

Analisa Disturbance Fault Recorder (DFR) Sebagai Alat Perekam Anomali Pada Gardu Induk Rangkas Baru

Desmira¹; Ahmad Denny Listiyawan²

^{1,2} Universitas Sultang Ageng Tirtayasa

¹ desmira@untirta.ac.id

² 2283180003@untirta.ac.id

ABSTRACT

The substation at UPT Cilegon ULTG RANGKAS is a high and extra high voltage (GI/GITET) substation with an installed transformer capacity of 3810 / 895.5 MVA and 1,568 transmission delivery towers with a network length of 858.92 km, the circuit is a sub-system of the electric power transmission system. The importance of this research is because of the frequent occurrence of interference (noise) on the transmission line this is due to several factors, one of which is the surrounding environment, natural disasters and others. The tool used to monitor anomalies of current, voltage and frequency at substations uses a Disturbance Fault Recorder (DFR). The purpose of this study is to analyze the use of DFR in monitoring current, voltage and frequency before, during and after the occurrence of anomalies in current, voltage and frequency at substations. The research method used is direct observation at the skeleton substation, interviews and reference sources related to DFR. The conclusion from this study that the use of DFR at the Rangkas Bitung Substation can work well, it can be seen from the lower tolerance value for the DFR setting is 46.4V. and the upper limit tolerance value on the DFR setting is 69.6V.

Keywords: Rangkasbitung Substation, DFR, Tolerance

ABSTRAK

Gardu induk pada UPT Cilegon ULTG RANGKAS merupakan gardu induk tegangan tinggi dan ekstra tinggi (GI/GITET) dengan kapasitas trafo terpasang mencapai 3810 / 895,5 MVA serta 1.568 tower penghantar transmisi dengan panjang jaringan mencapai 858,92 km sirkuit merupakan sebuah sub sistem dari sistem transmisi tenaga listrik. Pentingnya penelitian ini dilakukan karena sering terjadinya gangguan (Noise) pada saluran transmisi hal ini disebabkan beberapa factor salah satunya factor lingkungan sekitar, bencana alam dan lain-lain. Alat yang digunakan memonitor anomali dari arus, tegangan maupun frekuensi pada gardu induk menggunakan Disturbance Fault Recorder (DFR). Tujuan penelitian ini adalah menganalisa penggunaan DFR dalam memonitor arus, tegangan dan frekuensi sebelum, saat dan setelah terjadinya anomali pada arus, tegangan dan frekuensi pada gardu induk. Metode penelitian yang digunakan adalah pengamatan langsung pada Gardu induk rangkas, wawancara dan sumber-sumber referensi yang berkaitan dengan DFR. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa penggunaan DFR pada Gardu Induk Rangkas Bitung dapat bekerja dengan baik hal ini dapat dilihat dari, nilai toleransi batas bawah pada pengaturan DFR adalah 46.4V. dan nilai toleransi batas atas pada pengaturan DFR adalah 69.6V.

Kata kunci: Gardu Induk Rangkasbitung, DFR, Toleransi

1. PENDAHULUAN

Energy merupakan faktor utama yang sangat diperhitungkan dunia internasional[1] [2]. Permintaan akan energy listrik sangat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti pertumbuhan penduduk dan ekonomi merupakan dua hal yang saling mempengaruhi permintaan energy yang akan mendatang[3]. seperti cina [4][5][6] merupakan permintaan energy terbesar setelah India[7][8][9]. Diindonesia sendiri juga terlihat bagaimana permintaan energy juga semakin meningkat[10][11]. Dengan demikian perlunya penelitian ini dilakukan adalah perlu adanya kajian atau alat yang dapat mengefisienkan atau memantau energy ketika terjadinya gangguan.

Untuk memenuhi kebutuhan kebutuhan energi listrik perlu dipastikan kelancaran pasokan energi listrik berjalan dengan baik dengan memperhatikan sistem pada gardu induk listrik [12] [13] [14]. Energi listrik yang digunakan setiap hari berasal dari suatu tempat yang biasa kita kenal sebagai pembangkit listrik, pembangkit listrik ini merupakan sebuah sistem yang menjadi pemasok dan menjadi sumber dari energi listrik. Setelah energi listrik dibangkitkan lalu kemudian di salurkan ke gardu induk[15][16]. Gardu induk merupakan suatu sub-sub sistem dari sistem tenaga listrik. Sebagai sub sistem dari sistem transmisi, gardu induk mempunyai peranan penting, yang mana gardu induk berfungsi untuk menaikkan maupun menurunkan tegangan listrik agar sesuai dengan kebutuhan. Dengan menaikkan tegangan, maka akan mengurangi rugi – rugi daya dalam proses mentransmisikan energi listrik tersebut[17] [18] [19].

Salah satu alat yang digunakan dan diterapkan untuk mendeteksi perubahan grafik dengan menggunakan DFR [20] [21]. DFR (Disturbance Fault Recorder) merupakan suatu alat yang mengukur dan merekam besaran listrik seperti arus (Ampere) dan tegangan (Volt) pada sebelum, disaat dan sesudah gangguan terjadi. Peralatan bantu ini banyak terpasang pada instalasi sistem tenaga listrik dengan cara kerjanya memonitor dari peralatan sistem tenaga listrik secara terus menerus dan merekam gangguan/anomali yang terjadi. DFR telah banyak digunakan oleh bagian utilitas, memberikan cara yang baik untuk analisis gangguan yang lebih mendalam yang biasanya terjadi dalam sistem tenaga. Ketika dipasang di gardu induk, alat ini merekam sampel bentuk gelombang tegangan dari sinyal arus, selain status relay dan besaran digital lainnya yang terkait dengan rangkaian gardu induk. Rekaman yang dihasilkan oleh DFR biasanya diakses dengan koneksi jarak jauh. File dari beberapa DFR, yang dihasilkan oleh kejadian yang sama, biasanya dikumpulkan di pusat operasi utilitas, sebelum dianalisis. Konfigurasi Disturbance Fault Recorder (DFR) adalah salah satu skema kontrol terpenting dalam jaringan distribusi untuk menganalisa gangguan yang terjadi pada pembangkit listrik[22]. Perancangan dan membuat sistem komputasi analog delay feedback reservoir (DFR) hemat energi, yang dibangun di atas skema pengkodean temporal, fungsi transfer nonlinier, dan penundaan dinamis dapat diamati dengan menggunakan DFR [23]. Perekam kesalahan pada DFR merupakan kemampuannya untuk memantau jumlah besar saluran analog pada tingkat pengambilan sampel yang tinggi. Dilengkapi dengan antarmuka yang sesuai untuk transfer data ke PC, perangkat lunak otomatis dapat dikembangkan untuk mengekstrak data DFR dari perekam dan menyimpannya di PC untuk analisis lebih lanjut.

Menurut Moreto & Rolim (2010) DFR sendiri akan bekerja ketika dipicu oleh salah satu situasi berikut[24]:

1. Besaran sinyal yang dipantau mencapai level ambang batas yang ditentukan sebelumnya.
2. Tingkat perubahan sinyal melebihi batasnya.
3. Besaran kuantitas yang dihitung (daya aktif, reaktif dan semu, komponen harmonik, frekuensi, nilai tegangan dan arus RMS, dll.) Mencapai level ambang.
4. Tingkat perubahan kuantitas yang dihitung melebihi batas yang telah ditentukan sebelumnya.

5. Status input digital DFR berubah.

DFR digunakan untuk analisis gangguan, analisis frekuensi, analisis gangguan dan lain-lain. Namun, sebagian besar tugas yang dilakukan bergantung pada operator, biasanya di pusat kendali jaringan. meskipun masih semi otomatis sistem manajemen jaringan (NMS) dalam perkembangannya, analisis gangguan yang secara penuh otomatis masih menjadi suatu impian. Tujuan dari sistem analisis otomatis akan mengubah data menjadi pengetahuan [25]. Mengotomatiskan analisis kejadian di pembangkit listrik menggunakan Digital Fault Recorders (DFR) sebagai fitur masukan, catatan osilografi [26]

Dipenelitian ini penerapan DFR akan dianalisa pada UPT Cilegon ULTG RANGKAS. Pembangkit UPT Cilegon membawahi tidak kurang dari 30 unit gardu induk tegangan tinggi dan ekstra tinggi (GI/GITET) dengan kapasitas trafo terpasang mencapai 3810 / 895,5 MVA serta 1.568 tower penghantar transmisi dengan panjang jaringan mencapai 858,92 km sirkit. Total asset yang dikelola diperkirakan mencapai 3,006 triliun rupiah dan masih terus mengalami pertumbuhan seiring perkembangan kebutuhan tenaga listrik di wilayah Banten. Penerapan alat DFR ini gunakan untuk menganalisa anomaly gangguan yang terjadi dipembangkit tujuannya agar pemakain energy sesuai dengan kebutuhan konsumen dan mengurangi pemborosan energy ketika terjadi noise yang diakibatkan berbagai faktor, dengan menggunakan DFR maka pemakaian energy akan lebih hemat sesuai dengan kebutuhan.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Analisa Alat DFR

Pengambilan data penelitian pada UPT Cilegon ULTG RANGKAS mengenai DFR dilakukan dengan dengan persiapan, sebelum melakukan penelitian, dan pengambilan data di UPT Cilgon. Pengambilan data penelitian yang dimaksud diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Tahapan persiapan dilakukan dengan melakukan analisa tentang tema atau judul penelitian yang akan diambil pada UPT Cilegon.

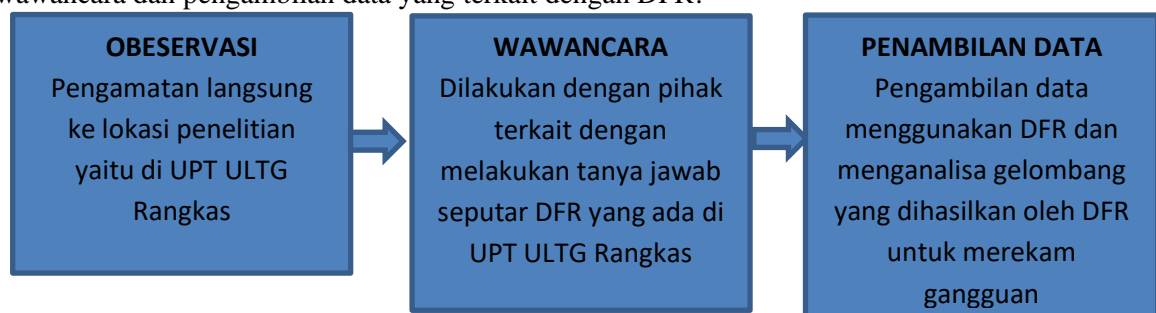
2. Sebelum melakukan penelitian data penelitian terlebih dahulu diolah sesuai dengan yang diharapkan dan tujuan penelitian.

3. Pemilihan Data

Pemilihan data dilakukan dengan mengetahui cara kerja dari Digital Fault Recorder (DFR) pada Gardu Induk Rangkas Baru di PT PLN ULTG Rangkasbitung terlebih dahulu.

2.2. Metode Penelitian

Penelitian di UPT Cilegon ULTG RANGKAS dilakukan dengan melakukan metode observasi, wawancara dan pengambilan data yang terkait dengan DFR.

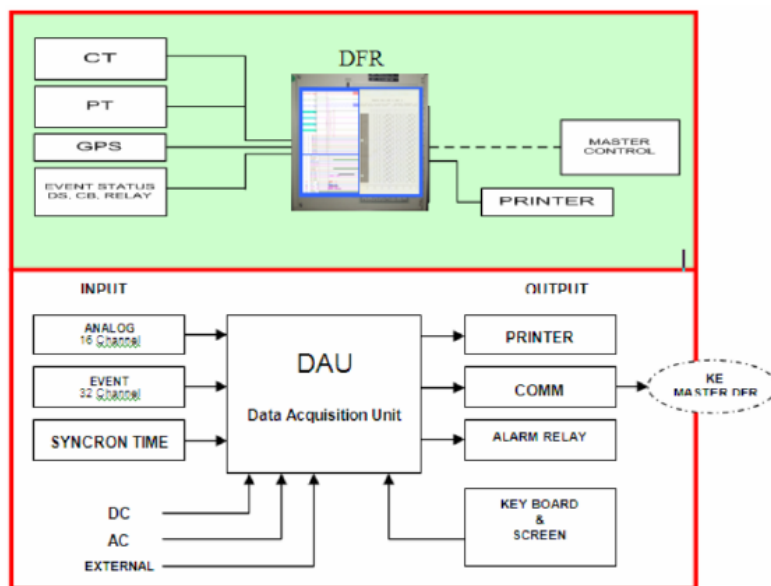


Gambar 1. Alur penelitian

Pengaturan Blok Diagram Data Disturbance Fault Recorder sesuai dengan gambar 2 Blok pengaturan diagram data dari DFR memiliki beberapa bagian, berikut ini adalah bagian - bagian dari blok diagram dari DFR.

- A. Input yang terdiri dari sumber data analog (Current Transformator, Potential Transformer, Capacitive Voltage Transformer) dan digital data Event Status yang merupakan data masukan ke Media Processor GPS.
- B. Processor yang berupa Data Aquisition Unit (DAU) yang mengolah data input menjadi tampilan grafik maupun urutan kejadian ke media Output yang dapat berupa printer, alarm relay dan media komunikasi.
- C. Media komunikasi akan mengirimkan data ke Master DFR. Media output yang merupakan media yang menerima output data dari Memori Hard disk dan lain – lain.

Disamping itu, sumber DC maupun AC Source sebagai catu daya DAU serta keyboard dan screen sebagai interface antara user dengan DAU.



Gambar 2. Blok Pengaturan Diagram Data DFR

Bagian - Bagian Dari Disturbance Fault Recorder Disturbance Fault Recorder (DFR) memiliki beberapa bagian, yang mana bagian bagian ini memiliki fungsi penting bagi DFR tersebut. Power Supply merupakan bagian penting dalam pengoperasian DFR yang mensuplay arus dan tegangan sesuai dengan standar kerja dari DFR yang digunakan. Data input sendiri terbagi menjadi dua bagian, Analog Input merupakan komponen yang berfungsi melakukan pengukuran data - data analog dari input CT / PT dan melakukan perubahan data secara digital. Digital input merupakan komponen yang berfungsi melakukan pengukuran data - data pada saat terjadinya perubahan status akibat berubahnya status close / open peralatan. Sensor ini berfungsi untuk memberi perintah DFR untuk mulai merekam pada saat nilai besaran arus, tegangan atau status event memenuhi besaran (setting) yang telah ditentukan. Khusus untuk merk Hathaway yang digunakan di Sistem PLN, setiap peralatan DFR terdiri dari 16 analog input, 32 digital input serta 6 sensor. Secara umum setiap modul DFR dapat digunakan untuk 2 bay di GI, dengan rincian tiap bay digunakan untuk 8 analog input (4 arus dan 4 channel tegangan). Pada front panel terdapat fasilitas sistem alarm dan keypad sebagai interface user ke bagian / fungsi DFR. Sistem Alarm Terdapat indikasi alarm pada IDM yang dapat direset. Printer digunakan untuk mencetak hasil record DFR (Disturbance Fault Recorder) ke dalam bentuk

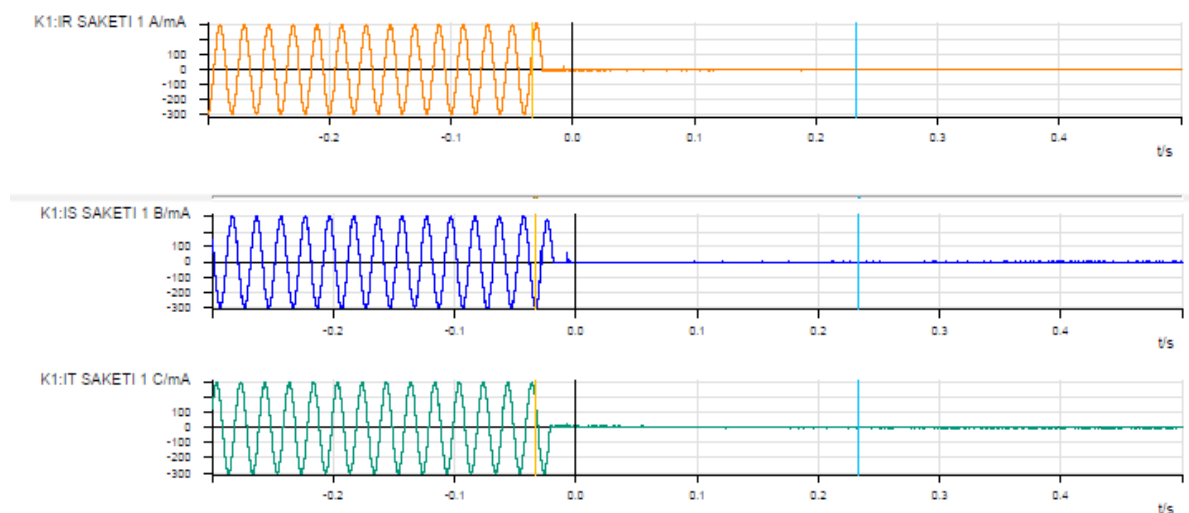
teks maupun grafik. Wiring merupakan interkoneksi yang dibuat untuk menghubungkan komponen eksternal ke peralatan DFR yang meliputi Wiring Chanel Analog (Input Analog Tegangan dan Arus) Wiring Event (Input dari External Trigger). Clock Master Clock / GPS (Global Positioning Sistem) akan melakukan sinkronisasi waktu melalui satelit, sehingga penunjukkan waktu di tiap - tia DFR yang berbeda lokasi menjadi sama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

3.2.1. Hasil Analisis Rekaman Sebelum Gangguan

Disturbance Fault Recorder (DFR) merupakan alat untuk merekam setiap anomali arus listrik yang terjadi, DFR yang digunakan pada gardu induk rangkasbaru adalah Qualitrol IDM+ dengan hasil data sebagai rekaman dari DFR ketika terjadi pemadaman listrik pada bay saketi 1.



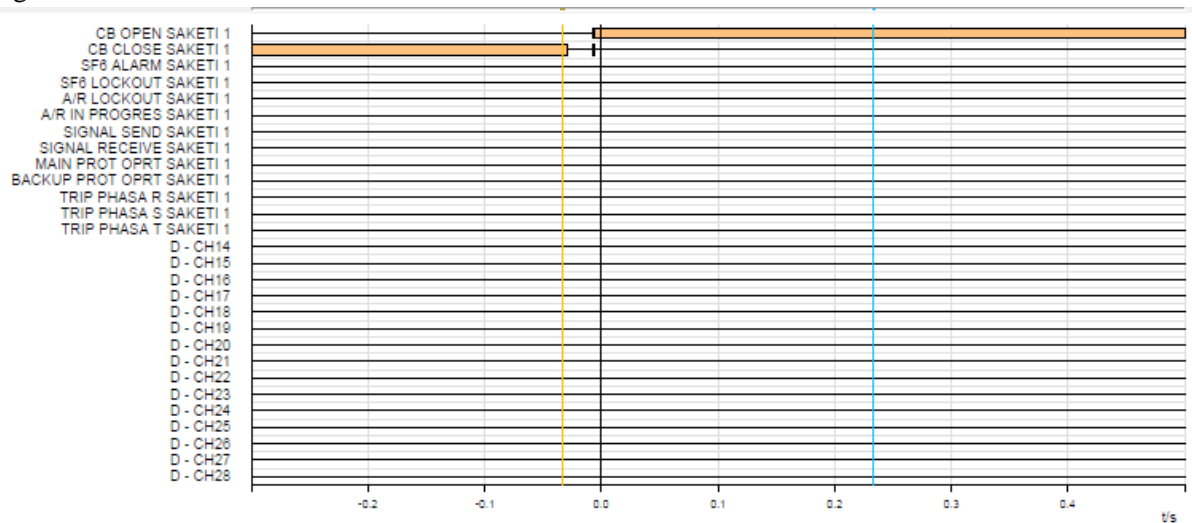
Gambar 3. Rekaman Data Disturbance Fault Recorder

Data tersebut terekam sebelum dan ketika terjadi pemadaman, pemadaman ini menyebabkan Circuit Breaker memutuskan arus listrik pada Bay Saketi 1, terlihat bagaimana bentuk gelombang yang awalnya terlihat sangat setabil dengan bentuk sinusoidalnya, lalu menjadi sangat mengecil dan menghilang, jauh berbeda dari sebelumnya, itu terjadi ketika Circuit Breaker memutuskan jaringan. Maka DFR akan bekerja dan merekam setiap anomali yang ada. Dengan demikian ketika sudah ada dokumentasi dari DFR tentang anomali yang terjadi, maka selanjutnya dapat dianalisa oleh pihak terkait untuk mengetahui penyebab kejadian tersebut.

Analisis Hasil Rekaman Pada gambar 3 terlihat bentuk gelombang yang semula terlihat stabil namun berubah beberapa waktu kemudian, hal ini disebabkan oleh pemutusan aliran arus listrik oleh Circuit Breaker (CB) pada bay saketi 1. CB pada bay saketi 1 memutus ketiga fasa, yaitu fasa R, Fasa S, dan Fasa T. DFR yang merekam setiap kejadian yang ada pada setiap daerah kerjanya, baik sebelum gangguan, maupun ketika gangguan terjadi. Pemutusan arus listrik ini terekam oleh DFR, diinterpretasikan menjadi sebuah gelombang sinusoidal. Bentuk gelombang berubah ketika terjadi pemutusan arus listrik, bentuk gelombang menjadi mengecil, hal ini berarti tidak ada arus yang mengalir pada bay saketi 1 dikarenakan pemutusan arus listrik oleh CB.

Kinerja dari CB dalam memutuskan arus juga terekam oleh DFR, dapat dilihat pada gambar 4, ketika CB bekerja untuk memutuskan aliran arus listrik (Kondisi CB open) maka DFR akan

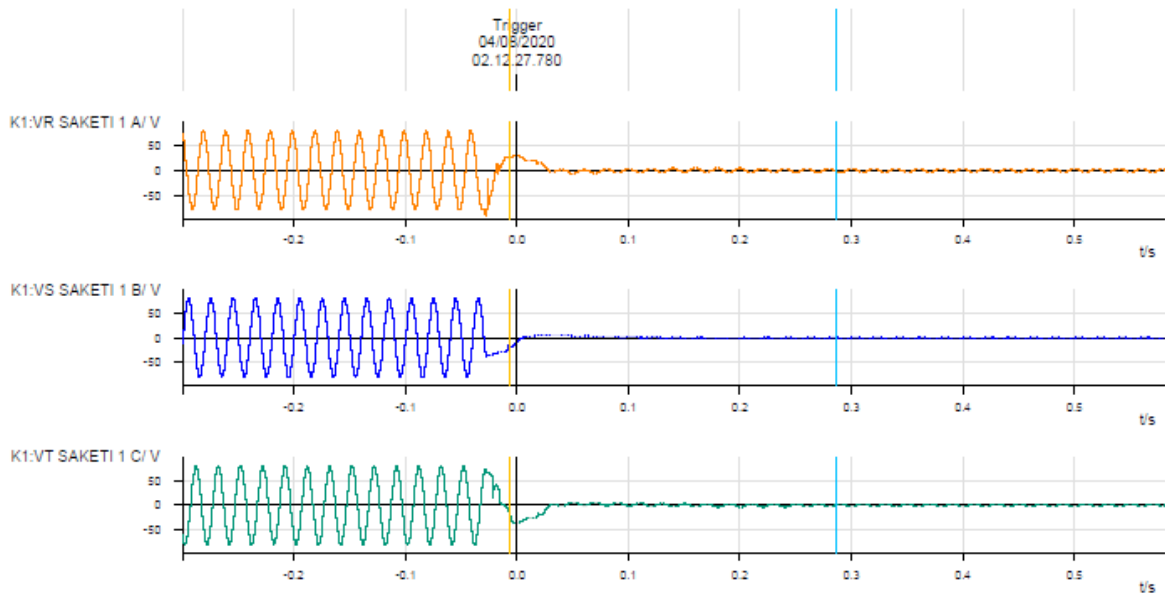
menampilkan semacam bar pada data rekamannya, jika kondisinya open maka bar pada bagian CB open akan diaktifkan, dan ketika CB kembali close maka DFR akan menampilkannya kembali pada bagian close.

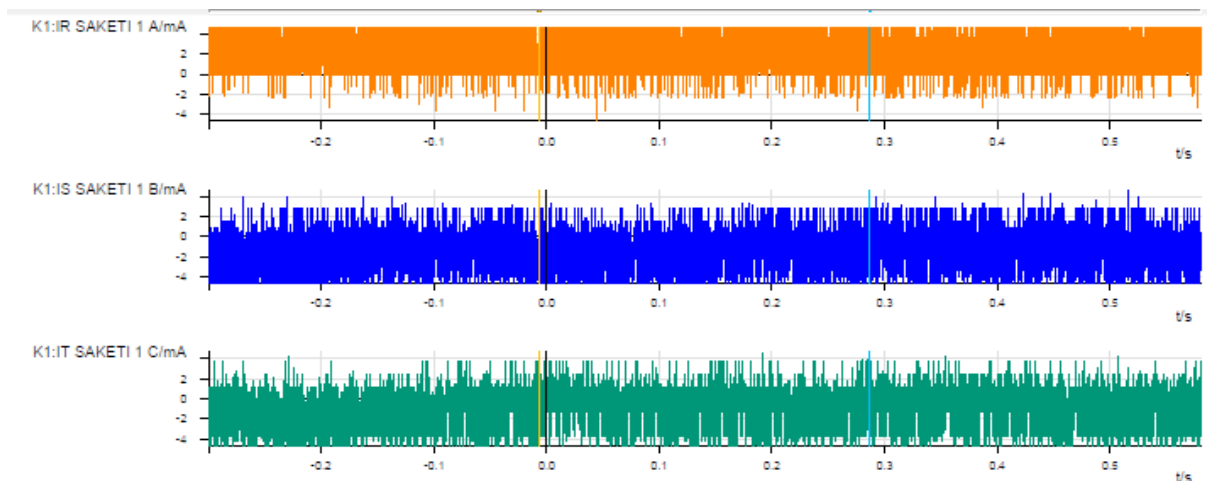


Gambar 4. Rekaman Data Disturbance Fault Recorder

3.2.2. Hasil Analisis Rekaman Ketika Gangguan

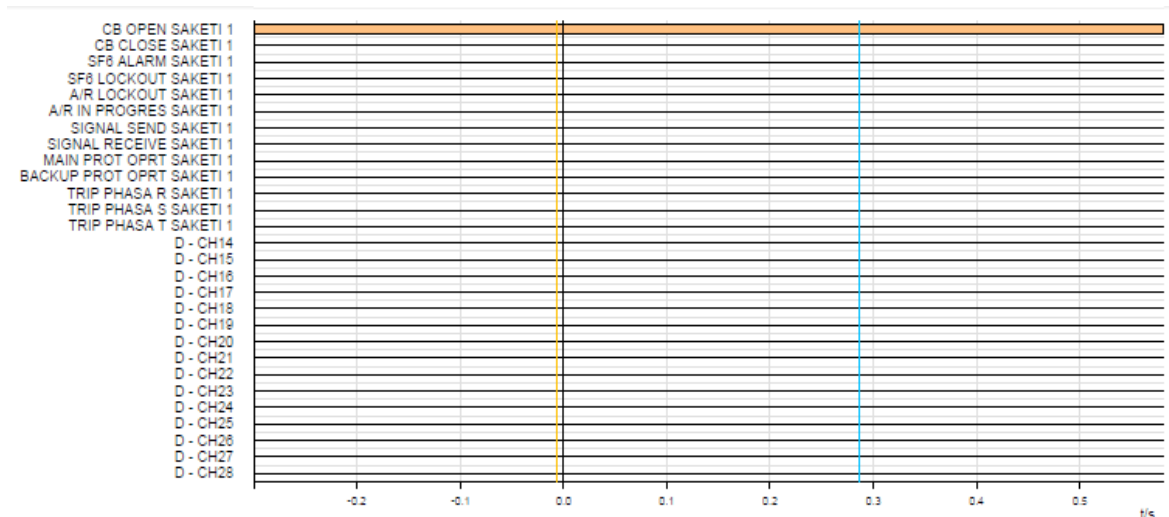
Berikut ini merupakan rekaman dari DFR ketika terjadi pemadaman listrik pada bay saketi 1.





Gambar 5. Rekaman Data Arus dan Tegangan Disturbance Fault Recorder Ketika Terjadi Gangguan

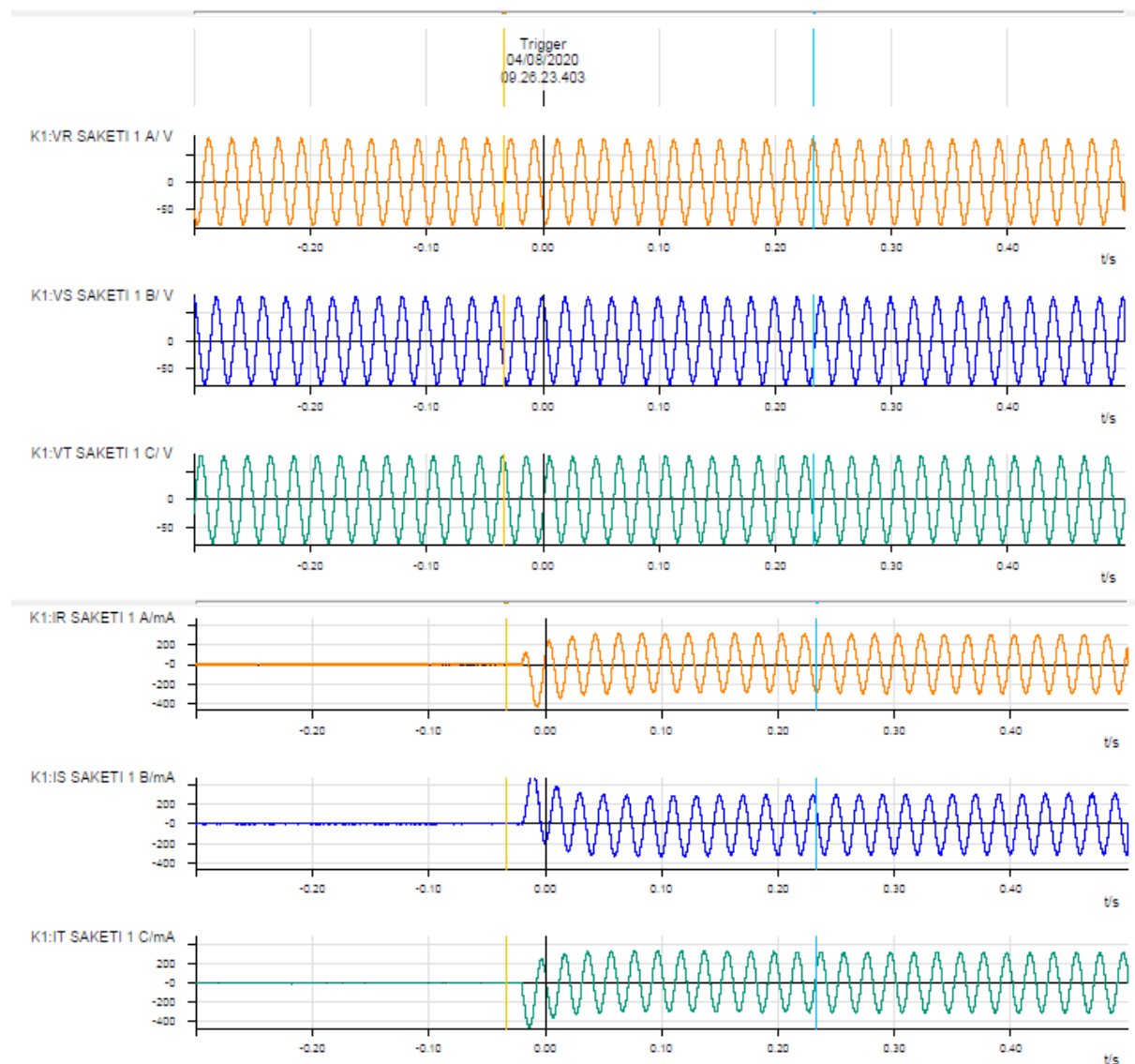
Pada gambar 5 merupakan rekaman ketika pemadaman sistem tenaga listrik tersebut dimulai, hal ini mengakibatkan penurunan tegangan (VR, VS, VT). Sedangkan pada bagian arus (IR, IS, IT) terjadi lonjakan pada gelombang sinusoidalnya, hal ini disebabkan karena terputusnya jalur aliran, yang mana seharusnya arus mengalir melewati CB, karena CB dalam keadaan Open atau terbuka (memutuskan aliran listrik). CB pada bay saketi 1 memutus ketiga fasa, yaitu fasa R, Fasa S, dan Fasa T. Kinerja dari CB dalam memutus arus juga terekam oleh DFR, dapat dilihat pada gambar 4, pada kondisi ini, bar hanya terlihat pada mode CB Open karena pada saat ini CB sedang memutus aliran listrik.



Gambar 6. Rekaman Data Disturbance Fault Recorder Ketika Terjadi Gangguan

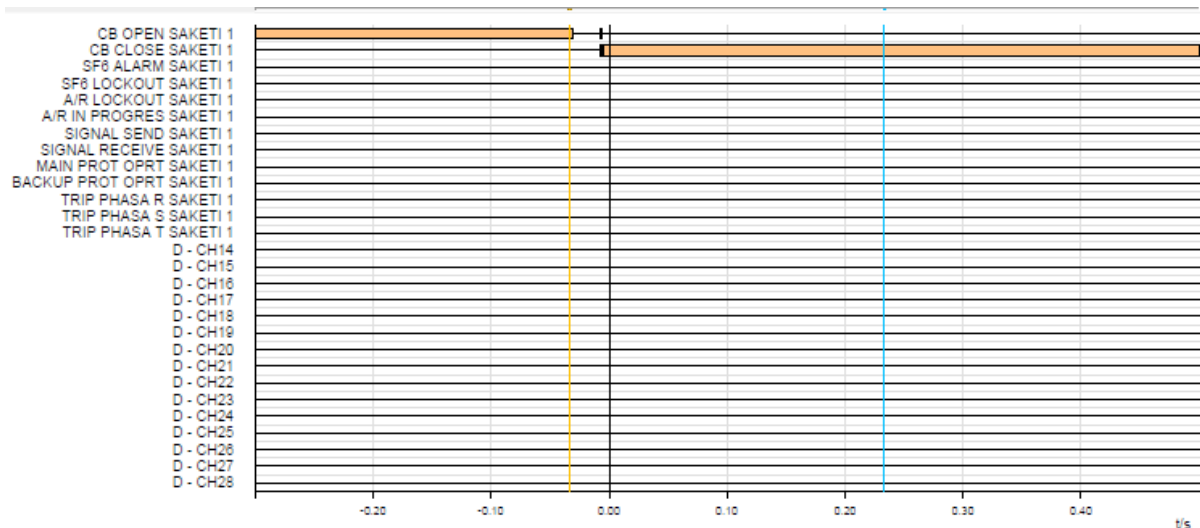
3.2.3. Hasil Analisis Rekaman Setelah Gangguan

Berikut ini merupakan rekaman dari DFR ketika terjadi pemadaman listrik pada bay saketi 1.



Gambar 7. Rekaman Data Arus dan Tegangan Disturbance Fault Recorder Setelah Terjadi Gangguan

Pada gambar 6 merupakan rekaman setelah pemadaman sistem tenaga listrik tersebut selesai atau dalam kata lain ketika penormalan sistem tenaga listrik, hal ini mengakibatkan penormalan dari gelombang sinusoidal dari tegangan (VR, VS, VT) dan arus (IR, IS, IT). CB pada bay saketi 1 yang memutus ketiga fasa, yaitu fasa R, Fasa S, dan Fasa T pun kembali ke mode close atau kembali menghubungkan arus listrik. Kinerja dari CB dalam menyambungkan kembali aliran listrik juga terekam oleh DFR, dapat dilihat pada gambar 7, pada kondisi ini, bar terlihat pada mode CB Open lalu berubah menjadi mode close.



Gambar 8. Rekaman Data Disturbance Fault Recorder Setelah Terjadi Gangguan

Tabel 1. Pengaturan DFR Qualitrol IDM+ FR Sensor

| FR Sensor | | | | | | |
|-----------|---------------------------------|--------|--------------|-----------------|-----------------|------|
| No | Quantity | Type | Scaling Type | Lower Threshold | Upper Threshold | Unit |
| 1 | RMS H1- VR RANGKAS BITUNG BR 1 | window | % of Nominal | 80 | 120 | % |
| 2 | RMS H1- VS RANGKAS BITUNG BR 1 | window | % of Nominal | 80 | 120 | % |
| 3 | RMS H1- VT RANGKAS BITUNG BR 1 | window | % of Nominal | 80 | 120 | % |
| 4 | N/A | | | | | |
| 5 | RMS H1- IR RANGKAS BITUNG BR 1 | over | Scondary | | 1.2 | A |
| 6 | RMS H1- IS RANGKAS BITUNG BR 1 | over | Scondary | | 1.2 | A |
| 7 | RMS H1- IT RANGKAS BITUNG BR 1 | over | Scondary | | 1.2 | A |
| 8 | FREQUENCY - RANGKAS BITUNG BR 1 | window | None | 49 | 51 | Hz |

Tujuan dari mengatur setting dari DFR adalah untuk mengatur batas bawah dan batas atas dari arus dan tegangan yang mengalir, dengan demikian ketika terjadi penurunan maupun kenaikan tegangan dan arus melebihi batas normal, maka alarm pada DFR akan berbunyi sebagai tanda peringatan terjadinya anomali keabnormalan. Untuk tegangan sendiri menggunakan tegangan input skunder pada VT yakni sebesar 58V dengan toleransi batas bawah 80% dan batas atas 120% maka:

$$\text{Toleransi Batas Bawah} = V \times \frac{80}{100} \quad (1)$$

$$= 58 \times \frac{80}{100} = 46.4 \text{ V}$$

Keterangan: V = Tegangan Pada VT sekunder

Jadi, nilai toleransi batas bawah pada pengaturan DFR adalah 46.4V. sedangkan untuk toleransi batas atas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Toleransi Batas Atas} &= V \times \frac{120}{100} \\ &= 58 \times \frac{120}{100} = 69.6 \text{ V} \end{aligned} \quad (2)$$

Keterangan: V = Tegangan Pada VT skunder

Jadi, nilai toleransi batas atas pada pengaturan DFR adalah 69.6 V .

Sedangkan untuk arus sendiri hanya menerapkan batas atas yang mana batas atas ini sebenarnya memiliki nilai 120% dari nilai arus yaitu 1A. Maka:

$$\begin{aligned} \text{Toleransi Batas Atas} &= A \times \frac{120}{100} \\ &= 1 \times \frac{120}{100} = 1.2 \text{ A} \end{aligned} \quad (3)$$

Keterangan: A = Nilai Arus Pada CT skunder.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan DFR pada Gardu Induk Rangkas Bitung dapat bekerja dengan baik hal ini dapat dilihat dari, nilai toleransi batas bawah pada pengaturan DFR adalah 46.4V. dan nilai toleransi batas atas pada pengaturan DFR adalah 69.6V. Tujuan dari mengatur setting dari DFR adalah untuk mengatur batas bawah dan batas atas dari arus dan tegangan yang mengalir, dengan demikian ketika terjadi penurunan maupun kenaikan tegangan dan arus melebihi batas normal, maka alarm pada DFR akan berbunyi sebagai tanda peringatan terjadinya anomali keabnormalan. Untuk tegangan sendiri menggunakan tegangan input skunder pada VT yakni sebesar 58V dengan toleransi batas bawah 80% dan batas atas 120%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Weron, "Electricity price forecasting: A review of the state-of-the-art with a look into the future," *Int. J. Forecast.*, vol. 30, no. 4, pp. 1030–1081, 2014, doi: 10.1016/j.ijforecast.2014.08.008.
- [2] R. Akerkar and M. Hong, *Big Data in Electric Power Industry*, no. 5. 2021.
- [3] A. Mardani, D. Streimikiene, M. Nilashi, D. A. Aranda, N. Loganathan, and A. Jusoh, "Energy consumption, economic growth, and CO2 emissions in G20 countries: Application of adaptive neuro-fuzzy inference system," *Energies*, vol. 11, no. 10, 2018, doi: 10.3390/en11102771.
- [4] X. P. Zhang and X. M. Cheng, "Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China," *Ecol. Econ.*, vol. 68, no. 10, pp. 2706–2712, 2009, doi: 10.1016/j.ecolecon.2009.05.011.
- [5] P. Crompton and Y. Wu, "Energy consumption in China: Past trends and future directions," *Energy Econ.*, vol. 27, no. 1, pp. 195–208, 2005, doi: 10.1016/j.eneco.2004.10.006.
- [6] J. Chang, D. Y. C. Leung, C. Z. Wu, and Z. H. Yuan, "A review on the energy production, consumption, and prospect of renewable energy in China," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 7, no. 5, pp. 453–468, 2003, doi: 10.1016/S1364-0321(03)00065-0.

-
- [7] A. Kumar, K. Kumar, N. Kaushik, S. Sharma, and S. Mishra, "Renewable energy in India: Current status and future potentials," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 8, pp. 2434–2442, 2010, doi: 10.1016/j.rser.2010.04.003.
- [8] P. Garg, "Energy Scenario and Vision 2020 in India," *J. Sustain. Energy Environ.*, vol. 3, no. August 2002, pp. 7–17, 2012.
- [9] S. Pachauri and L. Jiang, "The household energy transition in India and China," *Energy Policy*, vol. 36, no. 11, pp. 4022–4035, 2008, doi: 10.1016/j.enpol.2008.06.016.
- [10] E. Liun, B. Tenaga, and N. Nasional, "Profil dan Tren Permintaan Energi di Indonesia," no. October 2015, p. 13, 2017.
- [11] A. Sugiyono, "Permintaan Dan Penyediaan Energi Berdasarkan Kondisi Perekonomian Di Indonesia Dengan Menggunakan Model Nonlinear Programming," *Anal. Sist.*, vol. VI, no. 13, 1999.
- [12] A. Perguruan and T. Aperti, "Jurnal Teknologia Jurnal Teknologia," vol. 2, no. 1, pp. 36–52, 2019.
- [13] W. P. Perdana, R. N. Hasanah, and H. S. Dachlan, "PRIMER TIPE RADIAL GARDU INDUK BLIMBING," vol. III, no. 1, pp. 6–12, 2009.
- [14] A. Tanjung, J. Teknik, E. Universitas, and L. Kuning, "GARDU INDUK TELUK LEMBU DAN PLTMG LANGGAM POWER," vol. 11, no. 2, pp. 160–166, 2014.
- [15] A. I. Ramadhan and U. M. Jakarta, "Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," no. December 2016, 2017, doi: 10.14710/teknik.v37i2.9011.
- [16] R. Sianipar, "DASAR PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA," vol. 11, pp. 61–78, 2014.
- [17] Desmira and N. Khoirunnisa, "Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah Pengaruh Susut Energi (Losses) Pada Jaringan Distribusi (Studi Kasus: di PT. Krakatau Daya listrik) Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah," *Energi dan List.*, vol. 12, no. 2, pp. 80–89, 2020.
- [18] S. Transmisi, T. Tinggi, K. V Pada, and I. P. Masaran, "No Title," 2017.
- [19] A. Cahyono, H. K. Hidayat, S. Arfaah, and M. Ali, "Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Mengurangi Rugi Daya Pada Penyulang Jatirejo Rayon Mojoagung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Mengurangi Rugi Daya Pada Penyulang Jatirejo Rayon Mojoagung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO)," no. September, 2017.
- [20] A. Ukil and R. Zivanovic, "Application of Abrupt Change Detection in Power Systems Disturbance Analysis and," vol. 22, no. 1, pp. 59–66, 2007.
- [21] A. P. S. Meliopoulos, "Visualization and Animation of Protective Relay Operation from DFR Data," pp. 2–6.
- [22] J. Olamaei, T. Niknam, and G. Gharehpetian, "Application of particle swarm optimization for distribution feeder reconfiguration considering distributed generators," vol. 201, pp. 575–586, 2008, doi: 10.1016/j.amc.2007.12.053.
- [23] K. Bai, Y. Yi, and V. Tech, "DFR: An Energy-efficient Analog Delay Feedback Reservoir Computing System for Brain-inspired Computing," vol. 14, no. 4, 2018.
- [24] J. G. Rolim, "ELÉTRICOS DE POTÊNCIA," vol. 21, no. 4, 2010.
- [25] A. Ukil and S. Member, "Automated Analysis of Power Systems Disturbance Records: Smart Grid Big Data Perspective," pp. 126–131, 2014.

- [26] M. Moreto, J. G. Rolim, and F. S. Varela, “Automating the Diagnosis of Occurrences in Power Plants Using Data from DFR and Sequence of Events: An Expert System Based Methodology,” 2009.