

Analisis Gangguan Jaringan Transmisi 150 kV menggunakan Disturbance Fault Recorder Alat Pelacak Berbasis Travelling Wave System Pada ULTG Duri

Arlenny¹, Abrar Tanjung², Muhd. Fathur Dharna Alqadri³

1,2,3 Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

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

Email: Arlenny@unilak.ac.id, Abrar@unilak.ac.id, fathurdharnaa@gmail.com

Submitted : April 24, 2022

Accepted: December 19, 2023

DOI: 10.31849/sainetin.v8i1.9928

ABSTRAK

Peranan DFR dalam menganalisa gangguan jaringan transmisi 150 kV ULTG Duri sangat berguna dalam percepatan penormalan sistem transmisi 150 kV, mengetahui jenis dan karakteristik gangguan, serta penentuan lokasi gangguan menggunakan hasil dari data rekaman DFR dengan pembandingan alat pelacak berbasis TWS. Berdasarkan pola kejadian gangguan yang terjadi di ULTG Duri pada tahun 2021, diketahui gangguan akibat petir sebanyak 3 kali, dan gangguan akibat pohon atau benda lain sebanyak 1 kali. Dengan diketahuinya karakteristik jenis dari gangguan, hal ini dapat mempercepat evaluasi gangguan dan melakukan penormalan kembali kelistrikan pada ULTG Duri. Perhitungan *error* jarak lokasi gangguan pada DFR untuk Saluran Transmisi 150 kV Duri – Balai Pungut 1 dan 2 adalah 25,326 %, Duri – Balai Pungut 2 adalah 6,231 %, Duri – Bagan Batu 2 adalah 12,231 %, dan Duri – Bagan Batu 1 dan 2 adalah 1,120 %, sementara perhitungan *error* lokasi gangguan pada TWS untuk Saluran Transmisi 150 kV Duri – Balai Pungut 1 adalah 7,489 %, untuk Duri – Balai Pungut 2 adalah 2,354 %, Duri Balai Pungut 2 adalah 1,762 %, Duri – Bagan Batu 2 adalah 0,088 %, dan Duri – Bagan Batu 1 dan 2 adalah 0,092 %. TWS sebagai alat bantu pelacak gangguan dapat digunakan sebagai referensi tambahan dalam menentukan lokasi gangguan.

Kata Kunci: DFR, TWS, Saluran Transmisi, Error

ABSTRACT

The role of DFR in analyzing disturbances in the 150 kV ULTG Duri transmission network is very useful in accelerating the 150 kV transmission system, knowing the type and disturbance, and detecting interference using DFR recording data with a TWS-based comparison tracking device. Based on the pattern of disturbances that occurred at ULTG Duri in 2021, It is known that disturbances caused by lightning are 3 times, and disturbances due to trees or other objects are 1 time. By knowing the characteristics of the disturbance, this can mark the evaluation and normalization of electricity on ULTG Duri. The calculation of the fault location distance error on the DFR for the 150 kV transmission line Duri – Balai Pungut 1 and 2 is 25,326 %, Duri – Balai Pungut 2 is 6,231 %, Duri – Bagan Batu 2 is 12,231 %, and Duri – Bagan Batu 1 and 2 are 1,120 %, while the calculation of fault location error at TWS for the 150 kV Duri – Balai Pungut 1 Transmission Line is 7,489 %, for Duri – Balai Pungut 2 is 2,354 %, Duri Balai Pungut 2 is 1,762 %, Duri – Bagan Batu 2 is 0,088 %, and Duri – Bagan Batu 1 and 2 are 0.092 %. TWS as a disturbance tracking tool can be used as an additional reference in determining the location of disturbance.

Keywords: DFR, TWS, Transmission line, Error

1. PENDAHULUAN

Gangguan pada sistem penyaluran atau transmisi tenaga listrik terutama saluran udara tegangan tinggi/ekstra tinggi (SUTT/SUTET) merupakan suatu hal yang pasti terjadi. Kategori gangguan pada saluran transmisi diantaranya:

gangguan transien, semi permanen dan permanen [1]–[3].

Dalam upaya meningkatkan keandalan sistem dan meminimalisir terjadinya gangguan, maka diperlukan alat yang dapat merekam terjadinya aktivitas yang dianggap tidak normal pada peralatan di lapangan. Misalnya jenis dan lokasi gangguan

yang terjadi dilapangan, jika gangguan yang terjadi bersifat sementara maupun permanen dapat ditindaklanjuti dan diminimalisir agar tidak terjadi kerusakan pada peralatan yang terganggu [4]–[6].

Susunan alat bantu dari perekam gangguan ini terdiri dari komponen-komponen peralatan antara lain dari input pekerjaanya (*Circuit Breaker*). Input analognya yaitu arus dan tegangan berfungsi sebagai alat yang mengeluarkan perintah untuk pemutusan dan penyambungan kembali peralatan untuk melindunginya dari gangguan (*open/close/trip*). Perintah ini berasal dari peralatan primer, maupun inputan dari peralatan sekunder (*rele* proteksi) yang akan terhubung keperalatan perekam / recorder gangguan. Peralatan perekam yang dimaksud adalah DFR (*Digital Fault Recorder*) dan TWS (*Traveling Wave System*) [7]–[9].

Peralatan bantu DFR dan TWS dapat menyimpan dan merekam kondisi pada sistem dengan otomatis pada saat sebelum ataupun setelah mengalami gangguan, yang hasil akhirnya dapat dilihat dengan menggunakan *software* IQ+ dan terdapat juga hasil dalam *hardcopy* ataupun cetakan. Perbedaan dalam fungsi kerjanya DFR hanya untuk merekam dan menentukan jenis serta karakteristik dari gangguan dari input CT dan VT, dan sedangkan untuk TWS berfungsi untuk menganalisa jarak gangguan dengan inputan berupa arus.

DFR sendiri adalah peralatan PT. PLN (Persero) yang sangat diandalkan dalam proses melakukan percepatan dan penanganan gangguan yang terjadi di sistem kelistrikan UPT Pekanbaru terkhusus yang ditempat saya melakukan penelitian di ULTG Duri. Karena DFR menyediakan kemampuan perekaman yang jauh lebih canggih, menghasilkan analisis yang lebih baik dalam masalah sistem dan lebih ekonomis.

Dengan alasan karena DFR menawarkan keuntungannya meliputi tidak menyaring sinyal analog seperti banyak rele digital lainnya, kapasitas penyimpanan yang lebih besar, memungkinkan perekaman yang lebih lama, memiliki tingkat pengambilan sampel yang lebih cepat, memiliki respons frekuensi yang lebih luas, dirancang dengan lebih banyak opsi pemicu, dan dapat memantau banyak komponen sistem daya secara bersamaan [10].

Jadi dengan pemanfaatan *Disturbance Fault Recorder* (DFR), kita dapat mengetahui jenis karakteristik gangguan yang terjadi dalam saluran transmisi ULTG Duri, sehingga kita dapat mengevaluasi gangguan tersebut agar tidak terjadi Kembali/ meminimalisir frekuensi gangguan yang

terjadi. Lalu peran *Travelling Wave System* (TWS) disini untuk memberikan jarak lokasi gangguan yang lebih akurat dibandingkan dengan jarak lokasi gangguan yang didapat dari Data perhitungan Hasil rekaman DFR.

Electrical Fault Pada Sistem Tenaga Listrik

Perhitungan Impedansi Saluran Untuk menghitung nilai besaran impedansi *line* (Z_L) dapat digunakan perhitungan berikut [11], [12]:

$$Z = R + jX = |Z| \angle \theta \quad (1)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}, \tan^{-1} \frac{X}{R} \quad (2)$$

Dimana:

Z = Impedansi (Ohm)

R = Resistansi (Ohm)

X = Reaktansi (Ohm)

Impedansi Gangguan Hubung Singkat Fasa - Fasa

Untuk menghitung impedansi gangguan fasa-fasa dapat menggunakan rumus berikut [13]:

$$Z_{MLmLn} = \frac{U_{Lm} - U_{Ln}}{I_{Lm} - I_{Ln}} \quad (3)$$

Dimana:

Z_{MLmLn} = Elemen pengukur Impedansi fasa m dan n

U_{Lm} = Tegangan terukur di fasa m

U_{Ln} = Tegangan terukur di fasa n

I_{Lm} = Arus terukur di fasa m

I_{Ln} = Arus terukur di fasa n

Impedansi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

Untuk menghitung impedansi gangguan satu fasa ke tanah dapat menggunakan rumus berikut [1]:

$$Z_{MLn} = \frac{U_{Ln}}{I_{Ln} \times (1 + K_{NF})} \quad (4)$$

Dimana:

Z_{MLn} = Elemen pengukur Impedansi fasa n

U_{Ln} = Tegangan terukur di fasa n

I_{Ln} = Arus terukur di fasa n

K_{NF} = Faktor Kompensasi pengembalian bumi

Untuk menghitung Faktor Kompensasi pengembalian bumi dapat menggunakan rumus sebagai berikut [13]:

$$K_N = \frac{Z_{0L} - Z_{1L}}{3 \times Z_{1L}} \quad (5)$$

Dimana:

K_N = Faktor Kompensasi pengembalian bumi

Z_{0L} = Rangkaian saluran impedansi urutan nol

Z_{1L} = Rangkaian saluran impedansi urutan positif

Jarak Gangguan

Untuk menghitung jarak gangguan fase – fase dan fase - tanah dapat menggunakan rumus berikut [4], [14], [15]:

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{Z_{Fault}}{Z_{Line}} \quad (6)$$

Dimana:

Z_{fault} = Impedansi Gangguan

Z_{Line} = Impedansi Saluran

Error Jarak Lokasi Gangguan

Untuk menghitung *error* pada jarak lokasi gangguan dapat menggunakan rumus sebagai berikut [14]:

$$\text{Error (\%)} = \frac{d - d_{exact}}{l} 100\% \quad (7)$$

Dimana:

d = Jarak estimasi

d_{exact} = Jarak yang tepat ke gangguan

l = Total Panjang saluran

2. METODE PENELITIAN

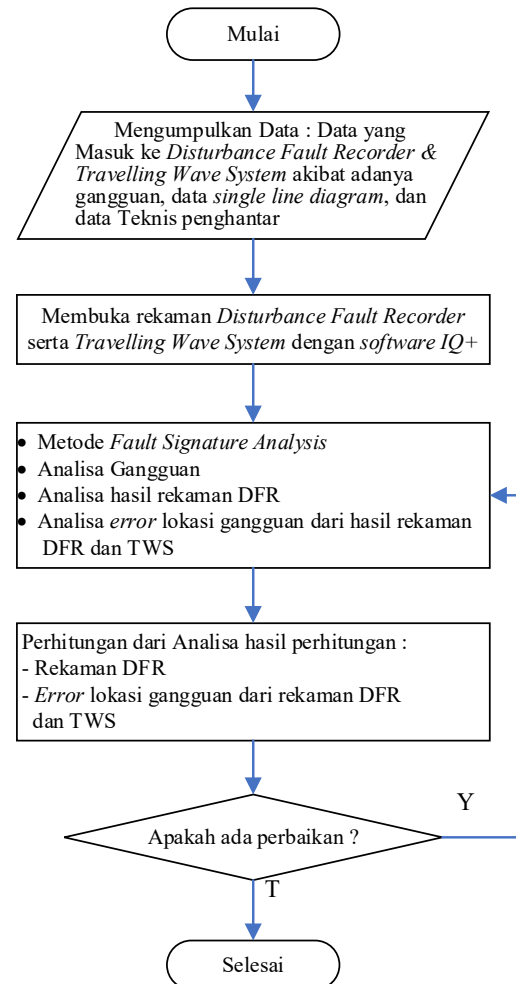
Objek penelitian ini adalah *Disturbance Fault Recorder* (DFR) dalam menganalisa gangguan jaringan transmisi 150 kV sebagai pembanding alat pelacak berbasis *Travelling Wave System* (TWS) pada ULTG Duri.

Tahapan/Langkah – Langkah penelitian

1. Melakukan pencarian data beban penghantar pada Gardu Induk tersebar di wilayah kerja ULTG Duri.
2. Melakukan pengambilan data teknis penghantar pada saluran transmisi 150 kV ULTG Duri PT. PLN (Persero) UPT Pekanbaru.
3. Melakukan download data hasil rekaman gangguan pada DFR dengan menggunakan Aplikasi IQ+.
4. Melakukan download data lokasi gangguan menggunakan TWS dengan menggunakan Aplikasi IQ+.
5. Melakukan Analisa Jenis dan karakteristik gangguan dengan Metode fault Signature Analysis.
6. Melakukan perhitungan impedansi saluran.
7. Melakukan perhitungan Impedansi gangguan.
8. Melakukan Perhitungan jarak gangguan.
9. Menentukan lokasi gangguan dari hasil rekaman DFR.
10. Menentukan lokasi gangguan dengan TWS.

11. Menentukan error lokasi gangguan hasil dari DFR dan TWS.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini bersifat kualitatif, sehingga data tersebut akan dituangkan secara tertulis. Gambar 1 menunjukkan diagram alir tahapan pembahasan.

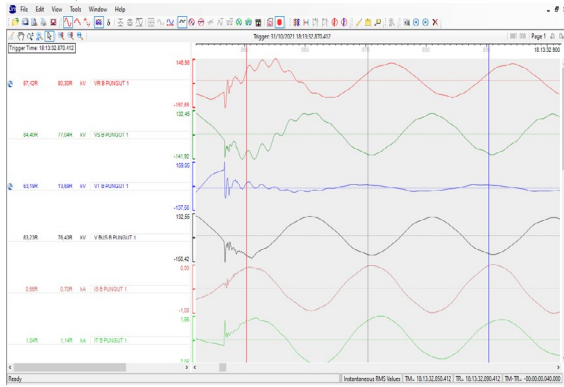


Gambar 1 Diagram Alir tahapan Pembahasan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pemantauan jaringan listrik dengan menyoroti peran kritis DFR dalam meningkatkan kemampuan analisis gangguan pada jaringan transmisi tegangan tinggi.

Analisa Gangguan Jaringan Saluran Transmisi dengan DFR pada saluran Transmisi 150 kV Duri – Balai Pungut 1 dan 2. Pada tanggal 31 oktober 2021, telah terjadi gangguan saluran transmisi 150 kV Duri – Balai Pungut 1 dan 2, gangguan terjadi pada pukul 18.13 WIB. Untuk gambar dari rekaman DFR dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Data DFR Gangguan Duri – Balai Pungut 1 dan 2

Pada gambar diatas menunjukkan data nilai V_{fault} sebesar 13,69 kV dan I_{fault} sebesar 1,14 kA, melihat kondisi tegangan pada saat gangguan diatas, terdapat tegangan yang terpotong pada tegangan *peak/puncak* pada fasa terganggu yaitu pada fasa T, bersamaan dengan kenaikan arus yang signifikan sebesar 1,14 kA, serta diketahui terdapat cacat tegangan pada 3 fasa berdasarkan ciri-ciri diatas dapat disimpulkan jenis karakteristik gangguan saluran transmisi 150 kV Balai Pungut – Duri 1 dan 2 adalah Petir. Durasi dari gangguan adalah 3,809 detik.

Impedansi Saluran Transmisi 150 kV Per km Duri – Balai Pungut 1 Dan 2

Untuk memperoleh nilai besaran impedansi saluran per km ini dapat dihitung sebagai berikut menggunakan persamaan (1) dan (2):

Diketahui:
 $R^2 = 0,097 \text{ Ohm/ km}$
 $X^2 = 0,400 \text{ Ohm/ km}$

Maka,
 $Z_+ = \sqrt{R^2 + X^2}$
 $Z_+ = \sqrt{(0,097)^2 + (0,400)^2}$
 $Z_+ = \sqrt{(0,009) + (0,16)}$
 $Z_+ = 0,411 \text{ Ohm/ km}$

b. Menghitung Impedansi Urutan Nol
 untuk menghitung impedansi urutan nol digunakan rumus persamaan (2).

Diketahui:
 $R^2 = 0,247 \text{ Ohm/ km}$
 $X^2 = 1,201 \text{ Ohm/ km}$

Maka,
 $Z_0 = \sqrt{R^2 + X^2}$
 $Z_0 = \sqrt{(0,247)^2 + (1,201)^2}$

$$Z_0 = \sqrt{(0,061) + (1,442)}$$

$$Z_0 = 1,225 \text{ Ohm/ km}$$

c. Menghitung Impedansi Line
 untuk menghitung impedansi *line* per km digunakan rumus persamaan (1) dan (2).

Diketahui:
 $R^2 = 0,097 \text{ Ohm/ km}$
 $X^2 = 0,400 \text{ Ohm/ km}$

Maka,
 $Z = R + jX$
 $Z_L = \sqrt{R^2 + X^2}$
 $Z_L = \sqrt{(0,097)^2 + (0,400)^2}$
 $Z_L = \sqrt{(0,009) + (0,16)}$
 $Z_L = 0,411 \text{ Ohm/ km}$

Untuk menghitung Faktor Kompensasi pengembalian bumi, Hal ini dapat dihitung sebagai berikut dengan menggunakan persamaan (5) berikut:

Diketahui:
 $Z_{0L} = 1,225$
 $Z_{1L} = 0,411$

Maka,
 $K_N = \frac{Z_{0L} - Z_{1L}}{3 \times Z_{1L}}$
 $K_N = \frac{1,225 - 0,411}{3 \times 0,411}$
 $K_N = 0,660$

Impedansi Gangguan Transmisi 150 kV Duri - Balai Pungut 1 Dan 2

Perhitungan Impedansi Gangguan terukur pada fasa terganggu yaitu pada fasa T (Z_{MLT}) bisa dihitung menggunakan persamaan (4) berikut ini:
 Diketahui:

$U_{Ln} = 13690 \text{ V}$
 $I_{Ln} = 1140 \text{ A}$
 $K_{NF} = 0,660$
 Maka,
 $Z_{MLn} = \frac{U_{Ln}}{I_{Ln} \times (1 + K_{NF})}$
 $Z_{MLT} = \frac{13690 \text{ V}}{1140 \text{ A} \times (1 + 0,660)}$
 $Z_{MLT} = 7,234 \text{ Ohm}$

Jarak Gangguan Transmisi 150 kV Duri – Balai Pungut 1 Dan 2

Perhitungan Jarak gangguan bisa dihitung dengan menggunakan persamaan (6) berikut ini:

Diketahui:
 Z_{MLn} sama dengan Z_{Fault}

$$Z_{Fault} = 7,234 \text{ Ohm}$$

$$Z_{Line} = 0,411 \text{ Ohm/km}$$

Maka,

$$\text{Jarak Gangguan} = \frac{Z_{Fault}}{Z_{Line}}$$

$$= \frac{7,234 \text{ Ohm}}{0,411 \text{ Ohm/km}}$$

$$= 17,600 \text{ km}$$

Berdasarkan data Menara yang ada dilapangan maka perkiraan nomor menara dari hasil perhitungan DFR adalah menara 76. Berdasarkan pengecekan dilapangan terdapat temuan ditower 109 dengan jarak lokasi gangguan 6,996 km dari GI Duri. Hasil investigasi pada tower 109 yaitu terdapat *Arching Horn* yang gosong.

Analisa Gangguan Jaringan Saluran Transmisi dengan TWS pada saluran Transmisi 150 kV Duri – Balai Pungut 1 dan 2

Lokasi : Duri – Balai Pungut 1 dan 2 150 kV
Tanggal : 31 Oktober 2021
Waktu : 18.13 wib



Gambar 3 TWS Gangguan Duri – Balai Pungut 1

Dapat dilihat pada gambar 3, bahwasanya gelombang TWS menunjukkan adanya gangguan dititik 37,99 km dari GI balai Pungut dan 3,86 km dari GI Duri. Berdasarkan data dari TWS lokasi gangguan diperkirakan dimenara 118.



Gambar 4 TWS Gangguan Duri – Balai Pungut 2

Dapat Dilihat pada gambar 4, bahwasanya gelombang TWS menunjukkan adanya gangguan dititik 35,84 km dari GI balai Pungut dan 6,01 km dari GI Duri. Berdasarkan data dari TWS lokasi gangguan diperkirakan dimenara 112. Tabel 4.3 Data Prediksi TWS gangguan penghantar Duri – Balai pungut 1 dan 2

Error Jarak Lokasi Gangguan Saluran Transmisi 150 kV Duri – Balai Pungut 1 Dan 2

Perhitungan *error* jarak gangguan Saluran Transmisi 150 kV Duri – Balai Pungut 1 dan 2 dapat dihitung menggunakan persamaan (2.7) sebagai berikut:

a. DFR Duri – Balai Pungut 1 dan 2

$$\text{Error \%} = \frac{d - d_{exact}}{l} 100\%$$

$$\text{Error \%} = \frac{17,600 - 6,996}{41,87} \times 100$$

$$= 25,326 \%$$

b. TWS Duri – Balai Pungut 1

$$\text{Error \%} = \frac{d - d_{exact}}{l} 100\%$$

$$\text{Error \%} = \frac{3,86 - 6,996}{41,87} \times 100$$

$$= 7,489 \%$$

c. TWS Duri – Balai Pungut 2

$$\text{Error \%} = \frac{d - d_{exact}}{l} 100\%$$

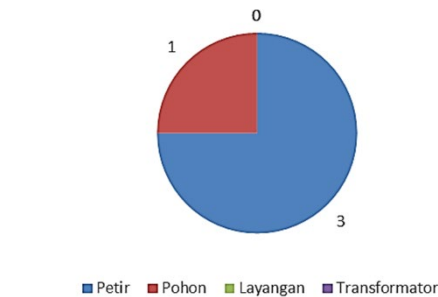
$$\text{Error \%} = \frac{6,01 - 6,996}{41,87} \times 100$$

$$= 2,354 \%$$

Karakteristik Gangguan pada ULTG Duri

Berdasarkan pola kejadian gangguan yang terjadi di ULTG Duri pada tahun 2021, cukup jelas diketahui diantaranya gangguan akibat petir sebanyak 3 kali, dan gangguan akibat pohon atau benda lain sebanyak 1 kali. Dengan diketahuinya

karakteristik jenis dari gangguan, hal ini dapat mempercepat evaluasi gangguan dan melakukan penormalan kembali kelistrikan pada ULTG Duri. Grafik gangguan pada Saluran transmisi 150 kV ULTG Duri dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Gangguan pada Saluran Transmisi 150 kV ULTG DURI Tahun 2021

Lokasi Gangguan Berdasarkan Hasil Perhitungan Rekaman DFR Dan TWS

Hasil dari penunjukan jarak lokasi gangguan menggunakan data hasil Perhitungan rekaman DFR dapat dilihat dari Tabel 1.

Tabel 1 Jarak Lokasi Gangguan Berdasarkan Hasil perhitungan rekaman DFR

No	Penghantar	Tanggal Gangguan	Estimasi DFR (km)	Temuan (km)	Error
1	Duri – Balai Pungut 1 dan 2	31 Oktober 2021	17,600 km	6,996 km	25,326%
2	Duri – Balai Pungut 2	29 Agustus 2021	39,119 km	41,728 km	6,231%
3	Duri – Bagan Batu 2	5 Desember 2021	31,746 km	17,847 km	12,617%
4	Duri – Bagan Batu 1 dan 2	17 September 2021	42,192 km	40,958 km	1,120%

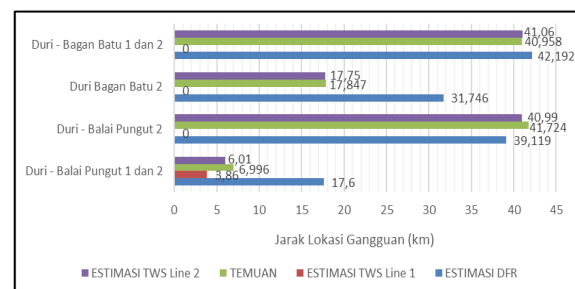
Berdasarkan Hasil dari Tabel 1 diatas, kita dapat menyimpulkan bahwa jarak estimasi dari data rekaman DFR pada penghantar Duri – Balai Pungut 1 dan 2 pada tanggal 31 Oktober 2021 memiliki tingkat *error* sebesar 25,326 %, penghantar Duri – Balai Pungut 2 pada tanggal 29 Agustus 2021 memiliki *error* sebesar 6,231 %, penghantar Duri – Bagan Batu 2 pada tanggal 5 desember 2021 memiliki *error* sebesar 12,617 %, dan pada penghantar Duri – Bagan Batu 1 dan 2 pada tanggal 17 september 2021 memiliki *error* sebesar 1,120%.

Hasil dari penunjukkan jarak lokasi gangguan menggunakan data hasil rekaman TWS dapat dilihat dari Tabel 2.

Tabel 2 Jarak Lokasi Gangguan Berdasarkan TWS

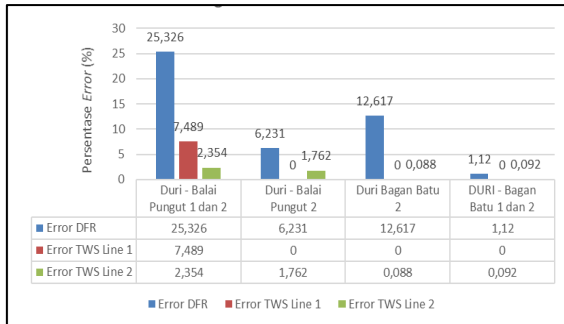
No	Penghantar	Tanggal Gangguan	Estimasi TWS (km)	Temuan (km)	Error
1	Duri – Balai Pungut 1	31 Oktober 2021	3,86 km	6,996 km	7,489%
	Duri – Balai Pungut 2	31 Oktober 2021	6,01 km	6,996 km	2,354%
2	Duri – Balai Pungut 2	29 Agustus 2021	40,99 km	41,728 km	1,762%
3	Duri – Bagan Batu 2	5 Desember 2021	17,75 km	17,847 km	0,088%
4	Duri – Bagan Batu 1 dan 2	17-Sep-21	41,06 km	40,958 km	0,092%

Berdasarkan Hasil dari Tabel 2 diatas, maka dapat disimpulkan bahwa jarak estimasi dari TWS pada penghantar Duri – Balai Pungut 1 pada tanggal 31 Oktober 2021 memiliki tingkat *error* sebesar 7,489 %, pada penghantar Duri – Balai Pungut 2 tanggal 31 oktober 2021 memiliki *error* sebesar 2,354 %, penghantar Duri – Balai Pungut 2 pada tanggal 29 Agustus 2021 memiliki *error* sebesar 1,762 %, penghantar Duri – Bagan Batu 2 pada tanggal 5 desember 2021 memiliki *error* sebesar 0,088 %, dan pada penghantar Duri – Bagan Batu 1 dan 2 pada tanggal 17 september 2021 memiliki *error* sebesar 0,092%. Adapun Grafik perbandingan lokasi gangguan dari DFR dan TWS dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Perbandingan lokasi gangguan DFR dan TWS berdasarkan temuan dilapangan

Berdasarkan grafik perbandingan Jarak lokasi gangguan DFR dan TWS diatas, TWS memiliki tingkat akurasi yang sangat baik dibandingkan dengan DFR dalam menentukan jarak gangguan, karena hasil dari estimasi jarak lokasi gangguan TWS lebih mendekati hasil temuan yang dilakukan dilapangan oleh tim pemeliharaan Jaringan ULTG Duri. Adapun Grafik perbandingan *error* pada DFR dan TWS dapat dilihat pada gambar 7 berikut:



Gambar 7 Perbandingan *Error* pada DFR dan TWS

Berdasarkan Gambar 7 Grafik perbandingan *error* jarak lokasi gangguan pada DFR untuk Saluran Transmisi 150 kV Balai Pungut – Duri 1 dan 2 adalah 25,326 %, Balai pungut – Duri 2 adalah 6,231 %, Duri – Bagan Batu 2 adalah 12,231 %, dan Duri – Bagan Batu 1 dan 2 adalah 1,120 %, sementara perhitungan *error* lokasi gangguan pada TWS untuk Saluran Transmisi 150 kV Balai Pungut – Duri 1 adalah 7,489 %, untuk Balai Pungut – Duri 2 adalah 2,354 %, Balai Pungut – Duri 2 adalah 1,762 %, Duri – Bagan Batu 2 adalah 0,088 %, dan Duri – Bagan Batu 1 dan 2 adalah 0,092 %. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa prediksi jarak dari lokasi gangguan dari hasil rekaman DFR masih belum akurat, dikarenakan persentase error yang masih tinggi. Penggunaan TWS sebagai alat pelacak gangguan pada gangguan yang terjadi di ULTG Duri lebih akurat dari pada hasil data rekaman DFR, karena prediksi lokasi gangguan dari TWS lebih mendekati hasil investigasi yang dilakukan oleh Tim Pemeliharaan Jaringan ULTG Duri.

4. KESIMPULAN

Penggunaan DFR dalam menentukan jenis karakteristik gangguan dapat membantu dalam upaya mempercepat evaluasi gangguan dan melakukan penormalan kembali sistem transmisi 150 kV pada PT. PLN (Persero) ULTG Duri. Meskipun demikian, hasil yang diperoleh dari data rekaman DFR masih belum akurat. Hal ini dikarenakan tingkat kesalahannya masih tinggi. Penggunaan alat bantu tambahan seperti TWS mendapatkan hasil yang lebih baik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Grid, Network Protection & Automation Guide, Protective Relays, Measurement & Control, May 2021. Stafford: Alstom Grid, 2011.
- [2] H. Asman, H. Eteruddin, and A. Arlenny,
- [3] W. Octary, H. Eteruddin, and A. Tanjung, “Susut Tegangan pada Penghantar ACCC di Saluran Transmisi 150 kV di PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Pekanbaru,” SainETIn, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [4] J. J. Grainer and W. D. Stevenson Jr, Power System Analysis, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [5] H. Eteruddin, A. Asuhaimi, A. A. bin M. Zin, and Belyamin, No Title. Johor Bahru, 2013, pp. 1–8.
- [6] M. Kezunovic, “Fundamentals of power system protection,” in The Electrical Engineering Handbook, London: Elsevier, 2005, pp. 787–803.
- [7] Pancasoft, “Petunjuk Pemakaian IDM+ Multifunction Power System Monitor Digital Fault Recorder,” Jakarta, 2008.
- [8] C. A. Saputra and S. Zaini, “Analisis Gangguan Sistem Transmisi Menggunakan Alat Digital Fault Recorder Dan Menentukan Titik Lokasi Gangguan Melalui Perbandingan Alat Pelacak Berbasis Travelling Wave System,” Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, 2020.
- [9] F. Rosdianto, “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,” Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- [10] J. Perez, “A Guide to Digital Fault Recording Event Analysis,” in 2010 63rd Annual Conference for Protective Relay Engineers, 2010, pp. 1–17.
- [11] C. Alexander and M. Sadiku, Fundamentals of Electric Circuits, 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2021.
- [12] T. S. Hutaeruk, Transmisi Daya Listrik. Jakarta: Erlangga, 1985.
- [13] S. A. Division, “Operator ’ s Manual Line Distance Protection Terminal,” Design, no. January. ABB Automation Products AB, Västerås., 2001.
- [14] M. M. Saha, J. Izykowski, and E. Rosolowski, Fault Location on Power

- Networks, vol. 48. London: Springer, 2010.
- [15] T. Gonen, Modern Power System Analysis,
2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis,
2013.