pengolah dengan inputan analog Arus, melakukan proses recording dan penentuan lokasi titik gangguan berdasarkan teori gelombang berjalan. Fault locator ini harus dioperasikan dengan menggunakan PC bersama dengan software khusus.

c. *SER (Sequence Event Record)*

SER merupakan peralatan perekam/pengolah inputan *digital/event/kontak* (open/close) melakukan proses recording untuk memberikan informasi peralatan sistem tenaga listrik seperti PMT, PMS line, PMS tanah yang bekerja.

d. *DFR (Disturbance Fault Recorder)*

DFR merupakan peralatan perekam/recorder yang bekerja berdasarkan Input analog arus dan tegangan, inputan *digital/event/kontak* yang berasal dari peralatan primer (seperti buka,tutup dan tripnya PMT) atau inputan dari peralatan sekunder (seperti bekerjanya relay proteksi). Peralatan ini akan merekam dan menyimpan data kondisi sistem secara otomatis pada saat sebelum, gangguan/fault berlangsung dan sesudah gangguan, yang hasilnya dapat dilihat dalam bentuk cetakan (print out) atau melalui software pembuka rekaman gangguan. Informasi yang bisa diperoleh adalah besarnya fault (nilai arus dan tegangan), lama gangguan/kejadian, event/kontak dan sensor yang bekerja. DFR adalah alat yang mengukur dan merekam besaran listrik seperti arus (A), tegangan (V) dan Frekuensi (Hz) pada saat sebelum, selama dan setelah gangguan/kejadian terjadi. Peralatan ini bekerja secara *real time*, terus menerus untuk memonitor kondisi peralatan. Secara umum DFR bekerja karena adanya input analog arus, tegangan dan *digital/event* yang seluruhnya dikonversikan ke bentuk digital, setelah input yang dirasakan diluar batas setting maka proses recording berlangsung dan hasilnya berupa data disimpan di dalam memori dan dicetak melalui printer. Hasil rekaman DFR berupa tampilan gelombang sinusoidal dan untuk analisisnya menggunakan software pembuka atau bisa diketahui secara langsung. DFR akan bekerja secara *real time* untuk memonitor kondisi listrik dan peralatan terkait lainnya pada saat terjadi gangguan, karena menggunakan sistem digital maka semua data dikonversikan ke bentuk digital dan disimpan di memori, hasil monitoring tersebut akan tersimpan secara permanen dalam bentuk hasil cetakan di kertas dan data memori. Secara umum, fungsi Disturbance Fault Recorder (DFR) adalah :

- Mengetahui besaran listrik seperti arus (A), tegangan (V) dan Frekuensi (F)
- Mengetahui lamanya gangguan (fault clearing time)
- Mengetahui peralatan sistem proteksi yang bekerja
- Melihat harmonik dari sistem tenaga listrik
- Melihat apakah CT normal/tidak jenuh
- Memastikan bahwa peralatan sistem proteksi bekerja dengan baik
- Mendeteksi jenis gangguan
- Dokumentasi

Berdasarkan konstruksinya, DFR dapat dibedakan menjadi :DFR yang tergabung dengan peralatan proteksi,DFR yang terpisah dengan peralatan proteksi. Berdasarkan cara komunikasi data, DFR dapat dibedakan menjadi DFR tipe Dial Up (menggunakan modem), DFR tipe TCP/IP (menggunakan jaringan intranet). Pada sistem Jawa Bali, mayoritas peralatan DFR yang digunakan adalah merk Hathaway. Jenis DFR yang digunakan adalah yang terpisah dengan peralatan proteksi serta variasi antara tipe Dial Up (DFR II) dan tipe TCP/IP (IDM). Saat ini, untuk efektivitas serta keandalan pengambilan data, sedang dilakukan migrasi dari tipe Dial Up menjadi TCP/IP

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan pengambilan data kemudian melakukan analisis dari data yang didapat dengan formulasi rumus yang berkaitan. Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data tentang nilai impedansi, rekaman DFR dan relay *distance*, single line diagram sistem transmisi GI Kisaran – GI Sei Mangke, dan data indikasi relay pada saat gangguan. Ketika terjadi gangguan pada saluran transmisi maka relai akan mendeteksi gangguan tersebut dan pada relai akan muncul indikasi yang menunjukkan relai itu bekerja dan akan diketahui hasil penunjukkan jarak pada fault locator pada *distance relay*. Dari hasil tersebut dapat diketahui jarak gangguan yang terjadi, karena *fault locator* bekerja dengan prinsip teori gelombang berjalan. Penentuan jarak gangguan dalam penelitian ini dapat ditentukan dengan analisis penentuan lokasi gangguan dengan cara perhitungan berikut:

- Mencari nilai besaran impedansi line (Z_L) maka menggunakan perhitungan persamaan berikut :

$$Z_{line} = \sqrt{R_{line}^2 + X_{line}^2} \dots\dots\dots (1)$$
- Menghitung Impedansi gangguan (Z_{fault}) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Z_1 = \frac{E_{ph1}}{I_{ph1}(1+K_N)} \dots\dots\dots (2)$$
- Menghitung jarak gangguan dapat menggunakan rumus berikut :

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{Z_{fault}}{Z_{line}} \dots\dots\dots (3)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data yang dilakukan pada ULTG Kisaran terdiri dari :

- Single line diagram ULTG Kisaran
- Rekaman gangguan KSRAN-SMKEI 1
- Rasio CT dan PT
 CT (Transformator Arus) = 1600/1 A
 PT (Transformator Tegangan) = 150000/100 V
- Indikasi Relai

Tabel 1. indikasi relai yang bekerja

No.	Lokasi GI	Bay Pengantar	Status PMT	Event	Waktu Trip
1	GI Kisaran	PHT 150kV Sei Mangkei 1	Reclose	Relay : - Z1 Trip C - AR Close - Aided Trip - AR Sukses - CR Send - CR Receive Jarak gangguan : 7,90 Km	17:51
2	GI Sei Mangkei	PHT 150kV Kisaran 1	Reclose	Relay : - Zone 1 ph C - AR in Progress - AR Dist Trip Jarak gangguan : 46,97 Km	17:51

5. Data Relai Jarak

Tabel 2. Data Relai Jarak KSRAN-SMKEI 1

Item	Uraian
Merk	NR ELECTRIC
Type	PCS 902
Model Number	PCS-902-I-EN
Nomor Seri	NRJB2006301650470

6. Data Kabel Penghantar

Tabel 3. Kabel Penghantar

Uraian	Satuan
ACSR	-
0.099635+j0.42267	Ohm/Km
0.737	-
58.76	Km



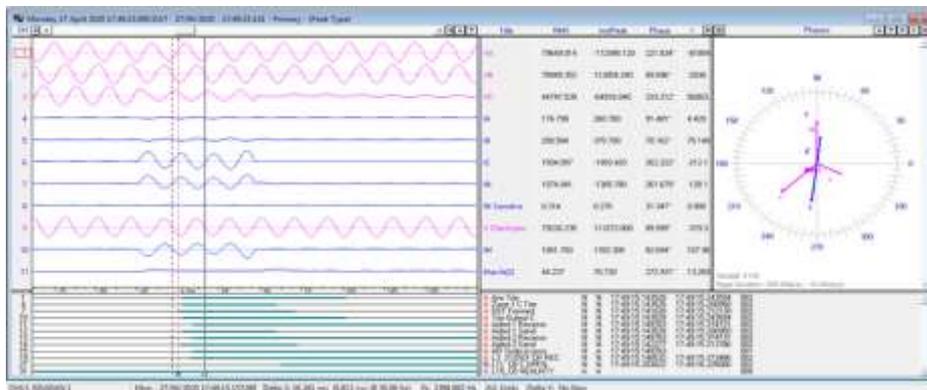
Gambar 1. Rekaman Distance Relay KSRAN-SMKEI 1

Dari rekaman gangguan pada gambar 1. didapatkan hasil pembacaan rekaman relay *distance* KSRAN-SMKEI 1 sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pembacaan Rekaman Distance Relay KSRAN-SMKEI 1

	Sudut	Tegangan	Keterangan	Sensor yg bekerja
Phs A : 204A	84°	81kV	Arus saat gangguan rendah	
Phs B : 248A	67°	79kV	Arus saat gangguan rendah	- CB1.TripC On
Phs C : 3251A	78°	19kV	Arus saat gangguan tinggi, Tegangan drop	- 21Q1.Op On
3Io : 3699A	78°	50kV		

Rekaman Distance Relay gangguan KSRAN-SMKEI 1 dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



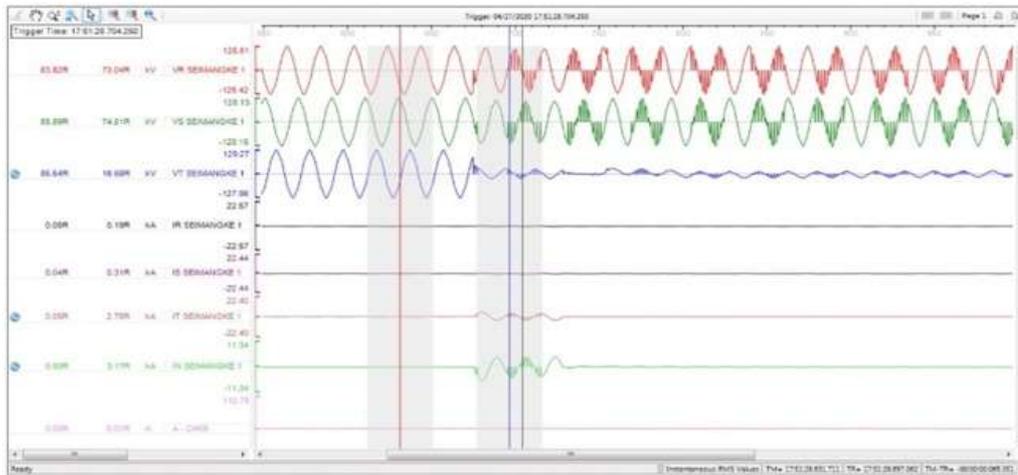
Gambar 2. Rekaman Distance Relay SMKEI-KSRAN 1

Dari gambar rekaman gangguan pada gambar 2. didapatkan hasil pembacaan rekaman relay *distance* KSRAN-SMKEI 1 sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Pembacaan Rekaman Distance Relay SMKEI-KSRAN 1

Arus gangguan	Sudut	Tegangan	Keterangan	Sensor yg bekerja
Phs A : 176A	91°	79kV	Arus saat gangguan rendah	- Any Trip On
Phs B : 258A	78°	78kV	Arus saat gangguan rendah	- Z1 C Trip On
Phs C : 1504A	262°	44kV	Arus saat gangguan tinggi, Tegangan drop	- DEF Forward On
3Io : 1074A	261°			- Trip Output C On
				- Aided 1 Send On
				- AR 1 Pole In Progress On

Rekaman DFR gangguan KSRAN-SMKEI 1 dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Rekaman DFR KSRAN-SMKEI 1

Berdasarkan data DFR sebelumnya di dapat hasil analisa DFR nya adalah sebagai berikut :

1. Terjadi gangguan 1 fase T-N
2. Terjadi drop tegangan dan kenaikan arus pada fase T
3. Tegangan terpotong saat tegangan peak bersamaan dengan kenaikan arus
4. Terdapat ripple tegangan fase R,S,T

Berdasarkan identifikasi tersebut dapat disimpulkan bahwa karakteristik dari rekaman DFR merupakan karakteristik gangguan yang disebabkan oleh petir

Penentuan lokasi gangguan pada saluran udara tegangan tinggi secara akurat, dapat mempengaruhi waktu dalam pemulihan gangguan. Secara umum panjang jaringan pada SUTT sampai berjarak puluhan km. Untuk mengetahui lokasi gangguan dapat dilihat dari hasil yang terdapat pada *fault locator*. pada gangguan bay KSRAN-SMKEI 1 didapat jarak gangguan dari fault locator yaitu 7.90 Km dari GI Kisaran dan 46.97 Km dari GI Sei Mangkei. Untuk menentukan lokasi gangguan dapat juga melalui suatu perhitungan dari pembacaan tegangan dan arus gangguan hasil rekaman DFR. Dari data rekaman DFR diketahui data gangguan sebagai berikut :

$V_{\text{fault}} : 19 \text{ kV}$

$I_{\text{fault}} : 3.251 \text{ kA}$

Kemudian dilihat dari data impedansi penghantar yang tersedia dapat dilihat data penghantar KSRAN-SMKEI 1 sebagai berikut :

$R1 : 0.099635 \text{ ohm/Km}$

$X1 : 0.42267 \text{ ohm/Km}$

$K0 : 0.737$

1. Untuk memperoleh nilai besaran impedansi line (Z_L) :

$$Z_{\text{line}} = \sqrt{R_{\text{line}}^2 + X_{\text{line}}^2}$$

$$Z_{\text{line}} = \sqrt{0.099635^2 + 0.42267^2}$$

$$Z_{\text{line}} = 0.4342 \text{ Ohm}$$

2. Impedansi gangguan (Z_{fault}) :

$$Z_f = \frac{E_{\text{phf}}}{I_{\text{phf}}(1 + K_N)}$$

$$Z_f = \frac{19000}{3251(1+0.737)} = 3.36462 \text{ Ohm}$$

3. Jarak gangguan dapat dihitung dengan perhitungan berikut:

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{Z_{\text{fault}}}{Z_{\text{line}}}$$
$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{3.36462}{0.4342} = 7.749 \text{ Km}$$

Gangguan pada bay penghantar KSRAN-SMKEI 1 pada tanggal 27 april 2020 dapat diketahui dengan menggunakan hasil rekaman yang didownload melalui alat perekam internal relai. Dari hasil analisa rekaman gangguan yang berasal dari relai *distance* KSRAN-SMKEI 1 yaitu jam gangguan pada GPS menunjukkan pukul 17:51 WIB, arus gangguan sebesar 3,2 kA dan drop tegangan sebesar 19kV (I prefault sebesar 48A dan V prefault sebesar 86kV). Dari data hasil analisa DFR diketahui bahwa terjadi gangguan 1 phasa yaitu phasa T-N, terjadi drop tegangan dan kenaikan arus yang signifikan, dan terdapat ripple tegangan pada phasa R, S, T, dan tegangan terpotong saat tegangan peak, dari hasil analisa rekaman DFR tersebut dapat disimpulkan bahwa karakteristik yang diperlihatkan pada rekaman DFR tersebut merupakan karakteristik gangguan yang disebabkan oleh petir. Melalui hasil perhitungan jarak gangguan diperoleh hasil bahwa jarak gangguan berada 7,749 Km dari GI Kisaran. Dan hasil tersebut dibandingkan dengan hasil penunjukan lokasi gangguan pada fault locator yang terdapat pada relai *distance* yaitu gangguan bay penghantar KSRAN-SMKEI 1 berada 7,90 Km dari GI Kisaran dan 46,97 Km dari GI Sei Mangkei. Dari hasil tersebut dilakukan *crosscheck* pada daerah gangguan tersebut sekitar tower 133-134 yang dilihat dari data span tower yang terganggu. Hasil perhitungan impedansi tidak bisa dijadikan patokan untuk menentukan jarak gangguan, karena itu untuk mengetahui jarak gangguan dapat dilihat dari penunjukan *fault locator* pada relai jarak karena *fault locator* yang digunakan bekerja dengan prinsip teori gelombang berjalan.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Menentukan penyebab gangguan dan sekaligus mempercepat proses pemulihan gangguan dapat dilakukan analisa dari hasil rekaman gangguan yaitu dengan melihat besarnya arus, tegangan, indikasi relai dan karakteristik yang di miliki oleh setiap penyebab gangguan, dan untuk menentukan lokasi gangguan dapat diketahui dari penunjukan pada *fault locator* yang terdapat pada relai jarak atau dapat dengan melakukan perhitungan berdasarkan data-data yang diketahui sebelumnya. Setiap gangguan memiliki karakteristiknya masing-masing dan jenis gangguan berdasarkan analisa DFR yang sering terjadi diantaranya adalah gangguan karena pohon, petir dan isolator kotor.

Perlu dilakukan kalibrasi terhadap peralatan proteksi secara rutin dan berkala agar sistem proteksi dapat diharapkan bekerja sesuai dengan prinsipnya yaitu cepat, sensitif, handal, dan selektif.

DAFTAR PUSTAKA

- PLN, (2014), *Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Sekunder Gardu Induk – Proteksi dan Kontrol Penghantar*.
- PLN, (2014), *Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Sekunder Gardu Induk – Peralatan Perekam*.
- PLN, (2013), Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa-Bali. 2013. *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk*.
- PLN, (2010), *DFR Untuk Dispatcher*. Pusat Pendidikan dan Pelatihan, Jakarta.
- Rosdianto, F. (2017), *Analisis Data DFR (Digital Fault Recorder) Sebagai Alat Bantu Penentuan Jenis Penyebab dan Lokasi Gangguan Pada Gangguan Saluran Udara Tegangan Tinggi Satu Fasa ke Tanah*.