

ANALISIS KUANTITAS GANGGUAN TERHADAP KINERJA SISTEM PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR TENAGA GARDU INDUK 150 KV MEDARI

Tama Jahtra Palgunadi, Romadoni Syahputra, Anna Nur Azilah Chamim
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Kasihan,
Bantul, Yogyakarta 55183

Email: tamapalgunadi@gmail.com

Intisari

Gangguan tidak dapat dihindarkan pada sistem proteksi listrik. Gangguan ini dapat mempengaruhi kinerja dari peralatan-peralatan yang digunakannya baik didalam maupun diluar peralatan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem proteksi agar peralatan tidak rusak maupun menghindari dari hal-hal yang tidak di inginkan. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuantitas gangguan terhadap kinerja sistem proteksi Transformator Tenaga Gardu Induk 150 KV Medari dengan menggunakan perhitungan deskripsi persentase untuk memperoleh data secara kualitatif. Data yang dihasilkan dari perhitungan deskripsi persentase ini kinerja relay dikatakan baik bila perhitungan memperoleh hasil minimal 90%. Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan dari tahun 2009 sampai 2018 terdapat kriteria gangguan yang mempengaruhi kinerja sistem proteksi Transformator Tenaga Gardu Induk 150 KV Medari, yaitu : gangguan teknis, gangguan nonteknis, dan tanpa penyebabnya.

Kata Kunci: Kinerja Relay, Kuantitas Gangguan, Sistem Proteksi

1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan sebuah sistem yang memiliki komponen yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik dan mendistribusikannya. Komponen ini antara lain, yaitu : pembangkit, jaringan transmisi, distribusi, dan konsumen atau pelanggan. Sedangkan gardu induk termasuk pada jaringan sistem tenaga listrik. Gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari sekumpulan peralatan listrik yang disusun dengan pola tertentu yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. Menurut konstruksinya, gardu induk mempunyai beberapa jenis, yaitu gardu induk pemasangan dalam (GIS) dan pemasangan luar (konvensional). GIS atau Gas Insulated Substation merupakan gardu induk yang hampir seluruh komponennya dipasang didalam gedung. Pada umumnya, GIS dibangun di daerah perkotaan yang padat penduduk karena tidak membutuhkan lahan yang luas. Sedangkan

gardu induk (konvensional) merupakan gardu induk yang hampir seluruh komponennya ditempatkan diluar gedung. Pada umumnya, gardu induk konvensional dibangun didaerah yang jauh dari pusat kota atau pemukiman padat penduduk karena membutuhkan lahan yang luas dalam proses pembangunannya.

Dalam proses pendistribusian energi listrik kepada konsumen atau pelanggan tidak akan menutup kemungkinan dari gangguan yang disebabkan oleh gangguan teknis ataupun gangguan non teknis. Contoh gangguan teknis misalnya seperti hubung singkat antar fasa, kawat penghantar terputus, dan lain sebagainya. Sedangkan gangguan non teknis misalnya seperti sambaran petir, bencana alam, dan lain sebagainya. Oleh sebab itu, diperlukan sistem proteksi yang berfungsi untuk melindungi peralatan ataupun rangkaian listrik untuk melindungi dari

gangguan yang akan mungkin terjadi. Sistem proteksi pada sistem tenaga listrik memiliki karakteristik kinerja yang bermacam-macam pada tiap komponennya agar sistem tenaga listrik bekerja dengan stabil dan akan bekerja sebagai pengaman yang andal.

Berdasarkan pemaparan diatas yang menjadi latar belakang penulis untuk mengetahui jumlah gangguan yang terjadi pada sistem proteksi dan kinerja relay yang digunakan pada sistem proteksi. Sehingga dapat dijadikan referensi dalam menyikapi kuantitas gangguan dan kinerja sistem proteksi

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik merupakan sebuah rangkaian instalasi tenaga listrik dari mulai pembangkitan, transmisi, dan distribusi yang dioperasikan secara bersamaan untuk penyediaan tenaga listrik. Sistem ini berfungsi untuk membangkitkan dan menyalurkan energi listrik. Sistem tenaga listrik memiliki 3 sub sistem tenaga listrik, antara lain:

1. Sistem Pembangkit
2. Sistem Distribusi
3. Sistem Transmisi

2.2 Pengertian Gardu Induk

Gardu Induk merupakan bagian dari sistem transmisi atau distribusi yang didalamnya terdapat peralatan listrik yang disusun menurut pola tertentu dengan pertimbangan teknis, ekonomis serta keindahan. Gardu induk memiliki beberapa fungsi, yaitu : mentransformasikan tegangan dari tegangan ekstra tinggi sampai ke tegangan rendah, pengukuran pengawasan operasi serta pengaturan pengaman dari sistem tenaga listrik, dan pengaturan daya listrik ke gardu-gardu lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu distribusi melalui *feeder* tegangan menengah.

2.3 Klasifikasi Gardu Induk

Pada dasarnya gardu induk diklasifikasikan menjadi beberapa macam, yaitu ;

- a. Menurut Pemasangan Peralatan
 1. Gardu Induk Pemasangan Dalam
 2. Gardu Induk Pemasangan Luar
- b. Menurut Besar Tegangan
 1. Gardu Induk Ekstra Tinggi (GITET)
 2. Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI)
- c. Menurut Isolasi yang Dipasang
 1. Gardu Induk dengan Isolasi Udara
 2. Gardu Induk Isolasi Gas SF6
- d. Menurut Tempat Pemasangannya
 1. Gardu Induk Transmisi
 2. Gardu Induk Distribusi

2.4 Komponen Utama Gardu Induk

- a. Transformator
- b. Neutral Grounding Relay
- c. Circuit Breaker
- d. Disconnecting Switch
- e. Lighting Arrester
- f. Rel Busbar
- g. Panel Kontrol
- h. Baterai
- i. Cubicle
- j. Kapasitor
- k. Reaktor

2.5 Sistem Proteksi

- a. Pengertian Sistem Proteksi

Sistem proteksi sistem tenaga listrik merupakan sistem yang berfungsi sebagai pengaman ketika terjadi gangguan atau keadaan abnormal pada suatu rangkaian listrik. Sistem proteksi ini biasanya dipasang pada peralatan-peralatan sistem tenaga listrik, yaitu saluran transmisi, generator, transformator, busbar, saluran distribusi, dan lain-lain. Dalam kondisi sedang gangguan atau abnormal dapat dikategorikan sebagai berikut, hubung singkat, arus lebih,

frekuensi terganggu, tegangan lebih, dan lain sebagainya.

Pada umumnya, sistem tenaga listrik ialah sebuah sistem proteksi yang terdapat pada sistem tenaga listrik seperti, transformator, generator, saluran transmisi, saluran distribus, busbar, dan lain sebagainya terhadap kondisi abnormal dalam operasi sistem tenaga listrik tersebut. (Syahputra.Ramadhoni : 2017).

Sistem pengaman tenaga listrik merupakan sistem pengaman dalam peralatan-peralatan yang digunakan pada sistem tenaga listrik itu misalnya, generator, saluran tegangan tinggi, transformator, saluran bawah tanah, dan lain-lain terhadap kondisi gangguan pada sistem tenaga listrik itu. (J.Soekarto : 1985)

Berdasarkan kutipan dari beberapa penelitian diatas dapat disimpulkan dan diuraikan bahwa sistem proteksi sistem tenaga listrik adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengamankan peralatan listrik dari kondisi abnormal atau sedang gangguan pada rangkaian listrik tersebut. Peralatan-peralatan sistem proteksi tersebut dipasang pada saluran transmisi, transformator, generator, saluran distribusi, busbar, dan lain sebagainya. Pada penelitian diatas juga dapat diuraikan bahwa kondisi abnormal dapat dikategorikan antara lain, hubung singkat pada rangkian atau peralatan, gangguan arus lebih, gangguan tegangan lebih, ansinkron peralatan, frekuensi rendah, dan lain sebagainya.

2.6 Fungsi Sistem Proteksi

Pada uraian yang disampaikan Syahputra Ramadhoni (2017:2) menjelaskan bahwa fungsi dari sistem poteksi adalah sebagai berikut :

1. Mencegah kerusakan yang terjadi pada peralatan sistem tenaga listrik akibat gangguan.

2. Memberikan pelayanan tenaga listrik yang optimal dengan kualitas dan keandalan kepada konsumen.
3. Meminimalisir kerusakan yang terjadi pada sistem tenaga listrik akibat gangguan.
4. Mempersempit daerah gangguan sehingga gangguan tidak meluas ke daerah yang lain.
5. Melindungi manusia dari sistem tenaga listrik dan objek yang berada pada daerah tersebut terhadap gangguan sistem tenaga listrik.

2.7 Persyaratan Sistem Proteksi

1. Kepekaan
2. Kecepatan
3. Selektifitas dan Diskriminatif
4. Keandalan
5. Ekonomis

2.8 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

- a. Pengertian Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik merupakan sebuah macam gangguan yang dapat menyebabkan sub sistem tenaga listrik menjadi kondisi abnormal. Hubung singkat menjadi penyebab yang sering terjadi, tetapi hubung singkat memiliki beberapa karakteristik, antara lain :

1. Gangguan Simetris
2. Gangguan Tidak Simetris

- b. Faktor-Faktor Penyebab Gangguan

Adapun beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik, yaitu :

1. Manusia
2. Eksternal
3. Internal

- c. Jenis-Jenis Gangguan

1. Tegangan Lebih
2. Hubung Singkat
3. Beban Lebih
4. Daya Balik

2.9 Gangguan Pada Trafo

1. Gangguan Internal
2. Gangguan Eksternal

2.10 Fungsi Proteksi Pada Trafo Tenaga

Fungsi proteksi pada trafo agar tercapai selektifitas dan efektifitas dari kinerja peralatan komponen proteksi seperti yang diharapkan dan dapat sebagai perencanaan sistem proteksi pada peralatan listrik sesuai dengan kebutuhan pada bagian-bagian komponen yang ketika terjadi gangguan bisa mengakibatkan kerusakan pada tahanan trafo.

2.11 Sistem Proteksi Menurut SPLN 52-1

Dalam meningkatkan keamanan dalam pendistribusian energi listrik pada konsumen, kebutuhan akan pengamanan sistem proteksi pada trafo yang memadai tidak dapat dihindarkan lagi. Transformator adalah jantung dari sistem penyaluran tenaga listrik, diharapkan transformator memberikan kinerja yang maksimal mengingat kebutuhan tenaga listrik kepada konsumen yang terus meningkat. Dari hal tersebut dibutuhkan sistem proteksi yang handal untuk menunjang kebutuhan. Menurut Standar Perusahaan Umum Listrik Negara (SPLN) 52-1 : 1983 pola pengamanan transformator 150/66 kV, 150/20 kV dan 66/20 kV adalah sebagai berikut :

1. Transformator pada gardu induk harus menggunakan sistem proteksi untuk menjaga transformator dari gangguan di antaranya relai arus lebih, relai suhu, relai arus lebih, relai tekanan mendadak, relai arus hubung tanah, relai bucholz.
2. Transformator 150/20 kV dan 66/20 kV berkapasitas 10 MVA terpasang saklar pemutus beban disisi primer.
3. Transformator dengan kapasitas melebihi 10 MVA harus terpasang rele/relay termis.

Rele/relay differensial dan gangguan tanah terbatas harus terpasang pada transformator kapasitas 30 MVA.

2.12 Sistem Proteksi Utama Pada Trafo Tenaga

Sistem proteksi utama merupakan sistem yang diprioritaskan untuk menangani gangguan pada trafo dalam kondisi tidak normal dan diharapkan untuk mempraksainya ketika terjadi gangguan pada daerah trafo yang dilindunginya. Pada sistem proteksi ini memiliki ciri-ciri pengamannya adalah sebagai berikut :

1. Waktu kerja pada sistem sangat cepat
2. Tidak dikordinasikan dengan rele yang berada pada komponen
3. Tidak bergantung pada proteksi lainnya
4. Terpasang rele/relay differensial pada daerah pengamannya yang dibatasi oleh trafo arus

2.13 Rele Proteksi Utama Trafo Tenaga

1. Rele Differensial
2. Restricted Earth Fault
3. Proteksi Cadangan Trafo

2.14 Proteksi Cadangan Trafo

Proteksi cadangan trafo adalah sebuah sistem yang dirancang untuk bekerja ketika terjadi gangguan pada sistem yang tidak dapat dideteksi oleh peralatan proteksi utama akibat kerusakan atau ketidakmampuan sebagai pemutus tenaga. Peralatan proteksi cadangan ini bekerja ketika proteksi utama tidak dapat bekerja sebagai mana mestinya.

2.15 Teknik Deskripsi Persentase

Tahapan analisis data akan menganalisis data yang sudah diperoleh mengenai Gardu Induk 150 KV Medari menggunakan teknik Deskriptif Persentase. Teknik deskriptif merupakan sebuah metode analisis data yang digunakan untuk mengkaji sebuah variable yang ada

didalam penelitian dari yang masih bersifat kuantitatif menjadi kualitatif dalam penelitian tugas akhir ini. Berikut rumus yang akan digunakan untuk menganalisis data dalam penelitian ini :

- a. Deskripsi persentase gangguan pada sistem proteksi trafo tenaga gardu induk:

$$DPG = n/N \times 100$$

Keterangan :

DPG = Deskripsi Persentase Gangguan (%)

n = Frekuensi gangguan (kali)

N = Jumlah gangguan (kali)

- b. Deskripsi keandalan sistem proteksi trafo tenaga dalam mengamankan atau mengatasi gangguan pada gardu induk :

$$DPK = n/N \times 100$$

Keterangan :

DPK = Deskripsi persentase keandalan rele (%)

n = Kinerja rele (kali)

N = Jumlah gangguan rele (kali)

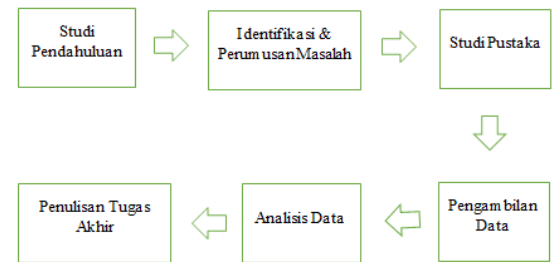
Keandalan pada rele/relay di sistem proteksi trafo tenaga ini akan dikatakan baik ketika mempunyai nilai lebih dari 90% sampai dengan 99%.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Dimana metode kuantitatif merupakan salah satu metode yang menjawab masalah penelitian yang berkaitan dengan data berupa angka dan statistik. Pada metode kuantitatif terdapat tahapan-tahapan kegiatan sebagai yaitu studi literatur, pengambilan data, dan konsultasi.

Langkah – langkah analisis Analisis Kuantitas Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Transformator Tenaga Gardu Induk 150kV Medari

ditunjukkan dalam diagram alir pada gambar.



Gambar 1 Flowchart

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyebab Gangguan Trafo 1

NO	Tahun	Penyebab Gangguan			Frekuensi Gangguan
		Teknis	Non Teknis	Tidak Diketahui	
1.	2009	2	-	-	2
2.	2010	-	-	-	-
3.	2011	-	-	-	-
4.	2012	-	1	-	1
5.	2013	-	-	-	-
6.	2014	1	-	-	1
7.	2015	-	-	-	-
8.	2016	-	-	-	-
9.	2017	-	-	-	-
10.	2018	-	-	-	-
Jumlah Gangguan					4

4.2 Gangguan Teknis

Gangguan teknis merupakan gangguan yang terjadi karena disebabkan oleh peralatan itu sendiri. Selama kurun waktu 10 tahun terkahir terjadi 3 kali gangguan secara teknis yang terjadi pada Trafo Tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Medari, yaitu pada tahun 2009 sebanyak 2 kali dan pada tahun 2014 sebanyak 1 kali. Gangguan teknis ini akan dijelaskan sebagai berikut :

- Pada tahun 2009 tanggal 16 Agustus pukul 12.50 WIB terjadi gangguan pada OCR

sehingga rele proteksi OCR serta PMT 20 KV incoming bekerja atau trip.

- Pada tahun 2009 tanggal 24 Agustus pukul 05.03 WIB terjadi kerusakan pada OCR sehingga rele proteksi OCR serta PMT 20 KV incoming bekerja atau trip.
- Pada tahun 2014 tanggal 10 April pukul 17.05 WIB terjadi breakdown pada kontak sudden pressure sehingga rele proteksi sudden pressure bekerja dan mengontak PMT 150 KV bekerja atau trip.

4.3 Gangguan Non Teknis

Gangguan nonteknis merupakan gangguan yang terjadi karena alam (angin, banjir, petir, binatang, dan lain-lain). Selama kurun waktu 10 tahun terakhir terjadi 1 kali gangguan nonteknis, yaitu pada tahun 2012. Gangguan ini terjadi pada tanggal 15 Maret pukul 13.18 WIB yang disebabkan oleh angin kencang sehingga SUTT Kentungan-Medari terjadi flashover dengan baliho sehingga rele REF serta OCR bekerja dan mengontak PMT 150 KV bekerja atau trip

4.4 Gangguan yang Tidak Diketahui Penyebabnya

Selama kurun waktu 10 tahun terakhir tidak ditemukan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya pada Transformator Tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Medari sehingga tidak ada sistem proteksi yang bekerja.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh bahwa ada 3 jenis gangguan yang mempengaruhi sistem proteksi, yaitu gangguan teknis, gangguan non teknis, dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Berikut analisis perhitungan menggunakan metode deskripsi persentase sebagai berikut :

$$DPG = n/N \times 100\%$$

Keterangan :

DPG = Deskripsi Persentase Gangguan (%)

n = Frekuensi Gangguan (kali)

N = Jumlah Gangguan (kali)

Contoh perhitungan :

Dari gangguan yang terjadi selama kurun waktu 10 tahun terakhir terjadi gangguan sebanyak 4 kali. Gangguan ini terjadi pada tahun 2009 sebanyak 2 kali, pada tahun 2012 sebanyak 1 kali, dan pada tahun 2014 sebanyak 1 kali. Pada perhitungan ini akan mengambil contoh pada tahun 2009 sebagai berikut :

$$DPG = n/N \times 100\%$$

$$DPG = 2/4 \times 100\% = 50\%$$

Jadi, persentase gangguan pada tahun 2009 adalah 50%

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode deskripsi persentase dapat diperoleh dan dijabarkan data mengenai kuantitas gangguan pada Trafo 1 Gardu Induk 150 KV Medari pada tabel 4.2 sebagai berikut :

NO	Tahun	Frekuensi Gangguan	Persentase Gangguan
		Kali	Persen
1.	2009	2	50%
2.	2010	-	-
3.	2011	-	-
4.	2012	1	25%
5.	2013	-	-
6.	2014	1	25%
7.	2015	-	-
8.	2016	-	-
9.	2017	-	-
10.	2018	-	-
Jumlah		4	100%

4.5 Kinerja Sistem Proteksi

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada transformator tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Medari dari tahun 2009 sampai 2018 terjadi beberapa kali gangguan yang dapat mempengaruhi kinerja sistem proteksi. Pada tabel 4.3 berikut ini, akan diketahui banyaknya sistem proteksi yang bekerja saat terjadi gangguan pada transformator tenaga 1, yaitu :

No	Rele Proteksi Tenaga	Jumlah Gangguan	Kinerja Relay Proteksi	
			Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan
1.	OCR	3	3	-
2.	REF	1	1	-
3.	BHUCOLZ T	-	-	-
4.	SUDDEN PREASURE	1	1	-
5.	PMT 150 KV	2	2	-
6.	PMT 20 KV INCOMING	2	2	-

Berdasarkan hasil dari tabel 4.3 dan gambar grafik 4.2 diatas dapat dijelaskan mengenai sistem proteksi sebagai berikut :

1) OCR

OCR adalah rele/relay yang berfungsi untuk mengamankan gangguan hubung singkat antar fasa dan gangguan hubung singkat fasa dengan tanah. Pada trafo tenaga 1 medari ini relay bekerja dengan baik karena memiliki keandalan 100%. Relay ini mampu mengamankan 3 kali gangguan dari 2 kali gangguan yang disebabkan oleh peralatan itu sendiri yang sudah berumur sehingga mengalami kerusakan dan 1 kali pada saat terjadi hubung singkat ketika cuaca angin kencang yang menyebabkan SUTT Kentungan-Medari terjadi flashover dengan baliho.

2) REF

REF adalah rele/relay yang berfungsi menjadi mengamankan ketika terjadi hubung singkat antara fasa dengan tangki trafo dan titik netral trafo ditanahkan. Pada trafo tenaga 1 Medari ini relay bekerja dengan baik 100% karena mampu mengamankan semua gangguan yang terjadi sebanyak 1 kali ketika bersamaan dengan gangguan hubung singkat yang terjadi karena angin kencang sehingga

SUTT Kentungan-Medari terjadi flashover dengan baliho.

3) Sudden Preasure

Sudden preasure merupakan rele/relay yang berfungsi untuk mengamankan gangguan tekanan lebih didalam trafo. Berdasarkan tabel 4.6 rele/relay ini berfungsi dengan baik 100% karena dapat mengamankan semua gangguan (1 kali). Gangguan ini ketika terjadi breakdown pada kontak sudden preasure dan limit switch anti mal.

4) PMT 150 KV

PMT 150 KV merupakan rele/relay yang berfungsi untuk mengamankan gangguan yang terjadi pada sisi trafo 150 KV. Berdasarkan tabel 4.6 rele/relay ini bekerja dengan baik 100% karena mampu mengamankan semua gangguan yang terjadi (2 kali). Gangguan ini terjadi bersamaan dengan gangguan hubung singkat pada SUTT Kentungan-Medari terjadi flashover dengan baliho dan bersamaan dengan gangguan breakdown pada kontak sudden preasure sehingga PMT 150 KV trip

5) PMT 20 KV INCOMING

PMT 20 KV merupakan rele/relay yang berfungsi untuk mengamankan gangguan disisi trafo 20 KV. Berdasarkan tabel 4.6 rele/relay ini bekerja dengan baik 100% karena mampu mengamankan semua gangguan sebanyak 2 kali. Gangguan ini terjadi saat bersamaan dengan gangguan internal rele/relay OCR yang mengalami kerusakan sehingga PMT 20 KV trip.

Kinerja sistem proteksi akan memberikan gambaran tentang keandalan pada rele/relay proteksi yang digunakan oleh sistem proteksi Trafo Tenaga Gardu Induk 150 KV Medari. Rele/relay yang bekerja akan dikatakan baik apabila mampu memberikan keandalan 90% sampai 100% dalam mengamankan gangguan. Perhitungan keandalan akan dilakukan dengan metode deskripsi persentase sebagai berikut :

$$DPK = n/N \times 100\%$$

Keterangan :
 DPK = Deskripsi persentase keandalan rele (%)
 n = Kinerja rele (kali)
 N = Jumlah gangguan rele (kali)

Contoh perhitungan :

Rele OCR/GFR pada Trafo Tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Medari dari tahun 2009 sampai 2018 mengalami gangguan sebanyak 3 kali dan mampu mengamankan gangguan sebanyak 3 kali juga. Maka keandalan rele OCR/GFR akan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$DPK = n/N \times 100\%$$

$$DPK = 3/3 \times 100\% = 100\%$$

Jadi, rele OCR mempunyai keandalan sebesar 100% maka rele/ relay ini dikatakan baik.

Sedangkan untuk perhitungan rele/relay yang lain, akan dilakukan perhitungan dengan rumus yang sama dan setelah dilakukan perhitungan maka hasilnya akan ditulis pada tabel 4.4 berikut ini :

No	Proteksi Tenaga	Jumlah Gangguan	Kinerja Rele/Relay proteksi		Tingkat Keberhasilan
			Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	
1.	OCR	3	3	-	100%
2.	REF	1	1	-	100%
3.	BHUCOL ZT	-	-	-	
4.	SUDDEN PREASUR	1	1	-	100%
5.	PMT 150 KV	2	2	-	100%
6.	PMT 20 KV INCOMING	2	2	-	100%

4.6 Trafo Tenaga 2

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada trafo tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Medari dari tahun 2009 sampai 2018 terdapat beberapa kali gangguan yang mempengaruhi kinerja sistem proteksi trafo yang bekerja. Banyaknya gangguan yang terjadi dapat dilihat dari tabel 4.5 berikut ini :

NO	Tahun	Penyebab Gangguan			Frekuensi Gangguan
		Teknis	Non Teknis	Tidak Diketahui	
1.	2009	-	-	-	-
2.	2010	-	-	-	-
3.	2011	-	1	-	1
4.	2012	-	1	-	1
5.	2013	-	-	-	-
6.	2014	1	-	-	1
7.	2015	-	-	-	-
8.	2016	-	-	-	-
9.	2017	-	-	-	-
10.	2018	-	-	-	-
Jumlah Gangguan					3

Berdasarkan data penelitian tabel 4.5 dan gambar grafik 4.3 terjadi beberapa kali gangguan pada transformator tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Medari dari tahun 2009 sampai 2018. Gangguan tersebut terjadi sebanyak 4 kali yang terdiri dari gangguan teknis dan non teknis. Gangguan teknis terjadi pada tahun 2014 dan 2015 yang masing-masing sebanyak 1 kali gangguan. Gangguan non teknis terjadi pada tahun 2011 dan 2012 yang masing-masing sebanyak 1 kali gangguan.

Selain itu, menurut tabel 4.5 dan gambar grafik 4.3 dapat diketahui mengenai jenis-jenis gangguan yang terjadi pada Transformator Tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Medari tahun 2009 sampai 2018 adalah sebagai berikut :

- 1) Gangguan Teknis

Gangguan teknis merupakan gangguan yang terjadi karena disebabkan oleh peralatan itu sendiri. Selama kurun waktu 10 tahun terakhir terjadi 1 kali gangguan secara teknis yang terjadi yaitu pada tahun 2015 tanggal 6 November pukul 10.18 WIB terjadi gangguan pada tangki trafo yang basah sehingga rele bucholtz dan sudden pressure bekerja dan membuat PMT 20 KV trip.

2) Gangguan NonTeknis

Gangguan nonteknis merupakan gangguan yang terjadi karena alam (angin, banjir, petir, binatang, dan lain-lain). Selama kurun waktu 10 tahun terakhir terjadi 2 kali gangguan nonteknis yang terjadi pada Trafo Tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Medari, yaitu pada tahun 2011 dan 2012. Gangguan nonteknis ini akan dijelaskan sebagai berikut :

- Pada tahun 2011 tanggal 16 November pukul 16.47 WIB terjadi gangguan yang disebabkan oleh ular yang mengakibatkan hubung singkat antara jumper bushing 20 KV dengan body membuat PMT 20 KV bekerja atau trip
- Pada tahun 2012 tanggal 15 Maret pukul 13. 19 WIB SUTT Kentungan-Medari terjadi flashover dengan baliho disebabkan oleh cuaca angin kencang sehingga PMT 20 KV bekerja atau trip.

3) Gangguan yang tidak diketahui penyebabnya

Selama kurun waktu 10 tahun terakhir tidak terjadi gangguan yang tidak diketahui penyebabnya pada Trafo Tenaga 2 Gardu Induk Medari sehingga tidak ada sistem proteksi yang bekerja.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh bahwa ada 3 jenis gangguan yang mempengaruhi sistem proteksi, yaitu gangguan teknis, gangguan non teknis, dan gangguan yang tidak diketahui penyebabnya. Berikut analisis perhitungan menggunakan metode deskripsi persentase sebagai berikut :

$$DPG = n/N \times 100\%$$

Keterangan :

DPG = Deskripsi Persentase Gangguan (%)

n = Frekuensi Gangguan (kali)

N = Jumlah Gangguan (kali)

Contoh perhitungan :

Selama kurun waktu 10 tahun terakhir terjadi gangguan sebanyak 3 kali. Gangguan ini terjadi pada tahun 2011, 2012, dan 2014 yang masing-masing sebanyak 1 kali gangguan. Pada analisis perhitungan ini akan mengambil contoh pada tahun 2012 sebagai berikut :

$$DPG = n/N \times 100\%$$

$$DPG = 1/3 \times 100\% = 33\%$$

Jadi, persentase gangguan pada tahun 2012 adalah 33%

Berdasarkan perhitungan menggunakan metode deskripsi persentase dapat dijelaskan dan diperoleh data mengenai persentase gangguan pada Trafo Tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Medari sesuai pada tabel 4.6 sebagai berikut :

NO	Tahun	Frekuensi Gangguan	Persentase Gangguan
		Kali	Persen
1.	2009	-	-
2.	2010	-	-
3.	2011	1	33%
4.	2012	1	33%
5.	2013	-	-
6.	2014	1	33%
7.	2015	-	-
8.	2016	-	-
9.	2017	-	-
10.	2018	-	-
Jumlah		3	100%

Berdasarkan tabel 4.6 yang telah dilakukan perhitungan menggunakan metode deskripsi persentase mengenai persentase gangguan yang terjadi dari tahun 2009 sampai 2018 dapat dijabarkan bahwa gangguan hanya terjadi pada tahun 20011, 2012, 2014 yang masing-masing sebanyak 1 kali gangguan

4.7 Kinerja Sistem Proteksi

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada transformator tenaga 1 Gardu Induk 150 KV Medari dari tahun 2009 sampai 2018 terjadi beberapa kali gangguan yang dapat mempengaruhi kinerja sistem proteksi. Pada tabel 4.7 berikut ini, akan diketahui banyaknya sistem proteksi yang bekerja saat terjadi gangguan pada transformator tenaga 2, yaitu :

No	Rele Proteksi Tenaga	Jumlah Gangguan	Kinerja Rele Proteksi	
			Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan
1	OCR	2	2	-
2	REF	1	1	-
3	BHUCOLTZ	1	1	-
4	SUDDEN PREASURE	1	1	-
5	PMT 150 KV	-	-	-
6	PMT 20 KV INCOMING	3	3	-

Berdasarkan penjabaran pada tabel 4.7 dan gambar grafik 4.4 maka akan dijelaskan tentang sistem proteksi sebagai berikut :

1) OCR

OCR adalah rele/relay yang berfungsi untuk mengamankan gangguan hubung singkat antar fasa dan gangguan hubung singkat fasa dengan tanah. Rele/relay ini bekerja dengan baik 100% karena dapat mengamankan semua gangguan yang terjadi sebanyak 2 kali. Gangguan ini terjadi ketika badan ular ada kontak dengan bushing 20 KV sehingga menimbulkan hubung singkat dan ketika SUTT Medari-Kentungan mengalami flashover dengan baliho sehingga terjadi hubung singkat juga.

2) REF

REF adalah rele/relay yang berfungsi sebagai pengaman ketika terjadi hubung singkat antara fasa dengan tangka trafo dan titik netral trafo yang ditanahkan. Rele/relay ini bekerja dengan baik 100%

karena mampu mengamankan semua gangguan yang terjadi sebanyak 1 kali yaitu ketika bersamaan dengan gangguan flashover SUTT Medari-Kentungan.

3) BHUCOLTZ

BHUCOLTZ merupakan rele/relay yang bekerja untuk mengamankan gangguan internal trafo ketika terjadi hubung singkat yang menimbulkan gas. Rele/relay ini bekerja dengan baik 100% karena mampu mengamankan semua gangguan yang terjadi sebanyak 1 kali ketika terjadi gangguan tangki basah sehingga menimbulkan hubung singkat dalam tangki yang menyebabkan timbulnya gas didalam trafo.

4) Sudden Preasure

Sudden preasure adalah rele/relay yang digunakan untuk mengamankan gangguan tekanan lebih didalam trafo. Rele/relay ini bekerja dengan baik 100% karena mampu mengamankan semua gangguan yang terjadi sebanyak 1 kali ketika bersamaan dengan gangguan hubung singkat pada tangki minyak trafo yang menyebabkan penguapan minyak kesekitarnya dan menimbulkan tekanan yang berlebih

5) PMT 20KV Incoming

PMT 20 KV merupakan rele/relay yang bekerja untuk mengamankan gangguan yan terjadi pada sisi 20 kv trafo. Rele/relay ini bekerja dengan baik karena mampu mengamankan semua gangguan yang terjadi sebanyak 3 kali.

Kinerja sistem proteksi akan memberikan gambaran tentang keandalan pada rele/relay proteksi yang digunakan oleh sistem proteksi Trafo Tenaga Gardu Induk 150 KV Medari. Rele/relay yang bekerja akan dikatakan baik apabila mampu memberikan keandalan 90% sampai 100% dalam mengamankan gangguan. Perhitungan keandalan akan dilakukan dengan metode deskripsi persentase sebagai berikut :

$$DPK = n/N \times 100\%$$

Keterangan :
 DPK = Deskripsi persentase keandalan rele (%)
 n = Kinerja rele (kali)
 N = Jumlah gangguan rele (kali)

Contoh perhitungan :

Rele OCR pada Trafo Tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Medari dari tahun 2009 sampai 2018 mengalami gangguan sebanyak 2 kali dan mampu mengamankan gangguan sebanyak 2 kali juga. Maka keandalan rele OCR akan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$DPK = n/N \times 100\%$$

$$DPK = 2/2 \times 100\% = 100\%$$

Jadi, rele OCR/GFR mempunyai keandalan sebesar 100% maka rele/ relay ini dikatakan baik.

Sedangkan untuk perhitungan rele/relay yang lain, akan dilakukan perhitungan dengan rumus yang sama dan setelah dilakukan perhitungan maka hasilnya akan ditulis pada tabel 4.8 berikut ini :

No	Proteksi Tenaga	Jumlah Gangguan	Kinerja Rele/Relay proteksi		Tingkat Keberhasilan
			Mampu Mengamankan Gangguan	Tidak Mampu Mengamankan Gangguan	
1.	OCR	2	2	-	100%
2.	REF	1	1	-	100%
3.	BHUCOLZT	1	1	-	100%
4.	SUDDEN PREASURE	1	1	-	100%
5.	PMT 150 KV	-	-	-	100%
6.	PMT 20 KV INCOMING	3	3	-	100%

Setelah dilakukan perhitungan dan hasilnya sesuai dengan tabel 4.8 diatas mengenai persentase kinerja proteksi pada Transformator Tenaga 2 Gardu Induk 150 KV Medari dari tahun 2009 sampai 2018

dapat dikategorikan sistem proteksi bekerja dengan baik dalam mengamankan gangguan karena selama terjadi gangguan pada trafo tenaga dapat diatasi semua oleh sistem proteksi tersebut.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada sistem proteksi sebagai pengaman dari Transformator Tenaga Gardu Induk 150 KV Medari serta analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Gangguan yang terjadi pada trafo tenaga 1 gardu induk 150 KV pada tahun 2009-2018 sebanyak 4 kali. Gangguan tersebut terdiri dari 3 kali gangguan teknis yang terjadi pada tahun 2009 sebanyak 2 kali serta di tahun 2014 sebanyak 1 kali dan gangguan non teknis yang terjadi pada tahun 2012 sebanyak 1 kali.
2. Gangguan yang terjadi pada trafo tenaga 2 gardu induk 150 KV pada tahun 2009-2018 sebanyak 3 kali. Gangguan tersebut terdiri dari 2 kali gangguan non teknis yang terjadi pada tahun 2011 sebanyak 1 kali serta di tahun 2012 sebanyak 1 kali dan gangguan teknis yang terjadi pada tahun 2014 sebanyak 1 kali.
3. Sistem proteksi pada Transformator Tenaga Gardu Induk 150 KV Medari dapat mengatasi semua gangguan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Putra. (2017). Tugas Akhir. “*Studi Analisis Sistem Kordinasi Proteksi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Gardu Induk Godean*”. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Afif Syafii M. (2018). Tugas Akhir. “*Studi dan Analisis Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Pada Gardu Induk 150 KV Bantul*”. Teknik

Elektro. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dasar Proteksi. Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Aryanto T., (2013). “ Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara”, Teknik Elektro Universitas Negri Semarang, Vol 5 No.2.

Standar PLN (SPLN) 52-1, (1983), “Pola Pengamanan Transformator 150/66 kV, 150/20 kV dan 66/20 kV”, PLN, Jakarta.

Bonar Pandjaitan. 2012. Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Penerbit : Andi Offset, Yogyakarta.

Wahyudi, N., (2011), “Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik”, Penerbit : Garamond.

Fitriani N. (2017). Tugas Akhir. “*Analisis Penggunaan Rele Deferenisial Sebagai Proteksi Pada Transformator Daya 16 MVA DI Gardu Induk Jajar*”. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Hutauruk, TS., (1999), “Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan”, Penerbit : Erlangga, Jakarta.

Iwan Wirabakti 2017. Tugas Akhir. Analisis Perbandingan Kuantitas Gangguan dan Kinerja Sistem Proteksi Trafo Tenaga GIS dan GI Konvensional. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Muhammad Taqiyudin, (2006), “Proteksi Sistem Tenaga Listrik”, Teknik Elektro Universitas Islam Malang.

Suharsimi Arikunto. 2006. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek : Edisi kelima cetakan ke-12. Jakarta : PT. Rineka Cipta.

Syahputra, R., (2017). “Proteksi Sistem Tenaga Listrik” : Prinsip