

Percepatan Pemulihan Gangguan Pada Jaringan Transmisi Menggunakan DFR Di APP Purwokerto

Tias Bayu Krisnandi¹, YB. Praharto², Fitrizawati³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro STT Wiworotomo Purwokerto

Jalan Semangkir No. 1 Purwokerto Telepon : 0281 632870 Fax : 0281 626266

Email : ybpra06@gmail.com, fitrizawati@gmail.com, bkmasbayu@gmail.com

Abstract

High voltage transmission is a process who deliver electrical energy from power plant to the substations, which uses conductor between towers and using insulators during its process. High/Extra high voltage transmission line (EHV/UHV) is prone to fault because it's located on the open air and has high tower. Transmission fault is categorized by transient, semi-permanent and permanent fault. Almost 80-90% of transmission line faults are caused by transient fault like lightning strike and temporary short circuit between conductor and another material, and the rest are semi-permanent and permanent fault. It will interrupt electricity transfer and causing outage in electric consumer side. Transmission line fault recovery is done using conventional method by tracking directly along the transmission line to find fault location and fault cause. It spends much time because of many problems like personnel mobilization, difficult field under transmission line track, and no guidance about fault location. Disturbance Fault Recorder (DFR) become one of the right choice to solve the problem, by analyze analog and digital channel in disturbance record, it produces current fault magnitude, fault cause and fault location data. It will help to reduce time to tracking faulted transmission line for recovery of the transmission line outage. Research data shown that from 5 transmission fault restoration, conventional method spend 1.380 minutes and DFR record analysis only spend 661 minutes. DFR gives significant time efficiency to reduce transmission line outage. Total time efficiency of the use of DFR compared to conventional method is 48,65%.

Keywords: Disturbance Fault Recorder (DFR), Fault, SUTT

1. Pendahuluan

Saluran transmisi merupakan media yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari *Generator Station* (Pembangkit Listrik) menuju *Substation* (Gardu Induk) hingga sampai pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik di transmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan listrik. Tipe saluran transmisi listrik berdasarkan sistem dan kapasitas tegangan yang disalurkan terdiri dari saluran udara tegangan ekstra tinggi, saluran udara tegangan tinggi, dan saluran kabel tegangan tinggi^[1]. 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^[2]. Umumnya 80-90% gangguan pada saluran transmisi disebabkan oleh gangguan transien seperti sambaran petir dan *short circuit* temporer antara konduktor dan benda lain dan sisanya merupakan gangguan permanen dan semi permanen^[3]. Gangguan ini akan memutuskan aliran daya dan menyebabkan pemadaman.

Penormalan terhadap gangguan pada penghantar diharapkan dapat dilakukan dengan waktu secepat mungkin dengan tetap mempertimbangkan aspek keselamatan dan keamanan sistem tenaga listrik. Metode konvensional mengharuskan inspeksi sepanjang saluran transmisi untuk menemukan penyebab dan lokasi gangguan sehingga menghabiskan waktu yang lama. DFR merupakan peralatan perekam/recorder yang bekerja secara *real time* berdasarkan input analog arus dan tegangan (informasi kondisi sistem tenaga listrik), input

digital peralatan primer (status PMT) atau input digital peralatan sisi sekunder (bekerjanya relai proteksi), merekam dan menyimpan data kondisi sistem secara otomatis sebelum, sesaat dan setelah terjadi gangguan dan secara manual pada saat sistem normal yang pada akhirnya memberikan informasi besarnya inputan analog (nilai arus dan tegangan), durasi gangguan, *event* dan sensor yang bekerja^[4]. Analisa mendalam rekaman DFR terhadap gangguan yang terjadi pada saluran transmisi telah dilakukan^[5]. Data rekaman-rekaman DFR dengan berbagai macam gangguan untuk kemudian diteliti dan dikelompokkan. Hasil penelitiannya adalah metode FSA (*Fault Signature Analysis*) yang sangat membantu dalam menganalisa penyebab gangguan transmisi. *Fault signature can be defined as... "A defect in any electrical power system which produces similar characteristi."*, bahwa setiap gangguan memiliki pola atau tipe masing-masing seperti sidik jari manusia yang memiliki ciri khusus di setiap individunya^[4]. Pada sistem tenaga listrik, gangguan yang mungkin ditimbulkan lebih dari 50% berasal dari petir. Sambaran petir itu sendiri terbagi dua; sambaran langsung dan tidak langsung. Sambaran langsung adalah sambaran petir ke arah fasa konduktor dan penunjang fasa konduktor (tiang)^[5]. Apabila sambaran menuju fasa konduktor terjadi, gelombang tegangan yang dibangkitkan oleh sambaran petir akan mengalir di sepanjang fasa konduktor hingga ke terminal dari peralatan fasa konduktor atau bahkan sering menuju ke insulator antara fasa konduktor dan lengan tiang akhir saluran^[5]. Sistem proteksi *bay* penghantar adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengamankan/mengisolir penghantar tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi dari gangguan temporer dan gangguan permanen yang terjadi pada penghantar tersebut^[6]. Proteksi rele penghantar dibagi menjadi *main protection* (proteksi utama) berupa relai jarak dan *back-up protection* (proteksi cadangan) berupa DEF (*Directional Earth Fault*/gangguan tanah berarah).

DFR (*Disturbance Fault Recorder*) 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 relai 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. Penelitian terhadap rekaman DFR secara mendalam dan komprehensif telah dilakukan dan menghasilkan suatu metode untuk menentukan penyebab terjadinya gangguan, metode tersebut dikenal dengan "*fault signature analysis*" (FSA) atau "metode sidik jari". Metode ini menyatakan bahwa setiap gangguan dalam sistem tenaga listrik dengan penyebab yang sama akan menghasilkan karakteristik yang sama^[7].

Dengan analisa rekaman DFR pemulihan gangguan dapat dilakukan dengan lebih cepat karena lokasi gangguan dan jenis gangguan telah diketahui. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peran rekaman DFR dalam proses analisa gangguan untuk percepatan penormalan penghantar, mengetahui performa dari sistem proteksi penghantar, dan mengetahui fenomena sistem tenaga pada saluran penghantar pada saat terjadi gangguan dengan membandingkan percepatan pemulihan gangguan pada saluran transmisi di wilayah APP Purwokerto dengan analisa DFR dan dengan cara konvensional (sebelum optimalisasi DFR).

2. Metodologi Penelitian

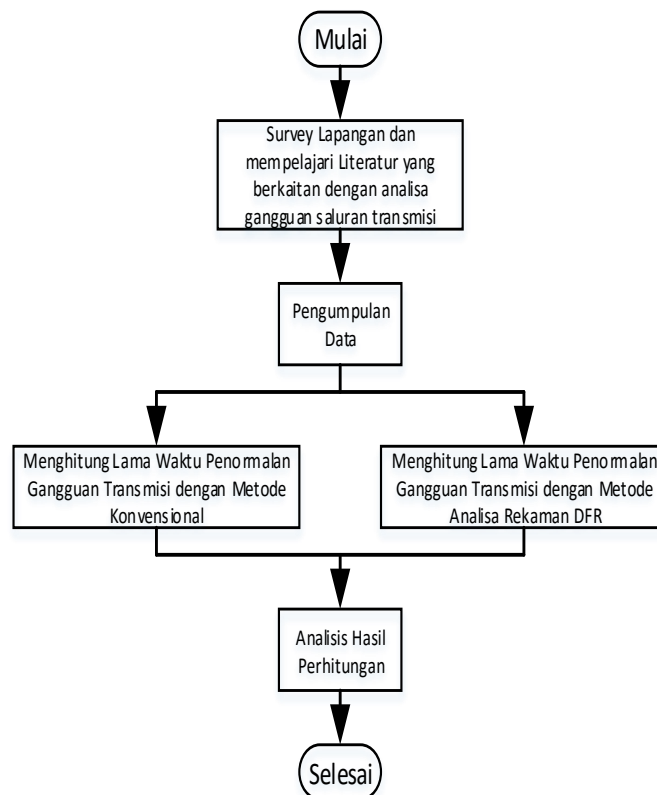
Penelitian dilaksanakan berdasarkan data statistik gangguan pada saluran transmisi di wilayah PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Tengah APP Purwokerto tahun 2015. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

- a. Satu unit *Notebook* dengan sistem operasi *windows 10*.
- b. Software DFR merk *Hathaway*,

c. Kamera *Canon* 600D.

Tahapan – tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Tahap Pengumpulan Data; Tahap ini merupakan tahap pengumpulan data gangguan transmisi di wilayah APP Purwokerto tahun 2015. Data-data yang dibutuhkan untuk menganalisis gangguan transmisi adalah ; Waktu dan tanggal kejadian, lama waktu gangguan, penyebab gangguan, lokasi Gangguan, dan rekaman Gangguan
- Tahap Pengolahan Data; Tahap ini merupakan tahap untuk mengolah data gangguan transmisi di wilayah APP Purwokerto tahun 2015, untuk mengetahui kondisi saluran transmisi wilayah APP Purwokerto baik panjang penghantar maupun kontur wilayah saluran transmisi. Serta menghitung lama waktu penormalan gangguan dengan metode konvensional dan dengan menggunakan analisa data rekaman DFR.
- Tahap Analisis; Tahap ini merupakan tahap analisa data lama waktu penormalan saat terjadi gangguan penghantar dengan metode konvensional dan menggunakan data hasil analisa DFR.
- Tahap Akhir; Pada tahap ini sebagai tahap paling akhir adalah penulisan hasil penelitian. Untuk mempermudah dalam pelaksanaan penelitian, seluruh tahapan penelitian dijelaskan dengan diagram alir berikut.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Nilai rata-rata efisiensi waktu pemulihan gangguan dihitung dengan menjumlahkan total efisiensi dibagi dengan jumlah gangguan. Nilai rata-rata efisiensi ($\eta_{rata-rata}$) dari tabel di atas adalah:

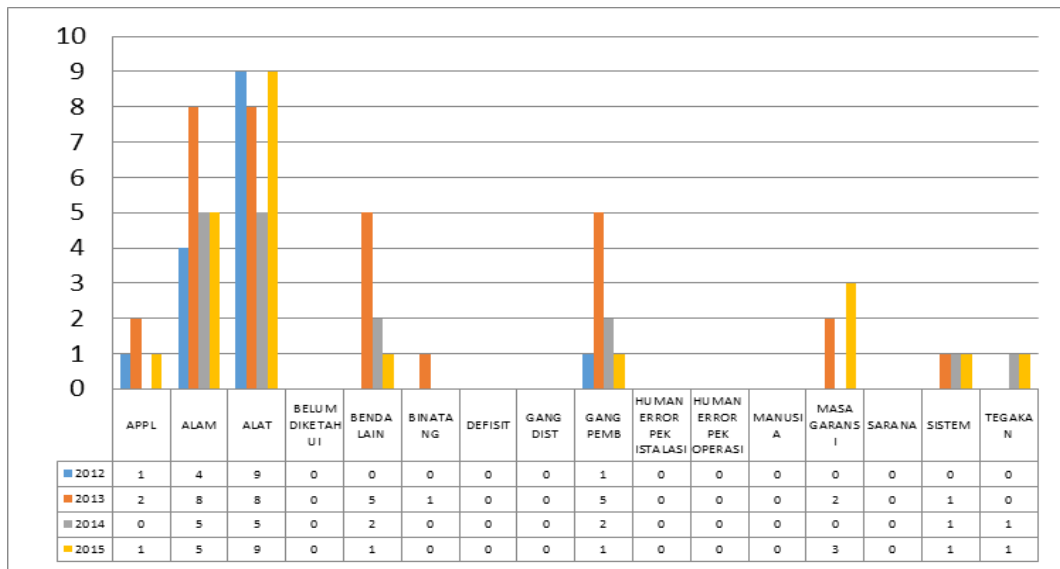
$$\eta_{rata-rata} = \frac{\sum \eta}{\sum \text{Gangguan}}$$

$$\eta_{rata-rata} = \frac{243,24}{5} \%$$

$$\eta_{rata-rata} = 48,648 \%$$

3. Hasil dan Pembahasan

Saluran transmisi di wilayah APP Purwokerto tersebar mulai dari wilayah pantura timur (SUTT Batang-Weleri 1 & 2), hingga perbatasan antara Jawa Tengah dan Jawa Barat (SUTT Brebes-CEP 1 & 2), sedangkan untuk daerah tengah dan selatan Jawa Tengah meliputi wilayah kabupaten Banyumas, Cilacap, Banjarnegara, Wonosobo dan Kebumen. Luasnya wilayah transmisi APP Purwokerto menjadikan tantangan tersendiri dalam menjaga keandalan penyaluran tenaga listrik, khususnya percepatan dalam *recovery* pasca gangguan. Apalagi munculnya ekspansi mega proyek 35.000 MW berupa pembangunan-pembangunan pembangkit baru di wilayah Cilacap menuntut semakin andalnya sistem transmisi dan kecepatan pemulihan pasca gangguan. Berikut ini grafik gangguan transmisi di wilayah APP Purwokerto dari tahun 2012-2015.



Gambar 3.1 Grafik gangguan transmisi APP Purwokerto tahun 2012-2015

Dari tabel dan grafik di atas dapat diketahui bahwa dalam kurun 4 tahun (2012-2015) tren gangguan transmisi di wilayah APP Purwokerto mayoritas disebabkan oleh gangguan alam dan alat. Rata rata gangguan alam dan alat menyumbang sebanyak 62,35% dari total gangguan pada saluran transmisi. Proses penormalan gangguan transmisi meliputi beberapa langkah diantaranya: pelaporan indikasi kerja relay dan *annunciator* yang muncul serta kondisi cuaca pada saat terjadi gangguan. Bersamaan dengan pelaporan tersebut petugas piket juga melakukan download rekaman DFR pada penghantar yang terganggu untuk langsung dianalisa dan dikombinasikan dengan laporan dari petugas gardu induk guna mendapatkan hasil yang lebih akurat. Hasil analisa rekaman DFR kemudian disampaikan kepada petugas gardu induk kembali dan segera melakukan tindakan yang diperlukan seperti pelacakan di titik gangguan. Kendala-kendala dalam penormalan gangguan transmisi diantaranya;; mobilisasi Personil, lama waktu mobilisasi personil menuju lokasi gangguan dihitung dari jarak tempuh dari Gardu Induk ke saluran transmisi yang terganggu dan

pelacakan gangguan. Tindakan yang dilakukan dengan pengecekan secara langsung ke saluran transmisi yang terganggu.

Tabel 3.1 Tabel lama waktu penormalan gangguan penghantar dengan metode konvensional.

NO	TANGGAL GANGGUAN	GARDU INDUK	NAMA BAY	KATEGORI	DURASI KELUAR (menit)
1	2011	GI 150KV BATANG	PHT 150kV PEKALONGAN#1	ALAM	180
2	2010	GI 150KV WONOSOBO	PHT 150kV SECANG	BENDA LAIN (BALON)	300
3	2011	GI 150KV WONOSOBO	PHT 150kV MRICA#2	ALAM (PETIR)	300
4	2011	GI 150KV MRICA	PHT 150kV WONOSOBO#1 (5B1)	ALAM (PETIR)	240
5	2010	GI 150KV KALIBAKAL	PHT 150kV BUMIAYU#2	ALAM (PETIR)	360

Data gangguan yang ditampilkan pada tabel di bawah ini merupakan data gangguan yang ruas transmisinya juga mengalami gangguan pada tahun 2015 (setelah penggunaan DFR).

Tabel 3.2 Tabel lama penormalan gangguan penghantar dengan analisa rekaman DFR.

NO	TANGGAL GANGGUAN	GARDU INDUK	NAMA BAY	KATEGORI	DURASI KELUAR (menit)
1	4-Jan-15	GI 150KV BATANG	PHT 150kV PEKALONGAN#1	ALAT	110
2	19-Mar-15	GI 150KV WONOSOBO	PHT 150kV SECANG	BENDA LAIN	182
3	22-Apr-15	GI 150KV WONOSOBO	PHT 150kV MRICA#2	ALAM	87
4	27-May-2015	GI 150KV MRICA	PHT 150kV WONOSOBO#1 (5B1)	TEGAKAN	199
5	7-Jul-15	GI 150KV KALIBAKAL	PHT 150kV BUMIAYU#2	ALAT	83

Analisa rekaman DFR meliputi analisa terhadap gelombang sinus arus dan tegangan serta analisa terhadap digital input yang terbaca DFR. Proses-proses dalam analisa rekaman DFR meliputi; Analisa *analog channel* pada rekaman DFR merupakan analisa mendalam pada gelombang sinus arus dan tegangan. analisa *analog channel* menghasilkan ; besar Arus Gangguan, arah Aliran Daya, Jenis Gangguan dan Lokasi Gangguan

- a. Analisa *digital channel* meliputi analisa terhadap input yang terekam di DFR pada saat terjadi gangguan. Analisa *digital channel* meliputi kinerja peralatan yang seharusnya bekerja pada saat gangguan, kerja relai proteksi beserta skemanya dan disesuaikan dengan *time frame* dari *analog channel*. Untuk mempermudah dalam proses analisa rekaman DFR, *software viewer* menyediakan fasilitas *zoom in* dan *zoom out* serta kursor merah dan biru yang berfungsi saat analisa waktu kerja peralatan.

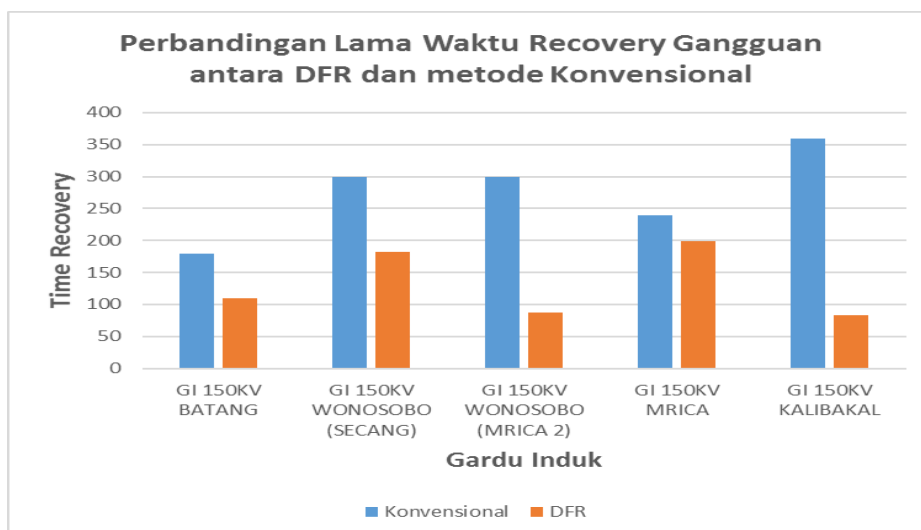
- b. Analisa kinerja sistem proteksi dilakukan dengan mengkombinasikan analisa *analog channel* dan *digital channel*. Kinerja relai proteksi dapat diketahui dari parameter: lama waktu relai mendeteksi gangguan, lama waktu pemutusan gangguan dan kesesuaian skema proteksi

Kedua tabel di atas dikomparasi pada sisi waktu pemulihan gangguan untuk mengetahui pengaruh penggunaan DFR dalam percepatan pemulihan gangguan (*fault recovery*). Tabel di bawah ini menjelaskan perbandingan waktu penormalan gangguan transmisi dengan menggunakan metode konvensional dan analisa rekaman DFR.

Tabel 3.3 Tabel perbandingan dan efisiensi waktu penormalan gangguan trip penghantar dengan analisa rekaman DFR dan konvensional.

NO	GARDU INDUK	NAMA BAY	DURASI KELUAR (menit)		EFISIENSI	
			KONVENSI ONAL	DFR	WAKTU (Menit)	PROSENTASE
1	GI BATANG	PHT 150kV PEKALONGAN #1	180	110	70	38.89
2	GI WONOSOBO	PHT 150kV SECANG	300	182	118	39.33
3	GI WONOSOBO	PHT 150kV MRICA#2	300	87	213	71
4	GI MRICA	PHT 150kV WONOSOBO# 1 (5B1)	240	199	41	17.08
5	GI KALIBAKAL	PHT 150kV BUMIAYU#2	360	83	277	76.94

Tabel di atas menunjukkan efisiensi waktu yang cukup signifikan antara pemulihan gangguan transmisi dengan metode konvensional dan DFR. Efisiensi waktu semakin tinggi apabila selisih waktu penormalan gangguan antara metode konvensional dan DFR semakin besar, sehingga dapat disimpulkan dari 5 gangguan yang terjadi nilai efisiensi waktu tertinggi adalah pada gangguan di transmisi Kalibakal-Bumiayu 2 dengan nilai efisiensi 76,94% dan efisiensi waktu terendah ada pada gangguan di saluran transmisi Mrica-Wonosobo 1 dengan nilai efisiensi 17,08%. Perbandingan waktu pemulihan gangguan tersebut apabila dibuat sebagai grafik adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Grafik perbandingan waktu pemulihan gangguan antara metode konvensional dan DFR

Adanya perbedaan nilai efisiensi waktu penormalan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti lokasi gangguan memiliki medan yang sulit, panjang saluran transmisi, kondisi cuaca dan waktu saat terjadi gangguan, serta kendala pada manuver penormalan pada sistem transmisi.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian terhadap data rekaman DFR saluran transmisi APP Purwokerto tahun 2015 adalah sebagai berikut.

- Dari total panjang seluruh saluran transmisi APP Purwokerto 782.126 kms (kilometer sirkuit), DFR dapat memberikan informasi titik gangguan dengan akurasi yang baik sehingga membantu dalam percepatan pemulihan gangguan transmisi.
- Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan analisa rekaman DFR dapat mempercepat waktu pemulihan gangguan transmisi rata-rata 48.65% dibandingkan dengan metode konvensional berupa pelacakan langsung.
- DFR memiliki peran yang penting dalam analisa gangguan karena membantu dalam analisa gangguan secara komprehensif, monitoring kondisi sistem dan kinerja proteksi, lokasi gangguan dan dapat digunakan sebagai sarana pelatihan untuk memahami respon sistem.

4.2 Saran

- Sebaiknya DFR dipasang pada dua sisi ruas penghantar untuk mendapatkan data rekaman gangguan yang lebih lengkap, sehingga pengambilan keputusan penormalan penghantar dari analisa rekaman DFR lebih akurat. Belum semua ruas penghantar di wilayah APP Purwokerto mempunyai DFR di tiap sisinya.
- Perlu adanya pengembangan kompetensi SDM dengan mengadakan pelatihan analisa rekaman rekaman DFR untuk mencetak kader-kader baru yang lebih kompeten.
- Sebaiknya dilakukan eksplorasi mendalam terhadap fitur fitur pada DFR, dengan memaksimalkan fitur pada *software viewer* rekaman gangguan diharapkan hasil analisa akan lebih akurat dan komprehensif.
- Data hasil analisa rekaman DFR sebaiknya dimasukkan pada assessment peralatan listrik sebagai pelengkap dari hasil uji individu peralatan sehingga assessment terhadap peralatan lebih maksimal.

5. Referensi

- [1] Schamberger, John M. et al.1982, *Transmission Line Reference Handbook 345 kV and Above*. Northeast Utility Electric Company. USA
- [2] Alstom Grid.2011, *Network Protection and Automation Guide*. Alstom Grid.UK
- [3] Syamsir, Abduh & Ronald D. Laksana. 2002, *Pengaruh Arus Sambaran Petir dan Tinggi Tiang pada Tegangan Puncak Tiang Transmisi*. Proceedings Seminar Nasional dan Workshop Teknik Tegangan Tinggi V-2002.
- [4] Perez, Joe.2010. *A Guide to Digital Fault Recording Event Analysis*. ERLPhase Power Technologies. Cannada
- [5] Sazali P. Abdul Karim.2012, *Workshop Fault Analysis In Transmission System*. PT PLN (Persero). Jakarta.
- [6] Tim Penyusun PT PLN. 2013, *Pedoman dan Petunjuk Sistem Proteksi Transmisi dan Gardu Induk*. PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali. Jakarta.
- [7] A.A.M. Zin, S.P. Abdul Karim. 2007, *The Application of Fault Signature Analysis in Tenaga Nasional Berhad Malaysia*. UTM. Malaysia