

Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara

Tofan Aryanto, Sutarno, Said Sunardiyo

*Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang
Kampus Sekaran Gunungpati Semarang, 50229 Indonesia*

Abstrak— PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara merupakan pusat pengatur kebutuhan beban tenaga listrik dan berfungsi sebagai pusat pengamanan peralatan-peralatan sistem tenaga listrik dan sebagai pusat proses penormalan terhadap gangguan-gangguan yang ada di wilayah Jepara. Sistem penyaluran tenaga listrik tersebut tidak menutup kemungkinan terjadi gangguan, terutama gangguan yang disebabkan oleh alam. Adanya gangguan yang tidak dapat diprediksi maka diperlukan suatu peralatan pengaman (sistem proteksi) yang tepat dan dapat diandalkan agar mampu meningkatkan penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas gangguan dan keandalan sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi ilmiah sebagai bahan pertimbangan untuk menyikapi kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif kualitatif yang sifatnya eksploratif untuk mengetahui pengaruh gangguan terhadap kinerja sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012. Hasil penelitian diketahui, persentase gangguan yang mempengaruhi sistem proteksi area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV Jepara adalah gangguan nonteknis sebesar 50% dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya sebesar 50%. Sistem proteksi area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV Jepara memiliki persentase keandalan rele sebesar 91,67%. Persentase gangguan yang mempengaruhi sistem proteksi area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara adalah gangguan teknis sebesar 50% dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya sebesar 50%. Sistem proteksi area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara memiliki persentase keandalan rele sebesar 91,67%. Berdasarkan hasil penelitian, gangguan yang sering mempengaruhi sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 adalah gangguan nonteknis dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, yang mengakibatkan *Short Circuit Feeder (SCF)* pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) tertimpa pohon. Sistem proteksi area trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 memiliki keandalan dengan predikat cukup baik dalam mengatasi kuantitas gangguan.

Keywords— Gangguan Gardu Induk, sistem proteksi Gardu Induk, PLN

I. LANDASAN TEORI

A. Persyaratan Sistem Proteksi

Pada sistem tenaga listrik, sistem proteksi adalah perlindungan atau isolasi pada bagian yang memungkinkan akan terjadi gangguan atau bahaya. Tujuan utama proteksi adalah untuk mencegah terjadinya gangguan atau memadamkan gangguan yang telah terjadi dan melokalisirnya, dan membatasi pengaruh-pengaruhnya, biasanya dengan mengisolir bagian-bagian yang terganggu tanpa mengganggu bagian-bagian yang lain (Hutauruk, 1991). Sistem proteksi ini mendeteksi kondisi abnormal dalam suatu rangkaian listrik dengan mengukur besaran- besaran listrik yang berbeda antara kondisi normal dengan kondisi abnormal.

Ada beberapa kriteria yang perlu diketahui pada pemasangan suatu sistem proteksi dalam suatu rangkaian sistem tenaga listrik yaitu :

1) Kepekaan (*sensitifitas*)

Sensitifitas adalah kepekaan rele proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlindungannya. Kepekaan suatu sistem proteksi ditentukan oleh nilai terkecil dari besaran penggerak saat peralatan proteksi mulai beroperasi. Nilai terkecil besaran penggerak berhubungan dengan nilai minimum arus gangguan dalam daerah yang dilindunginya.

2) Kecepatan

Sistem proteksi perlu memiliki tingkat kecepatan sebagaimana ditentukan sehingga meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, peralatan dan stabilitas operasi. Mengingat suatu sistem tenaga mempunyai batas-batas stabilitas serta kadang- kadang gangguan sistem bersifat sementara, maka rele yang semestinya bereaksi dengan cepat

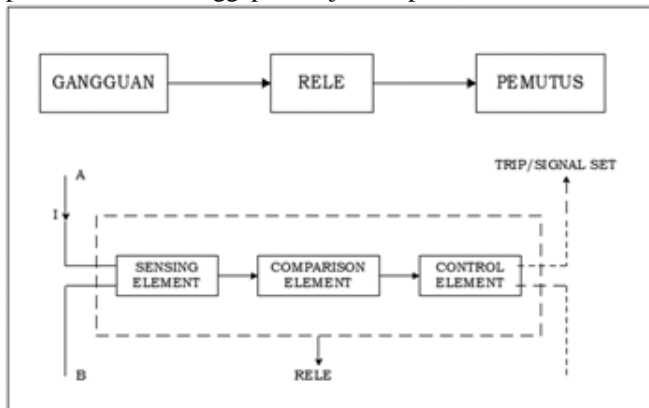
kerjanya perlu diperlambat (*time delay*), seperti yang ditunjukkan persamaan :

$$t_{op} = t_p + t_{cb}$$

Keterangan :

- t_{op} = total waktu yang dipergunakan untuk memutuskan hubungan;
- t_p = waktu bereaksinya unit rele;
- t_{cb} = waktu yang dipergunakan untuk pelepasan C.B.

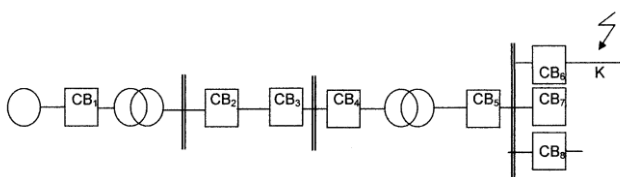
Pada umumnya untuk t_{op} sekitar 0,1 detik kerja peralatan proteksi sudah dianggap bekerja cukup baik.



Gambar 1. Diagram sistem proteksi terhadap gangguan

3) Selektifitas dan diskriminatif

Selektif berarti suatu sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila rele proteksi mendeteksi gangguan. Bagian yang dipisahkan dari sistem yang sehat sebisanya adalah bagian yang terganggu saja. Diskriminatif berarti suatu sistem proteksi harus mampu membedakan antara kondisi normal dan kondisi abnormal. Ataupun membedakan apakah kondisi abnormal tersebut terjadi di dalam atau di luar daerah proteksinya. Dengan demikian, segala tindakannya akan tepat dan akibatnya gangguan dapat dieliminir menjadi sekecil mungkin.



Gambar 2. Contoh gangguan

Dalam sistem tenaga listrik seperti gambar di atas, apabila terjadi gangguan pada titik K, maka hanya C.B.6 saja yang boleh bekerja sedangkan untuk C.B.1, C.B.2 dan C.B. - C.B. yang lain tidak boleh bekerja.

4) Keandalan (*reliability*)

Suatu sistem proteksi dapat dikatakan andal jika selalu berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Sistem proteksi disebut tidak andal bila gagal bekerja pada saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak seharusnya bekerja. Keandalan rele dikatakan cukup baik bila mempunyai harga 90-99 %. Keandalan dapat di bagi 2 macam, yaitu :

- Dependability : relay harus dapat diandalkan setiap saat.
- Security : tidak boleh salah kerja / tidak boleh bekerja yang bukan seharusnya bekerja.

Misal, dalam satu tahun terjadi gangguan sebanyak 25 kali dan rele dapat bekerja dengan sempurna sebanyak 23 kali, maka :

$$\text{Keandalan rele} = \frac{23}{25} \times 100\% = 92\%$$

5) Ekonomis.

Suatu perencanaan teknik yang baik tidak terlepas tentunya dari pertimbangan nilai ekonomisnya. Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya.

Tipe Proteksi Ada dua kategori proteksi yang dikenal yaitu proteksi utama (*main protection*) dan proteksi pembantu (*back up protection*). Proteksi utama adalah pertahanan utama dan akan membebaskan gangguan pada bagian yang akan diproteksi secepat mungkin. Mengingat keandalan 100 % tidak hanya dari perlindungan tetapi juga dari trafo arus, trafo tegangan dan pemutus rangkaian yang tidak dapat dijamin, untuk itu diperlukan perlindungan pembantu (*auxiliary protection*) pada alat proteksi tersebut. Proteksi pembantu bekerja bila rele utama gagal dan tidak hanya melindungi daerah berikutnya dengan perlambatan waktu yang lebih lama dari pada rele utamanya.

B. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

1) Faktor-Faktor Penyebab Gangguan

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang melibatkan banyak komponen dan sangat kompleks. Oleh karena itu, ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik, antara lain sebagai berikut :

- Faktor manusia.

Faktor ini terutama menyangkut kesalahan atau kelalaian dalam memberikan perlakuan pada sistem. Misalnya salah menyambung rangkaian, keliru dalam mengkalibrasi suatu piranti pengaman, dan sebagainya.

- Faktor internal.

Faktor ini menyangkut gangguan-gangguan yang berasal dari sistem itu sendiri. Misalnya usia pakai (*ketuaan*), keausan, dan sebagainya. Hal ini bias mengurangi sensitivitas rele pengaman, juga mengurangi daya isolasi peralatan listrik lainnya.

- Faktor external.

Faktor ini meliputi gangguan- gangguan yang bersal dari lingkungan di sekitar sistem. Misalnya cuaca, gempa bumi, banjir, dan sambaran petir. Di samping itu ada kemungkinan gangguan dari binatang, misalnya gigitan tikus, burung, kelelawar, ular, dan sebagainya.

2) Jenis Gangguan

Jika ditinjau dari sifat dan penyebabnya, jenis gangguan dapat dikelompokkan sebagai tegangan lebih dan hubung singkat.

- Tegangan Lebih (*Over Voltage*);

Tegangan lebih merupakan suatu gangguan akibat tegangan pada sistem tenaga listrik lebih besar dari seharusnya. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi karena kondisi external dan internal. Kondisi internal terutama karena isolasi akibat perubahan yang mendadak dari kondisi rangkaian atau karena resonansi. Misalnya operasi hubung pada saluran tanpa beban, perubahan beban yang mendadak, operasi pelepasan pemutus tenaga yang mendadak akibat hubungan singkat pada jaringan, kegagalan isolasi, dan sebagainya. Kondisi external terutama akibat adanya sambaran petir. Petir terjadi disebabkan oleh terkumpulnya muatan listrik, yang mengakibatkan bertemunya muatan positif dan negatif. Pertemuan ini berakibat terjadinya beda tegangan antara awan bermuatan positif dengan muatan negatif, atau awan bermuatan positif atau negatif dengan tanah. Bila beda tegangan ini cukup tinggi maka akan terjadi loncatan muatan listrik dari awan ke awan atau dari awan ke tanah.

Jika ada menara (tiang) listrik yang cukup tinggi maka awan bermuatan yang menuju ke bumi ada kemungkinan akan menyambar menara atau kawat tanah dari saluran transmisi dan mengalir ke tanah melalui menara- dan tahanan pentanahan menara. Bila arus petir ini besar, sedangkan tahanan tanah menara kurang baik maka akan timbul tegangan tinggi pada menaranya. Keadaan ini akan berakibat dapat terjadinya loncatan muatan dari menara ke penghantar fasa. Pada penghantar fasa ini akan terjadi tegangan tinggi dan gelombang tegangan tinggi petir yang sering disebut surja petir. Surja petir ini akan merambat atau mengalir menuju ke peralatan yang ada di gardu induk.

- Hubung Singkat.

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/ beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran udara 3 fasa. Meskipun semua komponen peralatan listrik selalu diisolasi dengan isolasi padat, cair (minyak), udara, gas, dan sebagainya. Namun karena usia pemakaian, keausan, tekanan mekanis, dan sebab-sebab lainnya, maka kekuatan isolasi pada peralatan listrik bisa berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Hal ini akan mudah menimbulkan hubung singkat.

Pada beban isolasi padat atau cair, gangguan hubung singkat biasanya mengakibatkan busur api sehingga menimbulkan kerusakan yang tetap dan gangguan ini disebut gangguan permanent (tetap). Pada isolasi udara yang biasanya terjadi pada saluran udara tegangan menengah atau tinggi, jika terjadi busur api dan setelah padam tidak menimbulkan kerusakan, maka gangguan ini disebut gangguan temporer (sementara). Arus hubung singkat yang begitu besar sangat membahayakan peralatan, sehingga untuk mengamankan peralatan dari kerusakan akibat arus hubung singkat maka hubungan kelistrikan pada seksi yang terganggu perlu diputuskan dengan peralatan pemutus tenaga atau circuit breaker (CB).

Gangguan hubung singkat yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik 3 fasa sebagai berikut :

- satu fasa dengan tanah.
- fasa dengan fasa.
- 2 fasa dengan tanah.
- Fasa dengan fasa dan pada waktu bersamaan dari fasa ke 3 dengan tanah.
- 3 fasa dengan tanah.
- Hubung singkat 3 fasa.

Empat jenis gangguan pertama menimbulkan arus gangguan tidak simetris (*unsymmetrical short-circuit*). Sedangkan dua jenis gangguan terakhir menimbulkan arus gangguan hubung singkat simetris (*symmetrical short-circuit*). Perhitungan arus hubung singkat sangat penting untuk menentukan kemampuan pemutus tenaga dan untuk koordinasi pemasangan rele pengamanan.

Beban lebih (*over load*) merupakan gangguan yang terjadi akibat konsumsi energi listrik melebihi energi listrik yang dihasilkan pada pembangkit. Gangguan beban lebih sering terjadi terutama pada generator dan transformator daya. Ciri dari beban lebih adalah terjadinya arus lebih pada komponen. Arus lebih ini dapat menimbulkan pemanasan yang berlebihan sehingga bisa menimbulkan kerusakan pada isolasi. Pada transformator distribusi sekunder yang menyalurkan energi listrik pada konsumen akan memutuskan aliran melalui rele beban lebih jika konsumsi tenaga listrik oleh konsumen melebihi kemampuan trafo tersebut.

Daya balik (*reserve power*) merupakan suatu gangguan berubahnya fungsi generator menjadi motor (beban) pada sistem pembangkit tenaga listrik. Gangguan ini terjadi pada sistem tenaga listrik yang terintegrasi (*interconnected system*). Hal ini menyebabkan sebagian generator menjadi motor dan sebagian berbeban lebih. Cara untuk mengatasi gangguan ini adalah dengan melepas generator yang terganggu atau melepas daerah yang terjadi hubung singkat secepat mungkin. Untuk mengamankan gangguan di atas biasanya pada penyerentakan generator telah dilengkapi dengan rele daya balik (*reserve power relay*).

C. Proteksi Trafo Tenaga Pada Gardu Induk

Sistem proteksi merupakan bagian yang sangat penting dalam suatu instalasi tenaga listrik, selain untuk melindungi peralatan utama bila terjadi gangguan hubung singkat, sistem proteksi juga harus dapat mengeliminir daerah yang terganggu dan memisahkan daerah yang tidak terganggu, sehingga gangguan tidak meluas dan kerugian yang timbul akibat gangguan tersebut dapat di minimalisasi. Peralatan proteksi trafo tenaga terdiri dari rele proteksi, trafo arus (CT), trafo tegangan (PT/ CVT), PMT, catu daya AC/ DC yang terintegrasi dalam suatu rangkaian, sehingga satu sama lainnya saling keterkaitan. Fungsi peralatan proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar.

1) Gangguan Pada Trafo Tenaga:

Gangguan *internal* merupakan gangguan yang terjadi di daerah proteksi trafo, baik didalam trafo maupun diluar trafo sebatas lokasi CT. Penyebab gangguan internal biasanya akibat :

- Kebocoran minyak.
- Gangguan pada *tap changer*.
- Ketidaktahanan terhadap arus gangguan.
- Gangguan pada *bushing*.
- Gangguan pada sistem pendingin.
- Kegagalan isolasi pada belitan, lempengan inti atau baut pengikat inti atau Penurunan nilai isolasi minyak yang dapat disebabkan oleh kualitas minyak buruk, tercemar uap air dan adanya dekomposisi karena overheating, oksidasi akibat sambungan listrik yang buruk.

Gangguan internal dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu *incipient fault* dan *active fault*. *Incipient fault*, Gangguan terbentuk lambat, dan akan berkembang menjadi gangguan besar jika tidak terdeteksi dan tidak diatasi. Yang termasuk kedalam gangguan *incipient fault*, yaitu *overheating*, *over fluxing*, dan *over pressure*. penyebab *Over heating* adalah sebagai berikut :

- Ketidaksempurnaan sambungan baik elektrik maupun *magnetic*;
- Kebocoran minyak;
- Aliran sistem pendingin tersumbat;
- Kegagalan kipas atau pompa sistem pendingin.

Overfluxing terjadi saat *overvoltage* dan *under frequency*, dapat menyebabkan bertambahnya rugi-rugi besi sehingga terjadi pemanasan yang dapat menyebabkan kerusakan isolasi lempengani inti dan bahkan isolasi belitan. Sedangkan penyebab *over pressure* adalah sebagai berikut :

- Pelepasan gas akibat *over heating*.
- Hubung singkat belitan-belitan sefasa.
- Pelepasan gas akibat proses kimia.

Active fault disebabkan oleh kegagalan isolasi atau komponen lainnya yang terjadi secara cepat dan biasanya dapat menyebabkan kerusakan yang parah. Penyebab dari gangguan *active fault* adalah sebagai berikut :

- Hubung singkat fasa-fasa atau fasa dengan ground.
- Hubung singkat antar lilitan sefasa (*intern turn*).
- *Core fault*.
- *Tank faults*.
- *Bushing flashovers*.

Gangguan yang terjadi diluar daerah proteksi trafo. Umumnya gangguan ini terjadi pada jaringan yang akan dirasakan dan berdampak terhadap ketahanan kumparan primer maupun sekunder/ tersier trafo. Fenomena gangguan *ekternal* seperti :

- Pembebanan lebih { *Over load (OL)* }.
- *Over voltage (OV)* akibat surja hubung atau surja petir.
- *Under* atau *over frequency (OF)* akibat gangguan sistem.
- *External system short circuit (SC)*.
- Hubung singkat pada jaringan sekunder atau tersier (penyulang) yang menimbulkan *through fault current*.

Frekuensi dan besaran arus gangguan diprediksi akan mengurangi umur operasi trafo (SCF).

2) Fungsi Proteksi Trafo Tenaga Terhadap Gangguan

Untuk memperoleh efektifitas dan efisien dalam menentukan sistem proteksi trafo tenaga, maka setiap peralatan proteksi yang dipasang harus disesuaikan dengan kebutuhan dan prediksi gangguan yang akan terjadi yang mengancam ketahanan trafo itu sendiri.

3) Proteksi Utama Trafo Tenaga

Proteksi utama adalah suatu sistem proteksi yang diharapkan sebagai prioritas untuk mengamankan gangguan atau menghilangkan kondisi tidak normal pada trafo tenaga. Proteksi tersebut biasanya dimaksudkan untuk memprakarsainya saat terjadinya gangguan dalam kawasan yang harus dilindungi (IEC 15-05-025). Ciri-ciri pengaman utama :

- Waktu kerjanya sangat cepat seketika (*instantaneous*).
- Tidak bisa dikoordinasikan dengan rele proteksi lainnya.
- Tidak tergantung dari proteksi lainnya.
- Daerah pengamanannya dibatasi oleh pasangan trafo arus, dimana rele differensial dipasang.

4) Proteksi Cadangan Trafo Tenaga.

Proteksi cadangan adalah suatu sistem proteksi yang dirancang untuk bekerja ketika terjadi gangguan pada sistem tetapi tidak dapat diamankan atau tidak terdeteksinya dalam kurun waktu tertentu karena kerusakan atau ketidakmampuan proteksi yang lain (proteksi utama) untuk mengerjakan pemutus tenaga yang tepat.

Proteksi cadangan dipasang untuk bekerja sebagai pengganti bagi proteksi utama pada waktu proteksi utama gagal atau tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya. (IEC 16-05-030). Ciri-ciri pengaman cadangan :

- Waktu kerjanya lebih lambat atau ada waktu tunda (*time delay*), untuk memberi kesempatan kepada pengaman utama bekerja lebih dahulu.
- Secara sistem, proteksi cadangan terpisah dari proteksi utama.
- Rele pengaman cadangan harus dikoordinasikan dengan rele proteksi pengaman cadangan lainnya di sisi lain.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara yang terletak di Jalan Sosrodiningrat Desa Ngabul Kecamatan Tahunan Kabupaten Jepara. Dilaksanakan pada bulan April 2013 sampai dengan Mei 2013.

B. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi adalah keseluruhan aspek untuk penelitian (Suharsimi Arikunto, 2002: 108). Dalam penelitian ini yang menjadi populasi adalah gangguan dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

Apabila seseorang ingin meneliti semua elemen yang ada didalam wilayah penelitian, maka penelitiannya merupakan penelitian populasi. Studi atau penelitiannya juga disebut studi populasi atau studi sensus (Suharsimi Arikunto, 2006: 130). Dilihat dari jumlahnya populasi dibedakan menjadi 2 yaitu:

- Jumlah terhingga (terdiri dari elemen dengan jumlah tertentu)
- Jumlah tak hingga (terdiri dari elemen yang sukar sekali dicari batasannya)

Menurut Suharsimi Arikunto (2002: 109), sampel adalah sebagian atau wakil populasi yang diteliti. Karena subjek populasi (gangguan dan sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara) tidak homogen dan tidak mencapai 100, maka penelitian ini mengambil semua subjek populasi.

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah objek penelitian atau yang menjadi titik perhatian suatu penelitian, sedangkan data adalah hasil pencatatan peneliti, baik yang berupa fakta ataupun angka. Berdasarkan sumber SK menteri P dan K No. 0259/U/1977 tanggal 11 juli 1977 yang dikutip oleh Suharsimi Arikunto (2006: 118) disebutkan bahwa data adalah segala fakta dan angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun suatu informasi. Sedangkan informasi adalah hasil pengolahan data yang dipakai untuk suatu keperluan (Suharsimi Arikunto, 2006: 118). Untuk mengungkap kinerja sitem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dilihat dari data tahun 2007 sampai 2012. Variabel yang diterapkan dalam penelitian ini memiliki 2 macam, yaitu :

- Variabel *independent* : Gangguan sistem tenaga listrik di Gardu Induk 150 KV Jepara
- Variable *dependent* : Sistem proteksi trafo tenaga Gardu Induk 150 KV Jepara

D. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ialah cara atau strategi yang ditempuh untuk mengambil data dari variabel penelitian tersebut. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan beberapa teknik, yang digabungkan sekaligus dalam mengambil data pada objek penelitian, hal ini dimaksudkan untuk memperoleh data yang padat, dan tepat serta komprehensif dengan demikian dapat memenuhi *standart* data yang *valid*, dalam arti memiliki tingkat *error* data yang lebih kecil.

Berikut teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode dokumentasi dan metode wawancara.

Metode dokumentasi digunakan untuk memperoleh data sistem proteksi yang digunakan dan data gangguan yang terjadi di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012.

Metode wawancara digunakan untuk memperoleh data mengenai langkah- langkah yang dilakukan untuk mengurangi gangguan yang terjadi pada sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

Dengan metode dokumentasi dan wawancara ini peneliti akan mendapatkan hasil yang jelas dan nyata serta pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena gangguan

terhadap kinerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

E. Instrumen Penelitian

Penyusunan instrumen penelitian ini berguna untuk mengumpulkan data yang diambil dari Gardu Induk 150 KV Jepara, yaitu mengenai gangguan yang terjadi dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dengan menggunakan metode dokumentasi dan metode wawancara.

Check list sebagai alat pengumpul data dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu tentang gangguan dan kinerja sistem proteksi trafo di Gardu Induk 150 KV Jepara.

Pedoman wawancara sebagai alat pengumpul data mengenai langkah- langkah yang dilakukan untuk mengurangi gangguan yang terjadi pada sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

F. Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengambilan data di Gardu Induk 150 KV Jepara akan dianalisis dengan menggunakan teknik analisis deskriptif persentase. Teknik deskriptif persentase ini digunakan untuk memberi deskripsi atau pembahasan hasil penelitian yang masih bersifat data kuantitatif sehingga diperoleh gambaran kualitatif dari hasil penelitian.

1) Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

- Membuat pedoman wawancara yang akan digunakan pada metode wawancara.
- Membuat *check list* yang akan digunakan dalam metode dokumentasi.
- Mengklarifikasikan gangguan yang terjadi pada trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012.
- Menghitung persentase kinerja sistem proteksi transformator tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara.

2) Rumus yang digunakan adalah :

Deskripsi persentase gangguan pada sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara :

$$DP = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (\text{S. Arikunto.2006})$$

Keterangan :

- DP = Deskripsi persentase gangguan(%).
- n = Frekuensi gangguan (kali).
- N = Jumlah gangguan (kali).

Deskripsi persentase keandalan sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara :

$$DP = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (\text{S. Arikunto.2006})$$

Keterangan :

- DP = Deskripsi persentase keandalan rele(%).
- n = Kinerja rele (kali).
- N = Jumlah seharusnya rele bekerja (kali).

Keandalan rele dikatakan cukup baik bila mempunyai harga dari 90 % sampai dengan 99 %.

Dari hasil penelitian ini data gangguan dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 akan dideskripsikan dalam bentuk persentase.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan di PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara, didapatkan data-data yang berkaitan dengan permasalahan dan tujuan penelitian yaitu tentang kinerja sistem proteksi transformator tenaga terhadap gangguan, penyebab gangguan, serta langkah- langkah yang dilakukan untuk menangani gangguan tersebut. Data yang diperoleh tersebut akan dipersentasikan dan dideskripsikan untuk memperoleh jawaban dari permasalahan dalam penelitian ini.

Hasil observasi tentang gangguan yang terjadi diklasifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis (kerusakan pada alat), gangguan nonteknis (sambaran petir, angin, tertimpa pohon, dan lain- lain), dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Berikut adalah banyaknya gangguan yang terjadi dan kinerja sistem proteksi trafo tenaga 1 dan 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara dari tahun 2007 sampai 2012 :

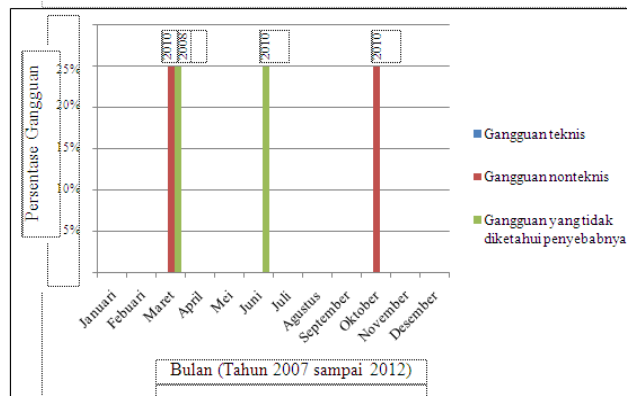
1) Area trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara

- Penyebab gangguan.

Banyaknya gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV Jepara yang menyebabkan sistem proteksi bekerja :

TABEL I
 GANGGUAN PADA SISTEM PROTEKSI AREA TRAFU TENAGA 1 TAHUN 2007 SAMPAI 2012

No.	Bulan	Penyebab Gangguan			Jumlah	
		Teknis	Nonteknis	Tidak diketahui	Kali	%
1	Januari	-	-	-	-	-
2	Febuari	-	-	-	-	-
3	Maret	-	1	1	2	50
4	April	-	-	-	-	-
5	Mei	-	-	-	-	-
6	Juni	-	1	-	1	25
7	Juli	-	-	-	-	-
8	Agustus	-	-	-	-	-
9	September	-	-	-	-	-
10	Oktober	-	-	1	1	25
11	November	-	-	-	-	-
12	Desember	-	-	-	-	-
	Jumlah	-	2	2	4	100



Gambar 3. Grafik persentase gangguan pada sistem proteksi area trafo tenaga 1 tahun 2007 sampai 2012

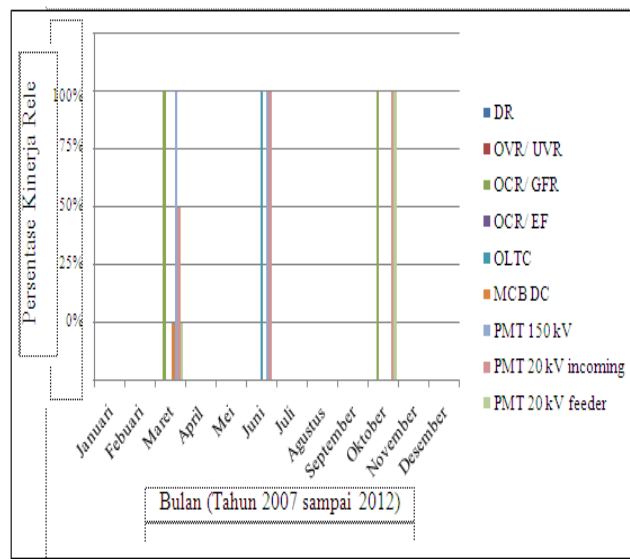
- Kinerja sistem proteksi.

Banyaknya sistem proteksi yang bekerja saat terjadi gangguan pada area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV :

TABEL II

PERSENTASE KEANDALAN KINERJA RELE PROTEKSI PADA AREA TRAFU TENAGA 1 TAHUN 2007 SAMPAI 2012

No.	Rele Proteksi Trafo Tenaga 1	Kinerja Rele Proteksi		Jumlah Gangguan yang Dialami		Kriteria
		Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	Kali	%	
		1	DR	-	-	
2	OVR/ UVR	-	-	-	-	-
3	OCR/ GFR	2	-	2	100	Baik
4	OCR/ EF	-	-	-	-	-
5	OLTC	1	-	1	100	Baik
6	MCBDC	1	-	1	100	Baik
7	PMT 150 KV	2	-	2	100	Baik
8	PMT 20 KV incoming	4	-	4	100	Baik
9	PMT 20 KV feeder	1	1	2	50	Kurang Baik
	Jumlah	11	1	12	91,67	Cukup Baik



Gambar 4. Grafik persentase kinerja sistem proteksi area trafo tenaga 1 tahun 2007 sampai 2012

2) Area trafo tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Jepara.

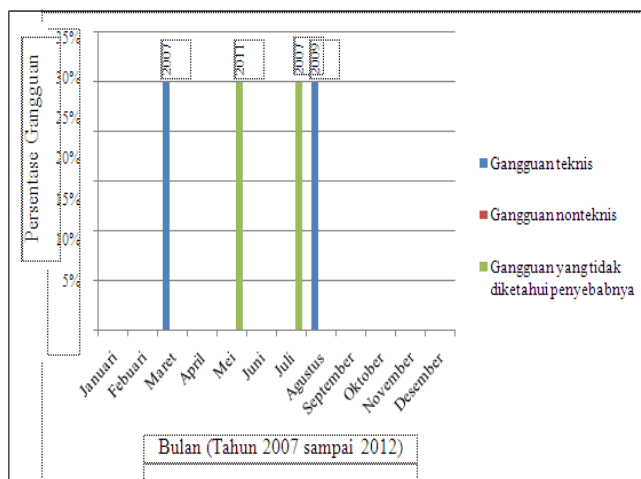
- Penyebab gangguan.

Banyaknya gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara yang menyebabkan sistem proteksi bekerja.

TABEL III

GANGGUAN PADA SISTEM PROTEKSI TRAFU AREA TENAGA 2 TAHUN 2007 SAMPAI 2012

No.	Bulan	Penyebab Gangguan			Jumlah	
		Teknis	Nonteknis	Tidak diketahui	Kali	%
1	Januari	-	-	-	-	-
2	Februari	-	-	-	-	-
3	Maret	1	-	-	1	25
4	April	-	-	-	-	-
5	Mei	-	-	1	1	25
6	Juni	-	-	-	-	-
7	Juli	-	-	1	1	25
8	Agustus	1	-	-	1	25
9	September	-	-	-	-	-
10	Oktober	-	-	-	-	-
11	November	-	-	-	-	-
12	Desember	-	-	-	-	-
	Jumlah	2	-	2	4	100



Gambar 5. Grafik persentase gangguan pada sistem proteksi area trafo tenaga 2 tahun 2007 sampai 2012

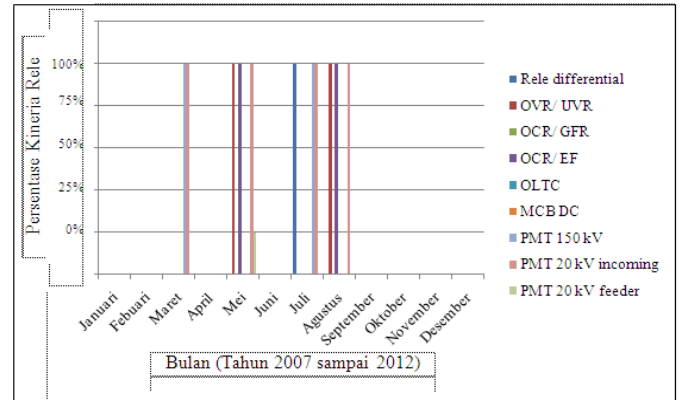
- Kinerja sistem proteksi.

Banyaknya sistem proteksi yang bekerja saat terjadi gangguan pada area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV.

TABEL IV

TABEL 4.4 PERSENTASE KEANDALAN KINERJA RELE PROTEKSI PADA AREA TRAFU TENAGA 2 TAHUN 2007 SAMPAI 2012

No.	Rele Proteksi Trafo Tenaga 1	Kinerja Rele Proteksi		Jumlah Gangguan yang Dialami		Kriteria
		Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	Kali	%	
1	DR	1	-	1	100	Baik
2	OVR/ UVR	2	-	2	100	Baik
3	OCR/ GFR	-	-	-	-	-
4	OCR/ EF	2	-	2	100	Baik
5	OLTC	-	-	-	-	-
6	MCB DC	-	-	-	-	-
7	PMT 150 KV	2	-	2	100	Baik
8	PMT 20 KV incoming	4	-	4	100	Baik
9	PMT 20 KV feeder	-	1	1	0	Tidak Baik
	Jumlah	11	1	12	91,67	Cukup Baik



Gambar 6. Grafik persentase kinerja sistem proteksi area trafo tenaga 2 tahun 2007 sampai 2012

B. Pembahasan

Berdasarkan analisis data yang telah dikemukakan, dapat diketahui tingkat frekuensi gangguan yang mempengaruhi kinerja sistem proteksi trafo 1 dan 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara :

1) Pada area trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara

Gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga 1 di Gardu Induk 150 KV Jepara yang menyebabkan sistem proteksi bekerja dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis, gangguan nonteknis, dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Berikut adalah persentase gangguan yang terjadi dari tahun 2007 sampai 2012 :

Gangguan teknis terjadi karena adanya kerusakan pada peralatan, namun dari tahun 2007 sampai 2012 pada area trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara tidak mengalami gangguan teknis yang menyebabkan sistem proteksi trafo tenaga 1 bekerja.

Gangguan nonteknis terjadi karena adanya gangguan yang disebabkan oleh alam terjadi pada 15 Maret 2010 pukul 12.45 WIB dan 13 Oktober 2010 pukul 00.25 WIB yang menyebabkan sistem proteksi area trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara bekerja sebanyak 2 kali atau 50% dari jumlah gangguan yang terjadi yaitu dikarenakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) tertimpa pohon.

Gangguan yang tidak diketahui penyebabnya terjadi pada 27 Maret 2008 pukul 04.55 WIB dan 28 Juni 2010 pukul 12.06 WIB yang menyebabkan sistem proteksi trafo tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Jepara bekerja, sebanyak 2 kali atau 50 % dari jumlah gangguan yang terjadi.

Pada trafo tenaga 1 memiliki keandalan kinerja sistem proteksi terhadap gangguan yang terjadi yaitu sebanyak 11 kali atau 91,67% dari jumlah sistem proteksi yang seharusnya bekerja 12 kali. Berikut adalah kinerja rele- rele proteksi yang bekerja saat mengalami gangguan :

- OCR/ GFR (*Over Current Relay/ Ground Fault Relay*).

Rele OCR/ GFR memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 2 kali saat terjadi 2 kali gangguan pada *feeder* JPR 1 dan JPR 8 yang disebabkan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

putus tertimpa pohon sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF).

- OLTC (*On Load Tap Changer*).

Rele OLTC memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 1 kali saat terjadi 1 kali gangguan yang penyebabnya tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan paralel filter trafo trafo tenaga 1 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).

- MCB (*Mini Circuit Breaker*).

Rele MCB memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 1 kali saat terjadi 1 kali gangguan pada *feeder* JPR 8 yang disebabkan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus tertimpa pohon sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF).

- PMT (Pemutus Tenaga) 150 KV.

Rele PMT 150 KV memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 2 kali saat terjadi 2 kali gangguan yang disebabkan :

- a) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) Sayung- Tb. Lorok terkena sambaran petir sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).
- b) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan paralel filter trafo tenaga 1 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).

- PMT (Pemutus Tenaga) 20kV incoming.

Rele PMT 20kV incoming memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 4 kali saat terjadi 4 kali gangguan yang disebabkan :

- a) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) Sayung- Tb. Lorok terkena sambaran petir sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).
- b) Pada *feeder* JPR 1 dan 8, Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus tertimpa pohon sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF).
- c) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan paralel filter trafo tenaga 1 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).

- PMT (Pemutus Tenaga) 20 KV *feeder*.

Rele PMT 20 KV *feeder* memiliki keandalan 50% dengan predikat kurang baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 1 kali saat terjadi 2 kali gangguan yang disebabkan :

- a) Pada *feeder* JPR 8, Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus tertimpa pohon sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF).
- b) Pasokan daya dari MCB DC mengalami *tripping*, sehingga rele PMT 20 KV *feeder* tidak mau bekerja (*close*).

2) Pada area trafo tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Jepara

Gangguan yang terjadi pada area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara yang menyebabkan sistem proteksi bekerja dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis gangguan yaitu gangguan teknis, gangguan nonteknis, dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Berikut adalah persentase gangguan yang terjadi dari tahun 2007 sampai 2012 :

Gangguan teknis terjadi karena adanya kerusakan pada peralatan terjadi pada 12 Maret 2007 pukul 19.52 WIB dan 07 Agustus 2009 pukul 06.28 WIB yang menyebabkan sistem proteksi area trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara bekerja sebanyak 2 kali atau 50% dari jumlah gangguan yang terjadi yaitu karena adanya *manuver feeder* JPR 1 dengan JPR 4 dan terbakarnya trafo potensial (VT).

Gangguan nonteknis terjadi karena adanya gangguan yang disebabkan oleh alam, namun dari tahun 2007 sampai 2012 pada area trafo tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Jepara tidak mengalami gangguan teknis yang menyebabkan sistem proteksi trafo tenaga 2 bekerja.

Gangguan yang tidak diketahui penyebabnya terjadi pada 06 Juli 2007 pukul 15.31 WIB dan 25 Mei 2011 pukul 03.30 WIB yang menyebabkan sistem proteksi trafo tenaga 2 di Gardu Induk 150 KV Jepara bekerja sebanyak 2 kali atau 50% dari jumlah gangguan yang terjadi.

Pada trafo tenaga 2 memiliki keandalan kinerja sistem proteksi terhadap gangguan yang terjadi sebanyak 11 kali atau 91,67% dengan predikat cukup baik dari jumlah sistem proteksi yang seharusnya bekerja yaitu 12 kali. Berikut adalah kinerja rele- rele proteksi yang bekerja saat mengalami gangguan :

- DR (*Differential Relay*).

Rele Differential memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 1 kali saat terjadi 1 kali gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, namun gangguan terjadi bersamaan dengan masuknya PMT *feeder* JPR 3 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).

- OVR/ UVR (*Over Voltage Relay/Under Voltage Relay*).

Rele OVR/ UVR memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 2 kali saat terjadi 2 kali gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, namun pada *feeder* JPR 6 Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF) dan saat terbakarnya trafo potensial (VT) yang terletak di area 20 KV sehingga mengalami *Short Circuit* (SC).

- MCB (*Mini Circuit Breaker*).

Rele MCB memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 1 kali saat terjadi 1 kali gangguan pada saat terbakarnya trafo potensial (VT) yang terletak di area 20 KV sehingga mengalami *Short Circuit* (SC).

- PMT (Pemutus Tenaga) 150 KV.

Rele PMT 150 KV memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 2 kali saat terjadi 2 kali gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, namun gangguan terjadi bersamaan dengan masuknya PMT *feeder* JPR 3 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV) dan adanya manuver paralel *feeder* JPR 1 dengan JPR 4 sehingga mengalami *Over Load* (OL).

- PMT (Pemutus Tenaga) 20kV incoming.

Rele PMT 20kV incoming memiliki keandalan 100% dengan predikat baik, dikarenakan mampu bekerja (*trip*) 4 kali saat terjadi 4 kali gangguan yang disebabkan :

- a) Manuver paralel *feeder* JPR 1 dengan JPR 4 sehingga mengalami *Over Load* (OL).

- b) Tidak diketahui, namun gangguan terjadi bersamaan dengan masuknya PMT feeder JPR 3 sehingga mengalami *Over Voltage* (OV).
 - c) Terbakarnya trafo potensial (VT) yang terletak di area 20 KV sehingga mengalami *Short Circuit* (SC).
 - d) Tidak diketahui, namun pada feeder JPR 6 Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF).
- PMT (Pemutus Tenaga) 20 KV feeder;
Rele PMT 20 KV feeder memiliki keandalan 0% dengan predikat tidak baik, dikarenakan tidak mampu bekerja (*trip*) saat terjadi 1 kali gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, namun pada feeder JPR 6 Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) putus sehingga mengalami *Short Circuit Feeder* (SCF).

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Hasil penelitian di PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara dapat disimpulkan sebagai berikut :

1) Gangguan yang sering mempengaruhi sistem proteksi area trafo tenaga dari tahun 2007 sampai 2012 adalah gangguan nonteknis dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya, yang mengakibatkan Short Circuit Feeder (SCF) pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) tertimpa pohon.

2) Sistem proteksi pada area trafo tenaga 1 dan 2 dari tahun 2007 sampai 2012 memiliki keandalan dengan predikat cukup baik dalam mengatasi kuantitas gangguan.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka sebagai peneliti dapat menyarankan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1) Pihak PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara, supaya melakukan dokumentasi gangguan yang terjadi di lebih *detail* dalam pencatatan sesuai dengan tabel *standart* dokumentasi gangguan.

2) Pihak PT PLN (Persero) P3B JB APP Semarang, Gardu Induk 150 KV Jepara, supaya melakukan perubahan tata letak Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) yang berbeda feeder dan terletak pada satu tiang, agar tidak terjadi gangguan hubung singkat beda fasa dengan feeder lain akibat gangguan nonteknis.

REFERENSI

- [1] Agus Sutisna. 2010. Koordinasi Rele Arus. <http://agussutisna1208.files.wordpress.com/2010/05/koordinasi-rele-arus-lebih.pdf>. (Diunduh Tanggal 20 Mei 2013).
- [2] A.N. Afandi. 2010. Operasi Sistem Tenaga Listrik Berbasis Edsa. Yogyakarta : Gava Media.
- [3] Bonar Pandjaitan. 2012. Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta : Andi Offset.
- [4] Moch. Taufik Ardiansyah. 2008. Deskripsi Gangguan Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Di PT PLN (Persero) Unit Pelayanan Dan Jaringan (UPJ) Ungaran Sepanjang Tahun 2006 s.d. 2007 Yang Menyebabkan Automatic Circuit Recloser Bekerja. Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- [5] Modal Holong. 2011. Konsep Gardu Dasar Induk. <http://modalholong.files.wordpress.com/2011/02/konsep-dasar-gardu-induk.pdf>. (Diunduh Tanggal 13 Febuari 2013).
- [6] P. Van Harten dan Ir. E. Setiawan. 1981. Instalasi Listrik Arus Kuat. Bandung : Binacipta.
- [7] Suharsimi Arikunto. 2002. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek : Edisi kelima cetakan ke-12. Jakarta : PT. Rineka Cipta;
- [8] Suharsimi Arikunto. 2006. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek : Edisi kelima cetakan ke-13. Jakarta : PT. Rineka Cipta;
- [9] Unimed. 2012. Proteksi Sistem Tenaga Listrik. <http://unimed-proteksisistemtenagalistrik.blogspot.com/2012/06/proteksi-sistem-tenga-listrik.html>. (Diunduh Tanggal 13 Maret 2013).