

Analisa Kinerja Proteksi Gardu Induk Garuda Sakti Menggunakan *Software* Berbasis *Visual Basic 6.0*

Shely Ayu Febriyanty*, Nurhalim, Irsan Taufik Ali*****

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: shelyayuu22@gmail.com

ABSTRACT

PT. PLN (Persero) Garuda Sakti Substation is the center of power settings and load demand as the center of security equipment power system as well as the enter of the process of normalization of the disturbances in the territory of Pekanbaru. The goal of research to determine the quantity of fault, protection performance, and reliability of Garuda Sakti Substation. Besides, produce useful software to calculate the percentage of the quantity of fault, the precentage of protection performance and reliability of the substation by long outages. Type of this research is qualitative descriptive. The calculation is done using software based Visual Basic 6.0. From the data obtained, in 2013-2014 occurred 20 times faults in Transformers and Transmission 150 kV. Protection system that works when the interruption occurs 20 times in the Garuda Sakti Substation at 2013-2014, there are five kinds of relay is: relay OVR / UVR, relay REF / SBEF, rele DF / DT, rele rele UVLS and the entire PMT 150 KV rele has a 100% reliability. Garuda Sakti Substation has good reliability because LOLP value in 2013 amounted to 0,234953 days per year and in 2014 of 0,09023 days per year (suitable with the standards of PLN below or equal to 3 days per year).

Keywords: Fault, Protection, ENS, LOLP, Reliability Substation, Visual Basic 6.0.

I. PENDAHULUAN

Gardu Induk merupakan pusat pengaturan kebutuhan beban tenaga listrik, pusat pengamanan peralatan-peralatan sistem tenaga listrik dan pusat proses penormalan terhadap gangguan-gangguan yang ada. Tenaga listrik tersebut ditransformasikan oleh sebuah trafo tenaga dan menggunakan sistem busbar ganda sebagai titik pertemuan antara trafo tenaga dengan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV.

Mengingat semakin meningkatnya kebutuhan energi listrik dalam kehidupan khususnya bagi keperluan industri, maka kualitas dan kuantitas aliran listrik menjadi tuntutan yang besar dari pihak konsumen energi listrik. Salah satu hal yang mempengaruhi kualitas dari aliran listrik itu sendiri adalah sistem proteksinya terhadap gangguan yang timbul baik itu gangguan internal maupun

gangguan eksternal pada transformator daya ataupun saluran transmisi. Sistem proteksi tidak mencegah terjadinya gangguan, tetapi hanya melakukan tindakan setelah terjadinya gangguan. Sistem proteksi mampu melindungi komponen-komponen pada sistem tenaga listrik ketika terjadi gangguan. Dengan adanya sistem proteksi maka dapat meminimalisir dampak dari gangguan yang terjadi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas gangguan dan kinerja proteksi Gardu Induk Garuda Sakti serta menghasilkan *software* yang berguna untuk menghitung presentasi kuantitas gangguan, presentasi kerja alat proteksi Gardu Induk Garuda Sakti.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Gunawan Eko Prasetyo, (2007) yang menganalisis tentang indeks keandalan pembangkit yang terdapat di Jawa Tengah dan

DI Yogyakarta dengan pembangkit skenario P3B pusat Gandul. Kemudian pembangkit Jawa Tengah dan DIY diputus dari interkoneksi Jawa Madura Bali diketahui bahwa tingkat keandalan pembangkit LOLP pada tahun 2006 adalah 61,496 hari per tahun. Hal ini tidak sesuai dengan ketentuan standar PLN yaitu maksimal 3 hari per tahun. Tingkat keandalan pembangkit dihitung dengan nilai indeks LOLP (Loss of Load Probability), ENS (Energy Not Served), dan faktor keandalan pembangkit. Semakin kecil nilai LOLP dan ENS pembangkit, maka tingkat keandalan pembangkit semakin baik.

Penelitian ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Tofan (2013) melakukan penelitian tentang 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). 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. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah 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.

Penelitian ini juga akan menghitung keandalan trafo dan saluran transmisi di Gardu Induk Garuda Sakti. Selain itu penelitian ini juga menggunakan *software Visual Basic 6.0* untuk menghasilkan sebuah aplikasi dalam membantu perhitungan presentasi kuantitas gangguan, presentasi kerja alat proteksi dan keandalan trafo dan saluran transmisi Gardu Induk Garuda Sakti.

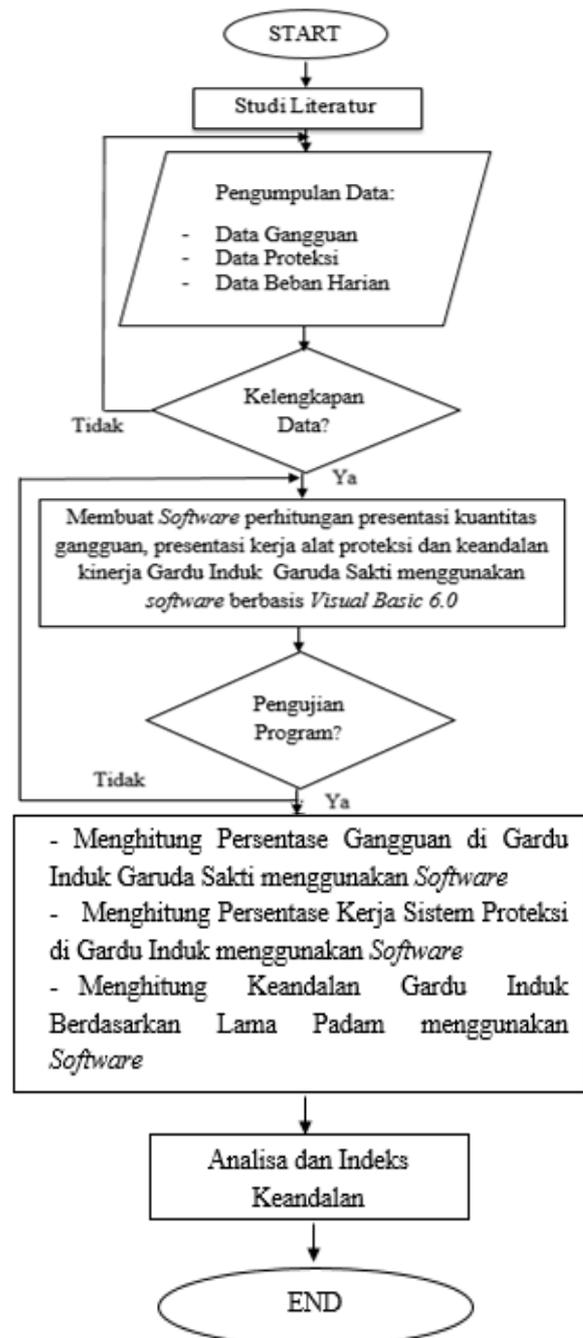
II. METODE PENELITIAN

Adapun jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif yang sifatnya eksploratif untuk mengetahui pengaruh gangguan terhadap kinerja sistem proteksi area trafo tenaga dan saluran transmisi

150 kV di Gardu Induk Garuda Sakti dari tahun 2013 sampai 2014.

Data - data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain : data gangguan, data proteksi dan pola beban harian Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013 sampai tahun 2014.

Berikut ini adalah diagram alir penelitian :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap awal penelitian ini adalah mengumpulkan berbagai referensi ataupun jurnal-jurnal yang relevan dengan topik penelitian. Setelah itu, mengumpulkan data – data yang dibutuhkan yaitu data gangguan, data proteksi dan pola beban harian Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013 sampai tahun 2014.

Setelah data lengkap terkumpul dilakukanlah perancangan *software* perhitungan berbasis *Visual Basic 6.0. Software* digunakan sebagai alat perhitungan persentase kuantitas gangguan, persentase kerja alat proteksi dan keandalan Gardu Induk Garuda Sakti. Setelah data diolah, *software* dapat menghasilkan keluaran berupa laporan tahunan Gardu Induk Garuda Sakti yang berisi laporan persentase kuantitas gangguan, laporan persentase kerja alat proteksi dan laporan keandalan Gardu Induk Garuda Sakti. Dalam hal ini peneliti menggunakan bantuan aplikasi *Visual Basic 6.0* untuk merancang alat perhitungan dan *Crystal Report 8.5* sebagai keluaran cetak dari hasil perhitungan pada *software* yang dibuat pada *Visual Basic 6.0*. kemudian dilakukan pengujian *software* jika *software* sesuai dengan perancangan dan dapat digunakan maka dapat memulai perhitungan dan analisa.

Dalam perhitungan persentase gangguan dapat menggunakan persamaan :

$$DP_g = \frac{ng}{Ng} \times 100\% \quad (1)$$

Sedangkan untuk perhitungan persentase kinerja proteksi menggunakan persamaan :

$$DP_p = \frac{np}{Np} \times 100\% \quad (2)$$

Keandalan operasi sistem tidak hanya bergantung pada cadangan daya tersedia dalam sistem tetapi juga pada besar kecilnya nilai FOR per tahun dari unit-unit pembangkit yang beroperasi. Keandalan operasi sistem akan makin tinggi apabila daya tersedia dalam sistem

makin terjamin. Tingkat jaminan tersedianya (*availability*) dalam sistem bergantung pada :

- a) Besarnya cadangan daya tersedia
- b) Besarnya *forced outage hours* unit pembangkit dalam satu tahun

Ukuran sering tidaknya pembangkit unit pembangkit mengalami gangguan dinyatakan dengan *Forced Outage Rate* (FOR) atau *unavailability*.

$$U = \frac{\sum U_t}{\sum U_b + \sum U_t} \quad (3)$$

$$A = (1 - U) \quad (4)$$

Indeks keandalan energi tak terpenuhi (*Energy Not Served, ENS*) menunjukkan besarnya energi yang hilang karena kapasitas tersedia lebih kecil dari permintaan beban maksimal.

$$ENS = P.t \quad (5)$$

Kemungkinan kehilangan beban atau dalam bahasa inggris disebut “*loss of load probability*” disingkat LOLP adalah perkalian antara P×T. Secara umum persamaan LOLP adalah :

$$LOLP = P \times T \quad (6)$$

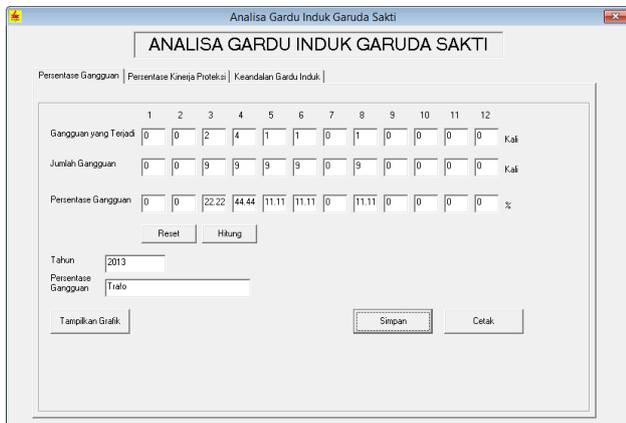
LOLP sesungguhnya merupakan resiko dalam operasi. LOLP biasanya dinyatakan dalam hari per tahun. Makin kecil garis daya tersedia harus makin kecil kemungkinan memotong kurva lama beban. Daya terpasang harus makin tinggi dan *forced outage rate* harus makin kecil berarti diperlukan investasi yang besar dan juga kualitas pembangkit yang baik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil *Layout Software*

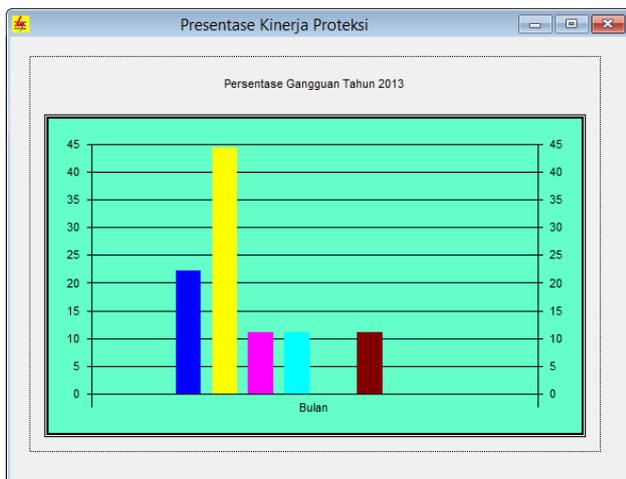
Pengujian dilakukan untuk melihat apakah program yang diimplementasikan sudah sesuai dengan yang rancangan. Keberhasilan program dilihat dari kemampuannya dalam menghitung persentase gangguan, persentase kinerja proteksi dan menghitung keandalan Gardu

Induk Garuda Sakti. Berikut ini *layout software* perhitungan persentase gangguan pada *Visual Basic 6.0*.



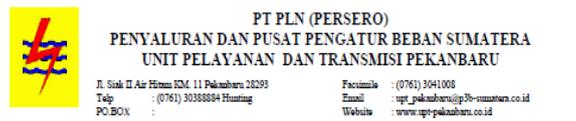
Gambar 1. *Layout Software* Perhitungan Persentase Gangguan

Setelah didapatkan persentase gangguan maka dapat ditampilkan grafik persentase seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. *Layout Grafik* Hasil Perhitungan Persentase Gangguan

Selain tampilan grafik, *software* juga menghasilkan keluaran berupa laporan persentase gangguan Gardu Induk Garuda Sakti yang dirancang menggunakan *Crystal Report 8.5*. Tampilan *report form* dapat dilihat pada Gambar 3.



PT PLN (PERSERO)
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN SUMATERA
UNIT PELAYANAN DAN TRANSMISI PEKANBARU

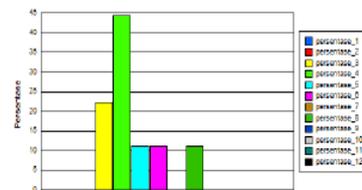
Jl. Sialit II Air Hitam KDM. 11 Pekanbaru 28293
Telp : (0761) 3038884 Hujung
PO BOX :
Faksimile : (0761) 3041008
Email : tpt_pln.sumatera@pln-sumatera.co.id
Website : www.tpt-plnsumera.co.id

Persentase Gangguan
Gardu Induk Garuda Sakti

Persentase Gangguan Pada : TRAF0
Tahun : 2013

No	Bulan	Gangguan yang Terjadi (kali)	Jumlah Gangguan (kali)	Persentase (%)
1	Januari	0	0	0.00
2	Februari	0	0	0.00
3	Maret	2	9	22.22
4	April	4	9	44.44
5	Mai	1	9	11.11
6	Juni	1	9	11.11
7	Juli	0	0	0.00
8	Agustus	1	9	11.11
9	September	0	0	0.00
10	Oktober	0	0	0.00
11	November	0	0	0.00
12	Desember	0	0	0.00

Grafik Persentase Gangguan

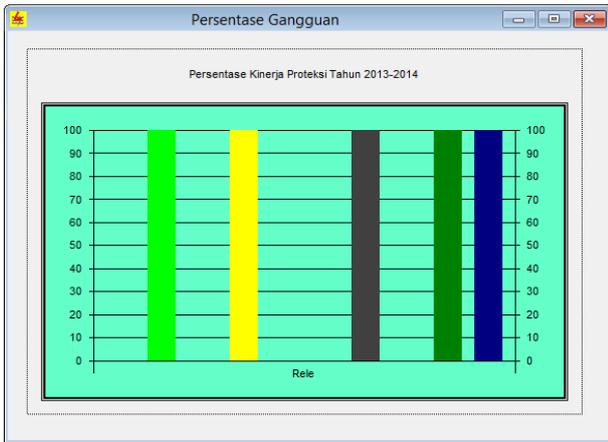


Gambar 3. *Report Form* Persentase Gangguan Gardu Induk Garuda Sakti

Untuk *layout software* perhitungan, *layout grafik* hasil perhitungan dan *report form* persentase kinerja proteksi dan dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 4. *Layout Software* Perhitungan Persentase Kinerja Proteksi



Gambar 5 *Layout* Grafik Hasil Perhitungan Persentase Kinerja Proteksi

Gambar 7. *Layout Software* Perhitungan Keandalan Gardu Induk Garuda Sakti

PT PLN (PERSERO)
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN SUMATERA
UNIT PELAYANAN DAN TRANSMISI PEKANBARU
 Jl. Satek II Air Hitam KM. 11 Pekanbaru 28293 Faksimile : (0761) 3041008
 Telp : (0761) 3038884 Hujung Email : tpt_pekanbaru@p3b-sumatera.co.id
 PO.BOX : Website : www.tpt-pekanbaru.co.id

PT PLN (PERSERO)
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN SUMATERA
UNIT PELAYANAN DAN TRANSMISI PEKANBARU
 Jl. Satek II Air Hitam KM. 11 Pekanbaru 28293 Faksimile : (0761) 3041008
 Telp : (0761) 3038884 Hujung Email : tpt_pekanbaru@p3b-sumatera.co.id
 PO.BOX : Website : www.tpt-pekanbaru.co.id

Persentase Kinerja Proteksi
Gardu Induk Garuda Sakti

Tahun : 2013-2014

No	Relai	Jumlah Relai Bekerja (kali)	Jumlah Seharusnya Relai Bekerja (kali)	Persentase (%)
1	Differential	0	0	0,00
2	OVR / UVR	6	6	100,00
3	OCR / GFR	0	0	0,00
4	REF / SBEF	1	1	100,00
5	OLTIC	0	0	0,00
6	Distace	0	0	0,00
7	PM1150	4	4	100,00
8	PM120	0	0	0,00
9	UVLS	7	7	100,00
10	DF/DT	2	2	100,00

Keandalan Gardu Induk
Garuda Sakti

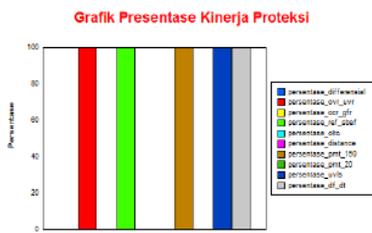
Keandalan : GARDU INDUK
 Tahun : 2013

Unit Terganggu : 7 Jam
 Unit Beroperasi : 8,753 Jam

Jumlah Tahun : 1

Unavailability : 0,0008000
 Availability : 99,92 %

Gambar 8. *Report Form* Keandalan Gardu Induk Garuda Sakti

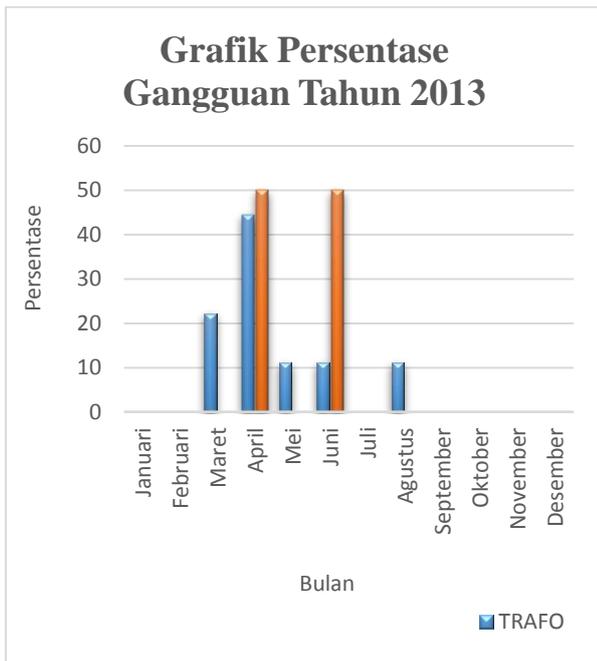


Gambar 6. *Report Form* Persentase Kinerja Proteksi Gardu Induk Garuda Sakti

Untuk *layout software* perhitungan dan *report form* keandalan Gardu Induk dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

3.2 Persentase Gangguan Gardu Induk Garuda Sakti 2013-2014

Persentase gangguan Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013-2014 dihitung menggunakan Persamaan Deskripsi Persentase Gangguan (1) dengan diprogram menggunakan *Visual Basic 6.0* ditunjukkan pada grafik dibawah ini.



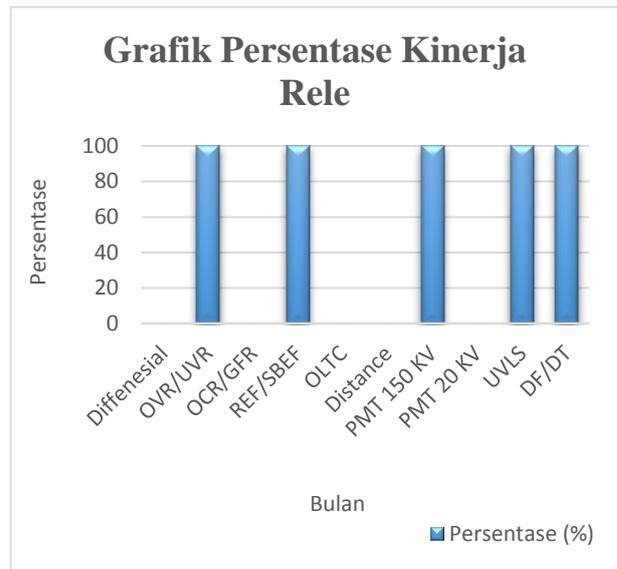
Gambar 9. Grafik Persentase Gangguan Tahun 2013



Gambar 10. Grafik Persentase Gangguan Tahun 2014

3.3 Kinerja Sistem Proteksi

Persentase kinerja proteksi Gardu Induk Garuda Sakti 2013-2014 dihitung menggunakan Persamaan Deskripsi Persentase Kinerja Proteksi (2) dengan di program menggunakan *Visual Basic 6.0* ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Persentase Kerja Relai

Rele proteksi yang bekerja adalah Rele OVR/UVR, Rele REF/SBEF, Rele UVLS, Rele DF/DT dan PMT 150 KV. Semua rele bekerja sebanyak jumlah gangguan dengan persentase 100% untuk masing-masing rele.

3.4 Keandalan Gardu Induk Garuda Sakti

Tabel 1. Indeks ENS dan LOLP Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013

Tanggal Gangguan	Daya Tersedia (MW)	ENS (kWh)	LOLP (hari/tahun)
26 Maret	19,3297	10.954,1	0,0155
30 Maret	25,484	5.096,8	0,030413
3 April	27,9162	21.402,5	0,0224
3 April	34,7186	40.505	0,02781
14 April	20,211	14.485	0,0162
14 April	27,5604	19.752	0,0221
20 April	28,6828	13.385	0,0229
11 Mei	20,2725	16.556	0,0162
8 Juni	33,2969	13.319	0,0267
8 Juni	15,2698	16.033	0,01223
3 Agust	28,1068	4.216	0,0225
Jumlah	280,849	175.704,4	0,234953

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh hasil seperti pada diatas dengan jumlah daya yang tersedia pada tahun 2013 sebesar 280,849 MW, ENS sebesar 175.704,4 kWh dan LOLP sebesar 0,234953 hari per tahun. Semakin kecil nilai LOLP, maka semakin tinggi keandalan sistem. Dan sebaliknya, semakin besar nilai LOLP, maka semakin kecil keandalan sistem. Karena pada perhitungan didapatkan nilai LOLP nya kecil, maka keandalan Gardu Induk Garuda Sakti pada tahun 2013 bisa dikatakan tinggi. Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan LOLP tahun 2013 sebesar 0,234953 hari per tahun (sesuai dengan standar PLN, dibawah atau sama dengan 3 hari per tahun) yang berarti Gardu Induk Garuda Sakti memiliki keandalan yang baik.

Tabel 2. Indeks ENS dan LOLP Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2014

Tanggal Gangguan	Daya Tersedia (MW)	ENS (kWh)	LOLP (hari/tahun)
30 Januari	42,0071	56.009	0,0163
1 Februari	19,7786	5.943	0,00784
14 Februari	17,0406	3.692	0,00614
3 April	23,549	12.952	0,00914
10 April	24,1744	4.432	0,00938
25 April	29,0253	3.869	0,01126
28 Mei	27,3908	5.022	0,01063
25 Agustus	23,1247	5.781	0,00897
25 Agustus	27,241	6.802,5	0,01057
Jumlah	233,331	104.502,5	0,09023

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh hasil seperti pada Tabel 2 dengan jumlah daya yang tersedia pada tahun 2014 sebesar 233,331 MW, ENS sebesar 104.502,5 kWh dan LOLP sebesar 0,09023 hari per tahun. Semakin kecil nilai LOLP, maka semakin tinggi keandalan sistem. Dan sebaliknya, semakin besar nilai LOLP, maka semakin kecil keandalan sistem. Karena pada

perhitungan didapatkan nilai LOLP nya kecil, maka keandalan Gardu Induk Garuda Sakti pada tahun 2014 bisa dikatakan tinggi. Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan LOLP tahun 2014 sebesar 0,09023 hari per tahun (sesuai dengan standar PLN, dibawah atau sama dengan 3 hari per tahun) yang berarti Gardu Induk Garuda Sakti memiliki keandalan yang baik.

Tabel 3. *Unavailability* dan *Availability* GI Garuda Sakti 2013-2014

Tahun	Keandalan	<i>Unavailability</i>	<i>Availability</i>
2013	Trafo	0,0005479	99,94521%
2013	Tansmisi	0,000253	99,9747%
2013	GI	0,0008	99,92%
2014	Trafo	0,0002111872	99,97888128%
2014	Transmisi	0,0001769	99,98231%
2014	GI	0.000388	99,9612%

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh hasil seperti pada Tabel 3. Didapatkan hasil keandalan gardu induk Garuda Sakti tahun 2013 mencapai presentase 99,92% dan tahun 2014 mencapai 99,9612% dengan indeks keandalan Gardu Induk sangat baik.

IV. KESIMPULAN

1. Pada tahun 2013-2014 terjadi 20 kali gangguan yaitu : pada tahun 2013 terjadi 9 kali gangguan trafo, 2 kali gangguan saluran transmisi 150 KV dan pada tahun 2014 terjadi 7 kali gangguan trafo, 2 kali gangguan saluran transmisi.
2. Sistem proteksi yang bekerja pada saat terjadi 20 kali gangguan di Gardu Induk Garuda Sakti tahun 2013-2014 ada 5 macam rele yaitu : rele OVR/UVR, rele REF/ SBEF, rele DF/DT, rele UVLS dan rele PMT 150 KV yang seluruh rele memiliki keandalan 100%.
3. ENS pada tahun 2013 sebesar 175.704,4 kWh dan ENS pada tahun 2014 sebesar 104.502,5 kWh.

4. Gardu Induk Garuda Sakti memiliki keandalan yang baik karena nilai LOLP pada tahun 2013 sebesar 0,234953 hari per tahun dan tahun 2014 sebesar 0,09023 hari per tahun (sesuai dengan standar PLN, dibawah atau sama dengan 3 hari per tahun).
5. Pada tahun 2013 keandalan Gardu Induk Garuda Sakti sebesar 99,92% dengan indeks keandalan sangat baik. Dan pada tahun 2014 keandalan Gardu Induk Garuda Sakti sebesar 99,9612% dengan indeks keandalan sangat baik.

Surniawan, dkk. 2013. Kumpulan Latihan Visual Basic. Jakarta: Elex Media Komputindo.

Syafar, Muhammad. 2010. Studi Keandalan *Distance Relay* Jaringan 150 Kv GI Tello – GI Pare Pare. Fakultas Teknik. Jurnal Teknik Elektro Universitas Islam Makassar. Vol.5 No.2.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Prektek*: Edisi kelima cetakan ke-12. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Prektek*: Edisi kelima cetakan ke-13. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Aryanto, Tofan, 2013. *Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Di Gardu Induk 150 KV Jepara*. Semarang: Skripsi UNNES.
- Azriyenni, 2009. *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*. Pekanbaru: Pusbangdik.
- Hutagalung, Nelson. 2011. *Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV*. Pekanbaru: Laporan Kerja Praktek.
- Pandjaitan, Bonar. 2012. *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Prasetyo, Gunawan Eko, 2007. *Studi Tentang Indeks Keandalan Pembangkit Tenaga Listrik Wilayah Jawa Tengah Dan Daerah Istimewa Yogyakarta*. *Jurnal Teknik Elektro*, pp 1-11.
- Ridwan, 2011. *Analisa Keandalan Sistem 150 KV Di Wilayah Jawa Timur*. *Jurnal Teknik Elektro*, pp.1-7.
- Solichan, Achmad. 2013. *Optimasi Jadwal Operasi Dan Pemeliharaan Pembangkit sTenaga Listrik Menggunakan Metode Algoritma Genetika*. Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT), pp.13-18.