

Analisis Kinerja Sistem Proteksi Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti

Ardianto, Firdaus, Noveri L. M

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email:ardhie61@gmail.com

ABSTRACT

With the disruption that can not be predicted, we need a safety equipment (protection system) are precise and reliable. The purpose of this study was to determine the quantity of interference, protection system performance, reliability and power transformer protection system installation requirements in the area power transformer substation of 150 KV Garuda Sakti. Data obtained from the recording in substation Garuda Sakti analyzed using Descriptive Analysis Techniques percentage. The survey results revealed that from 2013 to 2015 occurred 28 times transformer disorders namely: in 2013 occurred 9 times transformer interference, in 2014 occurred 7 times transformer interference, and in 2015 the 12 times the transformer interference. Protection system that works in the event 28 times disruption in Substation Garuda Sakti 2013 to 2015 there are 6 kinds of relays, namely: Rele differential, Rele OCR / GFR, Rele OVR / UVR, Rele REF / SBEF, Rele UVLS and Rele DF / DT is the whole relay has a 100% reliability and got up fairly well. From 2013 to 2015 the reliability of Power Transformer Substation of Garuda Sakti by long outages caused by the interference, the Transformer Power1 reaches the percentage 99.97203%, the Transformer Daya2 reaches 99.983364%, the Transformer Daya3 reach 99.99258% and the Transformer Daya4 reaching 99.99081%. From the data analysis, in general, the protection system in the substation Garuda Sakti it can be argued that meets the requirements of the protection system selectivity, Reliability, Free Labor, Sensitivity and Economic.

Keywords: Gardu Induk, Fault, System Protection, Reliability Substation, PLN

PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) P3B Sumatra UPT Pekanbaru, Gardu Induk 150 kV Garuda Sakti merupakan pusat pengatur kebutuhan beban tenaga listrik dan sebagai pusat pengamanan peralatan-peralatan sistem tenaga listrik juga sebagai pusat proses penormalan terhadap gangguan-gangguan yang ada di wilayah Pekanbaru. Tenaga listrik tersebut ditransformasikan oleh empat buah trafo tenaga yang disuplai oleh tiga tower (Bay Bangkinang, Bay Koto Panjang, Bay Teluk Lembu I, dan Bay Teluk Lembu II).

Sistem penyaluran tenaga listrik tersebut tidak menutup kemungkinan terjadi gangguan, terutama gangguan yang disebabkan oleh alam. Gangguan yang sering terjadi antara lain kawat penghantar putus, kerusakan pada pembangkit, gangguan pada saluran transmisi akibat petir serta gangguan hubung singkat, dan lainnya. Dengan

adanya gangguan yang tidak dapat diprediksi maka diperlukan suatu peralatan pengamanan (sistem proteksi) yang tepat dan dapat diandalkan. Pengamanan tersebut dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada peralatan-peralatan Gardu Induk yang nantinya akan menyebabkan terhambatnya penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen).

Salah satu komponen utama pada Gardu Induk yaitu trafo tenaga yang merupakan peralatan penting dalam penyaluran tenaga listrik, karena trafo merupakan peralatan yang menyalurkan energi listrik langsung ke konsumen baik konsumen tegangan tinggi, tegangan menengah, maupun tegangan rendah. Untuk melindungi trafo tenaga dari kerusakan, telah dilakukan pemasangan rele-rele proteksi yang dapat mengenal kondisi abnormal pada sistem tenaga listrik dan melakukan langkah-langkah yang dianggap perlu untuk menjamin pemisahan gangguan dengan kemungkinan

gangguan terkecil terhadap operasi normal. Hal yang dilakukan untuk mengatasi gangguan-gangguan tersebut adalah inspeksi melakukan perhitungan dan analisis untuk menentukan *setting* rele, sehingga sistem proteksi akan bekerja sesuai dengan fungsinya sebagai pengaman agar stabilitas tenaga listrik akan berlangsung dengan baik.

Untuk mengetahui kuantitas gangguan, kinerja sistem proteksi terhadap gangguan-gangguan yang terjadi dan persyaratan pemasangan sistem proteksi di Gardu Induk 150 KV Garuda Sakti, maka penulis akan mencoba menyusun sebuah skripsi dengan judul “ANALISIS KINERJA SISTEM PROTEKSI BERDASARKAN FREKUENSI GANGGUAN DI GARDU INDUK 150 KV GARUDA SAKTI”.

TEORI DASAR

Gardu Induk

Tugas dari pembangkitan adalah membangkitkan tenaga listrik melalui generator dan diubah ke tegangan tinggi dengan menggunakan *step up transformer*. Tenaga listrik bertegangan tinggi tersebut disalurkan atau ditransmisikan melalui kawat-kawat transmisi ke Gardu Induk. Gardu Induk adalah suatu bagian dari sistem tenaga listrik yang terdiri dari saluran transmisi atau distribusi, perlengkapan hubung bagi trafo, peralatan kontrol, peralatan pengaman, dan termasuk dalam komponen utama dalam proses penyaluran tenaga listrik dari pembangkitan kepada beban (konsumen).

Fungsi utama dari Gardu Induk merupakan sebagai pentransformasi tenaga listrik bertegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau ke tegangan menengah, sebagai pengawasan operasi, pengukuran serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.

Persyaratan Sistem Proteksi

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

1. Sensitifitas

Sensitifitas adalah istilah yang sering dikaitkan dengan harga besaran penggerak minimum, seperti level arus minimum, tegangan, daya dan besaran lain dimana rele dan skema proteksi masih dapat bekerja dengan baik. Suatu rele disebut sensitif bila parameter operasi utamanya rendah. Artinya, semakin rendah besaran parameter penggerak maka perangkat tersebut dikatakan semakin sensitif.

Sensitifitas pada rele elektromekanikal terdahulu biasanya dikaitkan dengan kepekaan dari perangkat bergeraknya terhadap daya yang diserap dalam bentuk *Volt-Ampere* dimana rele bekerja. Semakin kecil VA yang dibutuhkan maka rele elektromekanikal tersebut semakin sensitif. Pada rele – rele numerik sensitifitas tidak dikaitkan lagi pada perangkat kerasnya tetapi lebih pada aplikasi dan parameter trafo arus (CT) atau trafo tegangan (PT) yang digunakan.

2. Kecepatan

Fungsi sistem proteksi adalah untuk mengisolasi gangguan secepat dan sesegera mungkin. Tujuan utamanya adalah mengamankan kontinuitas pasokan daya dengan menghilangkan setiap gangguan sebelum gangguan tersebut berkembang ke arah yang membahayakan stabilitas dan hilangnya sinkronasi sistem pada akhirnya dapat meruntuhkan sistem tenaga tersebut.

Bila pembebanan sistem tenaga naik, pergeseran pisa antara dua busbar yang berbeda juga naik dan karena itu bila gangguan terjadi maka kemungkinan besar akan terjadi kehilangan sistem sinkronasi. Semakin singkat waktu yang dibolehkan pada gangguan makan kontinuitas pelayanan sistem akan semakin baik. Dengan demikian proteksi harus bekerja secepat mungkin.

3. Selektifitas

Selektifitas suatu sistem proteksi jaringan tenaga adalah kemampuan rele proteksi untuk melakukan *tripping* secara tepat sesuai rencana yang telah ditentukan pada waktu mendesain sistem proteksi tersebut. Dalam pengertian lain, suatu sistem proteksi sistem tenaga harus bisa kerja secara selektif sesuai klasifikasi dan jenis gangguan yang harus diamankan. Selektifitas sistem proteksi terkait juga dengan kemampuan diskriminasi.

4. Keandalan (*Reliability*)

Suatu sistem proteksi dikatakan andal apabila selalu berfungsi seperti yang diharapkan. Sistem proteksi dikatakan tidak andal jika gagal bekerja saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak seharusnya bekerja. Rele dikatakan baik apabila memiliki nilai keandalan 90-99%.

Keandalan dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

- Dependability* : rele harus bisa diandalkan setiap saat.
- Security* : rele tidak boleh salah kerja/ tidak boleh bekerja yang bukan seharusnya bekerja.

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.

Rumus – Rumus yang digunakan dalam Penelitian

1. Deskripsi Persentase Gangguan

Deskripsi persentase gangguan pada sistem proteksi di Gardu Induk Garuda Sakti dihitung dengan persamaan :

$$DP_f = \frac{n_f}{N_f} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan :

DP_f = Deskripsi persentase gangguan (%).

n_f = Gangguan Terjadi (kali).

N_f = Jumlah gangguan (kali).

2. Deskripsi Presentase Kinerja Proteksi

Deskripsi persentase kinerja proteksi di Gardu Induk Garuda Sakti dihitung dengan persamaan :

$$DP_p = \frac{n_p}{N_p} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

DP_p = Deskripsi persentase kinerja proteksi (%).

n_p = Kerja rele (kali).

N_p = Jumlah seharusnya rele bekerja (kali).

3. Keandalan Trafo Daya Gardu Induk

Keandalan Trafo Daya Gardu Induk Garuda Sakti dihitung dengan persamaan :

$$U = \frac{\sum U_t}{\sum U_b + \sum U_t} \quad (2.3)$$

$$A = (1 - U) \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan :

U = *Unavailability*

A = *Availability*

U_b = Jam unit beroperasi (jam)

U_t = Jam unit terganggu (jam)

Dari hasil penelitian ini data gangguan dan kerja sistem proteksi di Gardu Induk Garuda Sakti dari tahun 2013 sampai tahun 2014 akan dideskripsikan dalam bentuk persentase.

4. Rumus persamaan kesalahan rasio

Sensitifitas trafo arus proteksi di Gardu Induk Garuda Sakti dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kesalahan Arus \%} = \frac{(Kn \times Is - Ip) \times 100}{Ip}$$

Keterangan :

% = Besar kesalahan yang diizinkan

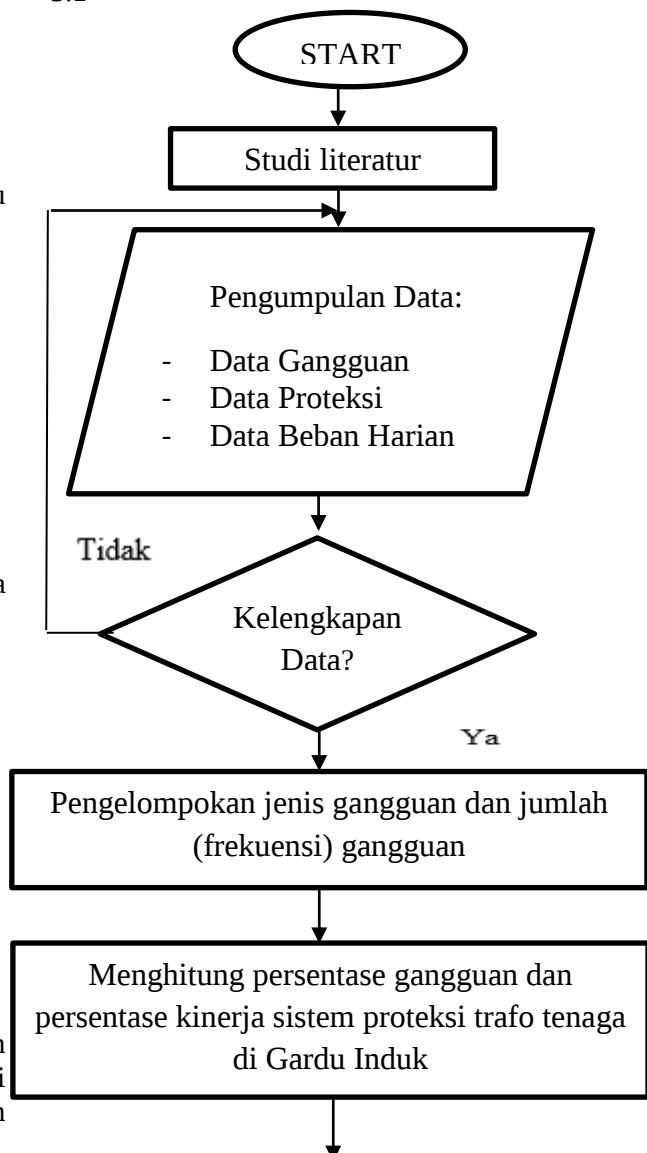
Kn = Besar rasio pengenal

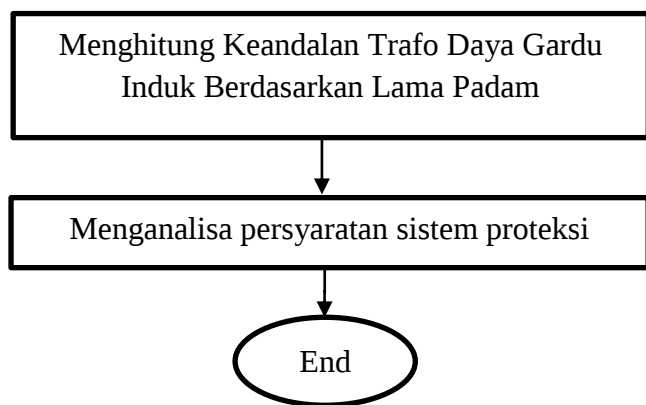
Is = Arus skunder trafo

Ip = Arus primer trafo

METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Gangguan Trafo Pada Tahun 2013

Persentase gangguan Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013 dihitung menggunakan Persamaan Deskripsi Persentase Gangguan (2.1). Data persentase gangguan Gardu Induk Garuda Sakti disajikan pada Tabel 4.2.

Pada tahun 2013 trafo mengalami 9 kali gangguan, yaitu :

1. Januari : Pada bulan Januari trafo tidak mengalami gangguan
2. Februari : Pada bulan Februari trafo tidak mengalami gangguan
3. Maret : Pada bulan Maret trafo mengalami 2 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{2}{9} \times 100\% \\
 &= 22,22\%
 \end{aligned}$$

4. April : Pada bulan April trafo mengalami 4 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{4}{9} \times 100\% \\
 &= 44,44\%
 \end{aligned}$$

5. Mei : Pada bulan Mei trafo mengalami 1 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{9} \times 100\% \\
 &= 11,11\%
 \end{aligned}$$

6. Juni : Pada bulan Juni trafo mengalami 1 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{9} \times 100\% \\
 &= 11,11\%
 \end{aligned}$$

7. Juli : Pada bulan Juli trafo tidak mengalami gangguan.

8. Agustus : Pada bulan Agustus trafo mengalami 1 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{9} \times 100\% \\
 &= 11,11\%
 \end{aligned}$$

9. September : Pada bulan September trafo tidak mengalami gangguan.

10. Oktober : Pada bulan Oktober trafo tidak mengalami gangguan.

11. November : Pada bulan November trafo tidak mengalami gangguan.

12. Desember : Pada bulan Desember trafo tidak mengalami gangguan.

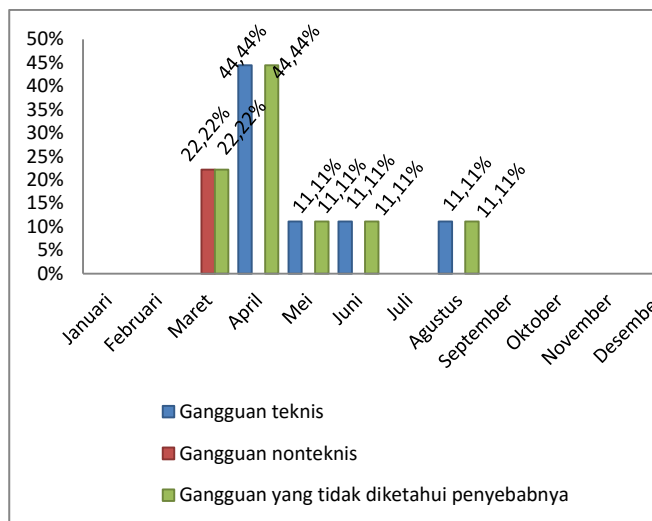
Persentase gangguan trafo di Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Persentase Gangguan Trafo di GI Garuda Sakti Tahun 2013

No	Bulan	Penyebab Gangguan			Jumlah Gangguan	
		Internal	Eksternal	Tak Diketahui	Kali	%
1	Januari	-	-	-	-	-
2	Februari	-	-	-	-	-
3	Maret	-	1	1	2	22,22
4	April	2	-	2	4	44,44
5	Mei	1	-	-	1	11,11
6	Juni	1	-	-	1	11,11
7	Juli	-	-	-	-	-
8	Agustus	1	-	-	1	11,11
9	September	-	-	-	-	-
10	Oktober	-	-	-	-	-
11	November	-	-	-	-	-

12	Desember	-	-	-	-	-
Jumlah		5	1	3	9	100

Grafik persentase gangguan trafo di Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013 dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Persentase Gangguan Tahun 2013

Persentase Gangguan Trafo Pada Tahun 2014

Persentase gangguan Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2014 dihitung menggunakan Persamaan Deskripsi Persentase Gangguan (2.1).

Pada tahun 2014 trafo mengalami 7 kali gangguan, yaitu :

1. Januari : Pada bulan Januari trafo tidak mengalami gangguan.
2. Februari : Pada bulan Februari trafo mengalami 1 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{7} \times 100\% \\
 &= 14,29\%
 \end{aligned}$$

3. Maret : Pada bulan Maret trafo tidak mengalami gangguan.
4. April : Pada bulan April trafo mengalami 3 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{3}{7} \times 100\% \\
 &= 42,86\%
 \end{aligned}$$

5. Mei : Pada bulan Mei trafo mengalami 1 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{7} \times 100\% \\
 &= 14,29\%
 \end{aligned}$$

6. Juni : Pada bulan Juni trafo tidak mengalami gangguan.
7. Juli : Pada bulan Juli trafo tidak mengalami gangguan.
8. Agustus : Pada bulan Agustus trafo mengalami 2 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{2}{7} \times 100\% \\
 &= 28,57\%
 \end{aligned}$$

9. September : Pada bulan September trafo tidak mengalami gangguan.
10. Oktober : Pada bulan Oktober trafo tidak mengalami gangguan.
11. November : Pada bulan November trafo tidak mengalami gangguan.
12. Desember : Pada bulan Desember trafo tidak mengalami gangguan.

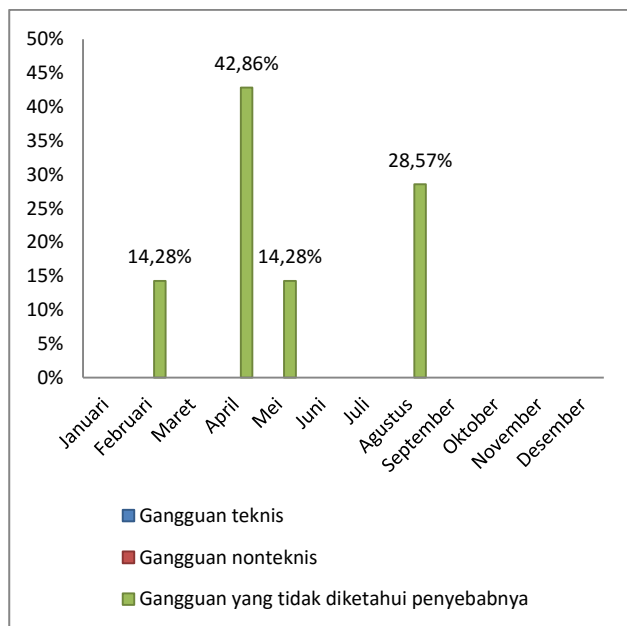
Persentase gangguan trafo di Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Persentase Gangguan Trafo yang terjadi di GI Garuda Sakti Tahun 2014

No	Bulan	Penyebab Gangguan			Jumlah Gangguan	
		Internal	Eksternal	Tak Diketahui	Kali	%
1	Januari	-	-	-	-	-
2	Februari	-	-	1	1	14.28
3	Maret	-	-	-	-	-
4	April	-	-	3	3	42.86
5	Mei	-	-	1	1	14.28
6	Juni	-	-	-	-	-
7	Juli	-	-	-	-	-
8	Agustus	-	-	2	2	28.57
9	September	-	-	-	-	-
10	Oktober	-	-	-	-	-

11	November	-	-	-	-	-
12	Desember	-	-	-	-	-
Jumlah		-	-	7	7	100

Grafik persentase gangguan trafo di Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Persentase Gangguan Tahun 2014

Persentase Gangguan Trafo Pada Tahun 2015

Persentase gangguan Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2015 dihitung menggunakan Persamaan Deskripsi Persentase Gangguan (2.1).

Pada tahun 2015 trafo mengalami 12 kali gangguan, yaitu :

1. Januari : Pada bulan Januari trafo tidak mengalami gangguan.
2. Februari : Pada bulan Februari trafo tidak mengalami gangguan.
3. Maret : Pada bulan Maret trafo tidak mengalami gangguan.
4. April : Pada bulan April trafo mengalami 10 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{10}{12} \times 100\% \\
 &= 83,33\%
 \end{aligned}$$

5. Mei : Pada bulan Mei trafo mengalami 1 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{12} \times 100\% \\
 &= 8,33\%
 \end{aligned}$$

6. Juni : Pada bulan Juni trafo tidak mengalami gangguan.

Juli : Pada bulan Juli trafo mengalami 1 kali gangguan, maka deskripsi persentasenya:

$$\begin{aligned}
 DP_f &= \frac{nf}{Nf} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{12} \times 100\% \\
 &= 8,33\%
 \end{aligned}$$

8. Agustus : Pada bulan Agustus trafo tidak mengalami gangguan.

9. September : Pada bulan September trafo tidak mengalami gangguan.

10. Oktober : Pada bulan Oktober trafo tidak mengalami gangguan.

11. November : Pada bulan November trafo tidak mengalami gangguan.

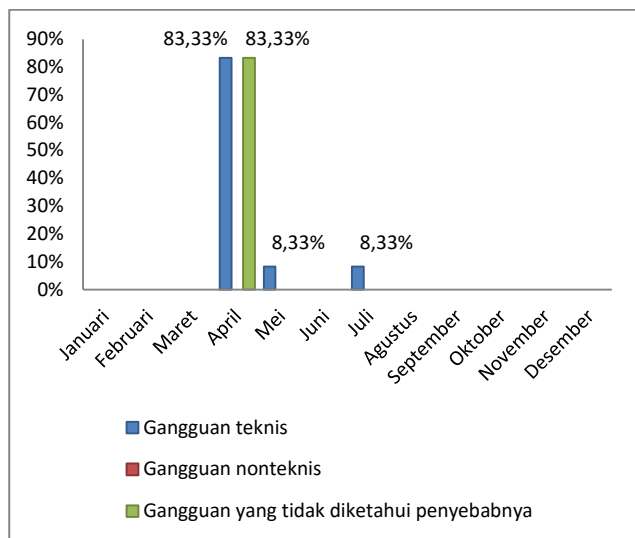
12. Desember : Pada bulan Desember trafo tidak mengalami gangguan.

Persentase gangguan trafo di Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Persentase Gangguan Trafo yang terjadi di GI Garuda Sakti Tahun 2015

No	Bulan	Penyebab Gangguan			Jumlah Gangguan	
		Internal	Eksternal	Tak Diketahui	Kali	%
1	Januari	-	-	-	-	-
2	Februari	-	-	-	-	-
3	Maret	-	-	-	-	-
4	April	2	-	8	10	83,33
5	Mei	1	-	-	1	8,33
6	Juni	-	-	-	-	-
7	Juli	1	-	-	1	8,33
8	Agustus	-	-	-	-	-
9	September	-	-	-	-	-
10	Oktober	-	-	-	-	-
11	November	-	-	-	-	-
12	Desember	-	-	-	-	-
Jumlah		4	-	8	12	100

Grafik persentase gangguan trafo di Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.3 Grafik Persentase Gangguan Tahun 2015

Kinerja Sistem Proteksi Gardu Induk Garuda Sakti

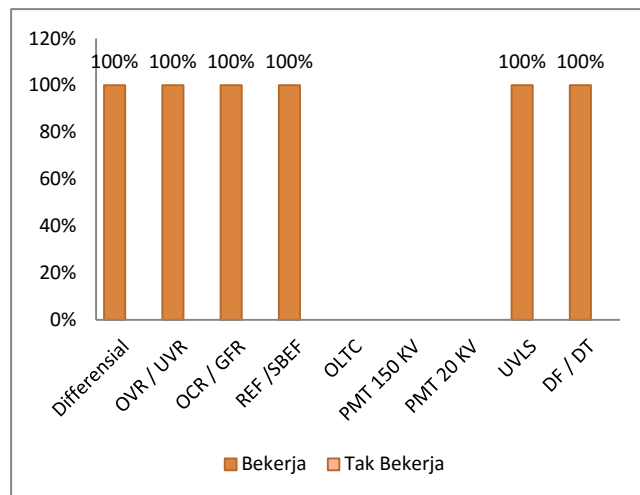
Persentase kinerja proteksi Gardu Induk Garuda Sakti 2013-2015 dihitung menggunakan Persamaan Deskripsi Persentase Kinerja Proteksi (2.2).

Tabel 4.6 Persentase Kinerja Rele di GI Garuda Sakti Tahun 2013 - 2015

No.	Rele Proteksi	Kerja Rele Proteksi		Jumlah Gangguan (kali)	Persentase Kinerja Rele (%)	Predikat
		Bekerja	Tidak Bekerja			
1	Differensial	2	-	2	100	Baik
2	OVR / UVR	13	-	13	100	Baik
3	OCR / GFR	1	-	1	100	Baik
4	REF / SBEF	1	-	1	100	Baik
5	OLTC	-	-	-	-	-
6	PMT 150 KV	-	-	-	-	-
7	PMT 20 KV	-	-	-	-	-
8	UVLS	9	-	9	100	Baik
9	DF / DT	2	-	2	100	Baik

Jumlah	20	0	20	100	Cukup Baik
--------	----	---	----	-----	------------

Grafik Persentase Kinerja Rele di GI Garuda Sakti Tahun 2013 – 2015 dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Persentase Kerja Rele

Rele proteksi yang bekerja adalah Rele differensial, Rele OCR/GFR, Rele OVR/UVR, Rele REF/SBEF, Rele UVLS, dan Rele DF/DT. Semua rele bekerja sebanyak jumlah gangguan dengan persentase 100% untuk masing-masing rele.

Keandalan Trafo Daya Gardu Induk Garuda Sakti Tahun 2013-2015 Berdasarkan Lama Padam

Dalam penelitian ini, berdasarkan perhitungan yang dilakukan didapatkan hasil keandalan Trafo Daya Gardu Induk Garuda Sakti berdasarkan lama padam yang disebabkan oleh gangguan dari tahun 2013 – 2015 pada Trafo Daya1 mencapai persentase 99,97203%, pada Trafo Daya2 mencapai 99,983364%, pada Trafo Daya3 mencapai 99,99258% dan pada Trafo Daya4 mencapai 99,99081%. dengan demikian Trafo Daya Gardu Induk Garuda Sakti memiliki indeks keandalan Sangat Baik

Analisa Persyaratan Sisem Proteksi

Dari analisis data yang dilakukan, secara umum sistem proteksi pada Gardu Induk Garuda Sakti sudah bisa dikatakan memenuhi persyaratan sistem proteksi yaitu Selektifitas, Keandalan, Kecepatan Kerja, Sensitivitas dan Ekonomis.

KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan di PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Pekanbaru Gardu Induk Garuda Sakti, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Jenis gangguan yang terjadi pada Gardu Induk Garuda Sakti adalah gangguan internal, eksternal dan gangguan tidak diketahui penyebabnya, sedangkan gangguan yang sering terjadi di Gardu Induk Garuda Sakti adalah gangguan yang tidak diketahui penyebabnya (*black out*).
2. Dari tahun 2013 sampai 2015 terjadi 28 kali gangguan trafo yaitu : pada tahun 2013 terjadi 9 kali gangguan trafo, pada tahun 2014 terjadi 7 kali gangguan trafo, dan pada tahun 2015 terjadi 12 kali gangguan trafo.
3. Sistem proteksi yang bekerja pada saat terjadi 28 kali gangguan di Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013 sampai tahun 2015 ada 6 macam rele yaitu : Rele differensial, Rele OCR/GFR, Rele OVR/UVR, Rele REF/SBEF, Rele UVLS dan Rele DF/DT yang seluruh rele memiliki keandalan 100% dan mendapat predikat cukup baik.
4. Dari tahun 2013 sampai 2015 keandalan Trafo Daya Gardu Induk Garuda Sakti berdasarkan lama padam yang disebabkan oleh gangguan pada Trafo Daya1 mencapai persentase 99,97203%, pada Trafo Daya2 mencapai 99,983364%, pada Trafo Daya3 mencapai 99,99258% dan pada Trafo Daya4 mencapai 99,99081%.
5. Dari analisis data yang dilakukan, secara umum sistem proteksi pada Gardu Induk Garuda Sakti sudah bisa dikatakan memenuhi persyaratan sistem proteksi yaitu Selektifitas, Keandalan, Kecepatan Kerja, Sensitivitas dan Ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Pandjaitan, Bonar. 2012. *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset
- Aryanto, Tofan. 2013. *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Di Gardu Induk 150 KV Jepara*. Semarang: Skripsi UNNES.

- Mappeasse, M Yusuf. 2007. *Studi Sistem Proteksi Transformator Daya Gardu Induk 150 KV Tello PT. PLN (Persero) Wilayah Sulseltrabar*. Jurnal Teknik Elektro FT UNM
- Nurhadin, Slamet. 2005. *Studi Keandalan Sistem Kerja Rele Proteksi Di GI Polehan 70/20 KV*. Jurnal Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
- I Gusti Putu Arka dan Nyoman Mudiana. 2013. *Studi Pengaruh Pemasangan Sistem Proteksi Rele Terhadap Kemungkinan Gangguan Sympathetic Tripping Pada Penyulang*. Jurnal Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali
- Tobing, Bonggas L. 2012. *Peralatan Tegangan Tinggi*, Edisi Kedua. Erlangga: Jakarta
- Arikunto, Suharsimi. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Pretek*: Edisi kelima cetakan ke-12. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Pretek*: Edisi kelima cetakan ke-13. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Azriyenni, 2009. *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*. Pekanbaru: Pusbangdik
- Ridwan, 2011. *Analisa Keandalan Sistem 150 KV Di Wilayah Jawa Timur*. Jurnal Teknik Elektro, pp.1-7.
- Hutagalung, Nelson. 2011. *Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV*. Pekanbaru: Laporan Kerja Praktek.
- Modal Holong. 2011. *Konsep Gardu Dasar Induk*. <http://modalholong.files.wordpress.com/2011/02/konsep-dasar-gardu-induk.pdf>. (Diunduh Tanggal 13 Febuari 2016).