

JURNAL ELEKTRO

Rancang Bangun Antena Horn Piramida Untuk Penerapan Pada Radar Doppler,
Oleh : Teten Dian Hakim, Aryanto

Perencanaan PLTS Untuk Rumah Tinggal Dengan Kapasitas Daya Terpasang
450 VA, Oleh : Abdul Kodir Al Bahar, Chandra Wijaya Kusumah

Analisa Kegagalan Sistem Proteksi Pada Gardu T 149 PT PLN UP3 Menteng,
Oleh : Nurhabibah Naibaho, Doni Abdul Mukti

Analisis Pengaruh Jumlah Lilitan Koil Pada Pemanas Menggunakan Termokopel
Tipe K Dengan Metode Induksi, oleh : Lukman Aditya, Eka Paksi Satrianto

Rancang Bangun Alat Pintu Geser Otomatis Menggunakan Motor DC 24 V, Oleh
: Slamet Purwo Santosa, R. Mas Wahyu Nugroho

Analisa Optimalisasi PLTMG Senayan Sebagai Pengirim Tegangan Sistem Pasca
BlackOut Agustus 2019, Oleh : Tri Ongko Priyono, Rayi Prionggo Adjie

Perancangan PLTS Untuk Penerangan Listrik Kapal Perintis 750 DWT Di DOK
Kodja Bahari, Oleh: Ujang Wiharja, Ahmad Rifaldi

Optimalisasi Klasifikasi Kendaraan Otomatis Dengan Sistem Kontrol Arah
Kendaraan Berbasis Sensor Inframerah, Oleh : Sri Hartanto, Trio Sasmito

Penerbit

UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

(Dikelola oleh FT Prodi Teknik Elektro)

ANALISA KEGAGALAN SISTEM PROTEKSI PADA GARDU T 149 PT PLN (PERSERO) UP3 MENTENG

Nurhabibah Naibaho, Doni Abdul Mukti

Abstrak - Sistem proteksi pada Gardu T 149 terjadi kegagalan kerja dimana saat ada gangguan hubung singkat disisi konsumen, mengakibatkan PMT (Pemutus Tenaga) kubikel CBO Gardu T 149 trip bersamaan dengan trip PMT Penyulang Koasi. Pada proses pengujian kesalahan desain, didapatkan hasil perhitungan CT memiliki kejenuhan arus listrik 48.000 Ampere sehingga tidak jenuh saat dialiri arus gangguan hubung singkat sebesar 9100 Ampere. Pada pengujian koordinasi relay menggunakan *software FSC Curve* didapatkan hasil bahwa pengaturan *timing trip* kurva *Definite Time* untuk *Moment Over Current* untuk gardu T149 dan GI Dukuh Atas memiliki kesamaan sebesar 0.2 sekon. Pengujian kesalahan konstruksi didapatkan hasil bahwa komponen - komponen sistem proteksi tersambung dengan tepat pada terminalnya. Pengujian kesalahan peralatan didapatkan hasil bahwa rasio *current transformator* memiliki akurasi diatas 97 persen, rasio *voltage transformator* diatas 99 persen sedangkan fungsi relay dan PMT dapat bekerja dengan baik.

Abstract - The protection system at T 149 Substation working failure when there is a short circuit on the consumer's side, resulting in a CBO PMT (Power Breaker) T 149 Substation trip along with a Koasi Feeder PMT trip. In the design error testing process, the results of the CT calculation have an electric current saturation of 48,000 Ampere so that it is not saturated when a short circuit fault current of 9100 Ampere is applied. In the relay coordination test using the FSC Curve software, the results showed that the timing of the Definite Time curve trip for Moment Over Current for the T149 substation and the Dukuh Atas substation has the same value in 0.2 seconds. Testing of construction errors shows that the components of the protection system are correctly connected to the terminals. Testing for equipment errors shows that the current transformer ratio has an accuracy of above 97 percent, the voltage ratio of the transformer is above 99 percent, while the relay and PMT functions can work properly.

Keywords : Protection system, distribution substation, short circuit, PMT, CBO.

1. PENDAHULUAN

Gardu T 149 merupakan pelanggan Gardu Khusus milik PT PLN (Persero) UP3 Menteng. Gardu khusus merupakan Gardu Distribusi 20 kv yang mensuplai listrik ke pelanggan dengan daya kontrak 197 KVA keatas. Gardu T 149 kelistrikannya dipasok oleh penyulang Koasi, Gardu Induk Dukuh Atas.

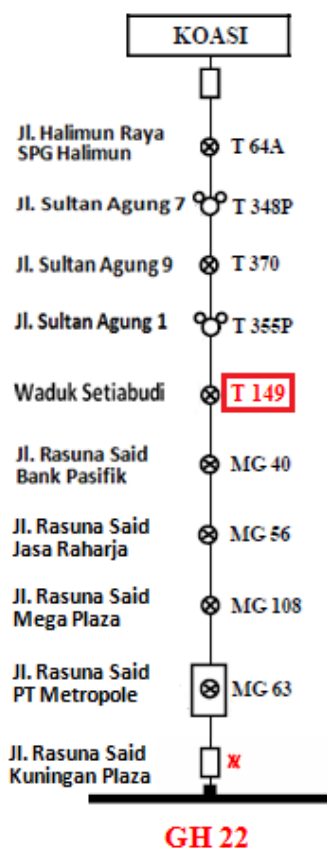
Sedangkan Pelanggan Gardu T 149 adalah Waduk Setia Budi yang beralamat di Jl. Sultan Agung, Jakarta Pusat. Sedangkan

Berikut gambar Single Line Diagram Gardu T 149 Penyulang Koasi Gardu Induk Dukuh Atas.

Proteksi yang terdapat pada Gardu T 149 berfungsi mengamankan gangguan yang berasal dari instalasi pelanggan. Akan tetapi pada tanggal 6 Nopember 2019 pukul 22.56 WIB, gangguan yang timbul dari instalasi pelanggan tidak mengaktifkan proteksi pada Gardu T149 dengan baik sehingga membuat PMT (Pemutus tenaga).

Penyulang Koasi menjadi trip. Pada kenyataannya relay pada Gardu T 149 aktif dengan mengirimkan perintah trip pada PMT dan membuat PMT berubah pada posisi dari close menjadi open (trip). Akan tetapi relay di Gardu Induk juga memerintahkan trip pada PMT GI pada waktu yang bersamaan.

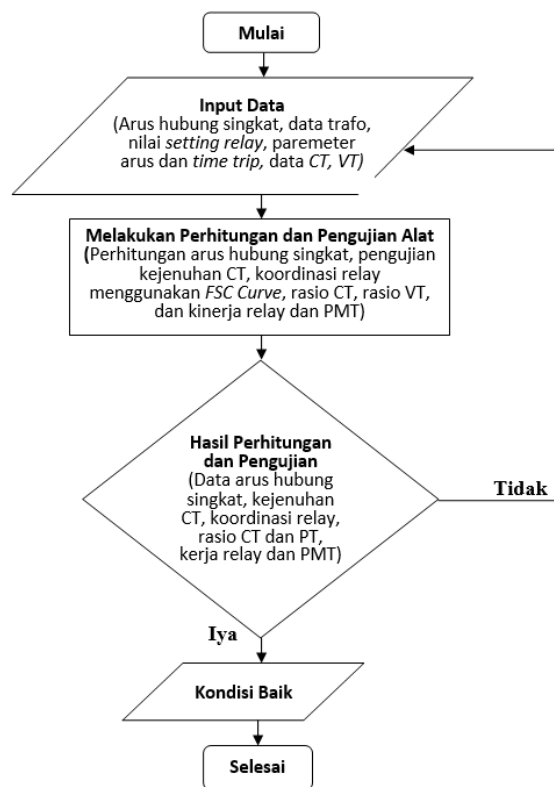
GARDU INDUK DUKUH ATAS



Gambar 1 Penyulang Koasi

Hal ini mengakibatkan pemadaman pada seluruh Penyulang Koasi yang seharusnya tidak terjadi. Dari sisi teknis, pemadaman yang meluas menurunkan kehandalan jaringan distribusi PT. PLN (Persero). Sedangkan dari sisi ekonomis, hal ini merugikan PT. PLN (Persero) karena tidak dapat menjual energi listrik pada daerah yang tidak mengalami gangguan. Selain itu, pemadaman yang meluas juga memberikan citra yang buruk di mata masyarakat.

Flowchart Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Hasil Pengujian dan Pembahasan Faktor Penyebab Kegagalan Sistem Proteksi Gardu T 149

Kasus kegagalan kerja sistem proteksi di Gardu T 149 dapat disebabkan karena faktor sebagai berikut :

- a. Kesalahan desain, merupakan kegagalan sistem proteksi yang diakibatkan karena kesalahan pemilihan komponen sistem proteksi dan pengaturan koordinasi *relay* yang tidak mampu bekerja dengan baik saat terjadi gangguan hubung singkat.
- b. Kesalahan konstruksi, merupakan kegagalan sistem proteksi yang disebabkan karena kesalahan pemasangan komponen system proteksi yang membuat komponen sistem proteksi tidak dapat bekerja sebagaimana fungsinya.

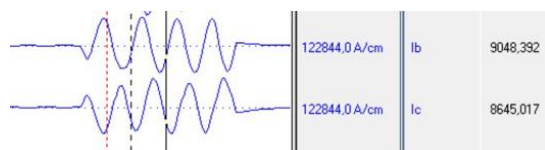
c. Kesalahan peralatan, merupakan kegagalan sistem proteksi karena komponen sistem proteksi yang terpasang tidak bekerja sesuai dengan desain dan fungsinya.

Data Arus Hubung Singkat pada Relay3. Gardu T 149

Gangguan hubung singkat Penyulang Koasi sewaktu trip memiliki data nilai arus abnormal. Berikut Gambar 4.1 Tampilan relay Micom dan Gambar 4.2 hasil download relay Micom menggunakan software Easergy Studio V7.1.0 :



Gambar 3. Tampilan relay Micom



Gambar 4. Disturbance Record Arus Gangguan

Relay Micom

Pada Gambar 4 terlihat bahwa terjadi hubung singkat *Moment Over Current* sistem antara fasa 2 dengan magnitudo arus sebesar 9048,392 A dan fasa 3 dengan magnitudo arus sebesar 8645,017 A. Arus gangguan ini yang menyebabkan trip pada CBO Gardu T 149 dan Penyulang Koasi secara bersamaan.

Nilai arus gangguan tersebut tidak berbeda jauh dengan hasil perhitungan manual yaitu 9100 A. Berdasarkan laporan Unit Pelaksana Pengatur Distrbusi (UP2D) Jakarta Raya, saat sebelum gangguan terjadi, beban penyulang Koasi adalah sebesar 15 A (arus beban) sedangkan *Recovey Time* untuk menyalakan seluruh gardu yang padam pada penyulang Koasi adalah 28 menit (0,47 jam).

Dengan menggunakan harga rupiah per KWH sebesar 1.467,28. Maka potensi pendapatan PLN yang hilang (*Potensial Lost Revenue*) sebesar 357.913,61 rupiah.

Hasil Pengujian Kesalahan Desain

Pengujian kesalahan desain dilakukan dengan cara perhitungan kejenuhan CT yang terpasang dan desain koordinasi relay proteksi gardu distribusi T 149 dan penyulang Koasi Gardu Induk Dukuh Atas.

Hasil Perhitungan Kejenuhan CT Gardu T 149

Dengan data arus hubung singkat tersebut, maka diperlukan komponen sistem proteksi yang masih mampu bekerja secara normal saat terjadi gangguan dengan arus hubung singkat tersebut. Gambar 5 menunjukkan *nameplate* CT yang terpasang pada Gardu T 149.

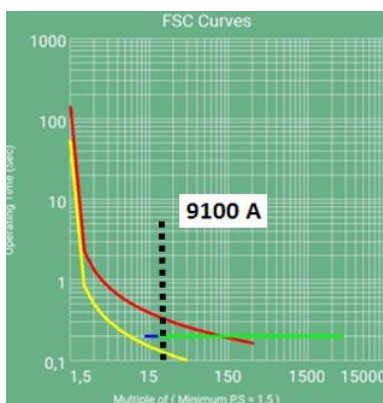


Gambar 5. Nameplate CT

Dengan kelas proteksi 5P20 dan burden CT terpasang 0,5 VA, CT terpasang pada Gardu T 149 akan jenuh pada arus 60 kali arus pengenalnya, atau sama dengan $60 \times 5 \text{ A} = 300 \text{ Ampere}$ pada sisi sekunder. Pada sisi primer, CT terpasang pada Gardu T 149 akan jenuh pada arus $60 \times 800 \text{ A} = 48.000 \text{ Ampere}$. Pada tampilan relay, mengalir arus gangguan hubung singkat pada gardu T 149 sebesar 9100 Ampere. Dengan hasil perhitungan titik jenuh, CT yang terpasang pada Gardu T 149 tidak mengalami kejenuhan pada saat terjadi gangguan dua fasa. Hal ini menunjukkan tidak terjadi kesalahan desain, sehingga CT yang terpasang dapat mengatasi arus gangguan hubung singkat.

Hasil Pengujian Koordinasi Relay

Koordinasi Relay diperlukan agar masing-masing daerah proteksi dapat bekerja secara selektif dan andal. Menggunakan software FSC Curve, hasil perbandingan *time trip* kurva Standart Invers Time (SIT) dan Definite Time (DT) pada saat arus gangguan 9100 A menggunakan nilai pengaturan relay gardu T 149 dan Penyulang Koasi sebagai berikut :



Gambar 6. Tampilan Kurva SIT dan DT Saat *Over Current*

Keterangan :

Garis Kuning : Over Current, SIT (Gardu T 149)

Garis Biru : Over Current Moment, DT (Gardu T 149)

Garis Merah : Over Current, SIT (Penyulang Koasi)

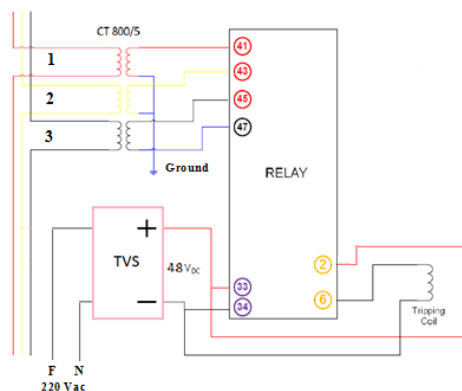
Garis Hijau : Over Current Moment, DT (Penyulang Koasi)

Pada kurva Standart Invers dan Definite Time saat Over Current terlihat saat arus gangguan sebesar 9100 A terjadi, maka 2 kurva berhimpitan yaitu Definite Time pada Gardu T 149 dan Definite Time pada Penyulang Koasi. Berhimpitnya kedua kurva tersebut dapat menyebabkan trip bersamaan pada relay Gardu T149 dan Penyulang Koasi saat terjadi arus gangguan MOC sebesar 9100 A dalam rentang waktu yang relatif sama yaitu 0.2 s.

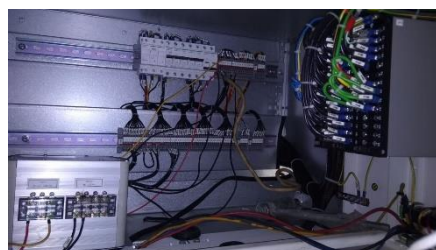
Hasil Pengujian Kesalahan Konstruksi

Pengujian konstruksi pemasangan komponen sistem proteksi dilakukan untuk memastikan bahwa koneksi terminal antara CT, relay, *power supply*, dan sistem

mekanik pemutus tenaga sudah benar dan tidak ada kesalahan yang mengakibatkan kegagalan kerja sistem proteksi. Komponen sistem proteksi yang terpasang di Gardu T 149 meliputi trafo arus, trago tegangan, relay proteksi, dan mekanik pemutus tenaga. Skema diagram koneksi komponen sistem proteksi Gardu T 149 adalah sebagai berikut.



Gambar 7. Diagram Koneksi Sistem Proteksi Gardu T 149



Gambar 8 Konstruksi Komponen Proteksi

Seperti tergambar pada Gambar 8 komponen sistem proteksi pada Gardu T 149 sudah tersambung dengan tepat pada terminal-terminalnya sesuai dengan fungsi masing-masing komponen. Dapat diambil kesimpulan bahwa kegagalan kerja sistem proteksi Gardu T 149 bukan disebabkan karena kesalahan konstruksi.

Hasil Pengujian Kesalahan Peralatan

Kegagalan kerja sistem proteksi juga dapat disebabkan karena kesalahan individu peralatan sistem proteksi. Contoh kesalahan

peralatan antara lain adalah kesalahan rasio CT, kesalahan rasio VT, relay tidak memberikan perintah *trip* meskipun sudah merasakan arus gangguan, dan *tripping coil* yang tidak bekerja pada saat diberi perintah *trip* oleh relay. Kemampuan peralatan harus diuji untuk membuktikan apakah peralatan masih dapat bekerja sesuai fungsinya atau tidak.

Hasil Pengujian Rasio CT

Tes rasio CT dilakukan untuk mengetahui kemampuan CT untuk mentransformasikan arus dari sisi primer ke sisi sekunder. Pengujian rasio CT dilakukan menggunakan alat *single phase relay test set* merk SMC tipe PTE-100-C. Arus primer dan arus sekunder dibandingkan untuk mengetahui persentase kesalahan CT. Hasil pengujian rasio CT yang terpasang di Gardu T 149 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Rasio CT Fasa R dengan Rasio CT 800 / 5 A

No	Primer (A)	Sekunder (A)	I_p/I_s	Keakuratan CT
1	160	1.03	155.33	97%
2	170	1.01	168.31	99%
3	180	1.01	178.21	99%
4	190	1.02	186.27	98%
5	200	1.02	196.07	98%

Tabel 2. Hasil Pengujian Rasio CT Fasa S dengan Rasio CT 800 / 5 A

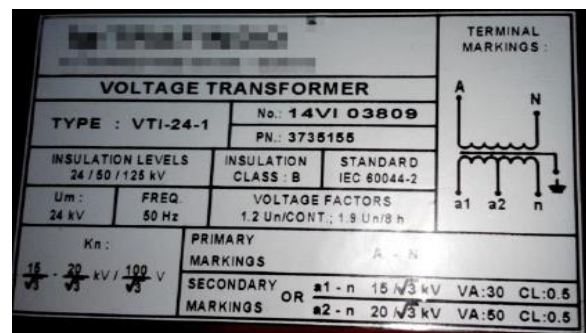
No	Primer (A)	Sekunder (A)	I_p/I_s	Keakuratan CT
1	160	1.01	158.41	99%
2	170	1.02	166.66	98%
3	180	1.01	178.21	99%
4	190	1.03	184.46	97%
5	200	1.02	196.07	98%

Tabel 3. Hasil Pengujian Rasio CT Fasa T dengan Rasio CT 800 / 5 A

No	Primer (A)	Sekunder (A)	I_p/I_s	Keakuratan CT
1	160	1.01	158.41	99%
2	170	1.03	165.04	97%
3	180	1.03	174.75	97%
4	190	1.02	186.27	98%
5	200	1.01	198.01	99%

Hasil pengujian rasio CT menunjukkan bahwa CT masih dalam kondisi baik dan CT memiliki akurasi di atas 97 persen, sehingga dapat disimpulkan bahwa CT tidak mengalami *error* pada saat dialiri arus sesuai arus nominalnya.

Hasil Pengujian Rasio VT



Gambar 9. Nameplate VT

VT yang dipasang di Gardu T 149 digunakan sebagai *power supply* untuk relay proteksi dan *tripping coil*. Tes rasio VT dilakukan untuk mengetahui keakuratan VT, karena apabila tegangan di sisi sekundernya tidak sesuai, maka relay dan *tripping coil* tidak dapat bekerja. Pengujian Rasio CT melalui pengamatan langsung pada relay. Hasil pengujian rasio VT di Gardu T 149 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian Rasio VT Gardu T 149 (Rasio VT 20000 $\sqrt{3}$ / 100 $\sqrt{3}$)

No	Fasa	Tegangan Primer (V_p-n)	Tegangan Sekunder (V_s-n)	V_p/V_s	Keakuratan VT
1	R	11,830	59.2	199.83	99.9 %
2	S	11,900	59.5	200	100 %
3	T	11,930	59.3	199.83	99.9 %

Hasil pengujian rasio VT menunjukkan bahwa VT yang dipasang pada Gardu T 149 memiliki akurasi di atas 99 persen, sehingga VT dapat memberikan tegangan yang cukup untuk menyuplai relay dan *tripping coil*.

Hasil Pengujian Fungsi Relay dan PMT

Tes fungsi relay dan PMT proteksi dilakukan untuk menguji sistem proteksi secara keseluruhan. Hasil pengujian fungsi relay dan PMT di Gardu T 149 adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Relay dan PMT

No	Relay	Iset Primer	Iset	I test (2In)	I test (A)	Waktu (s)
1	OC	300	0.37	0.74	592	0.513
2	OC (Hi)	2700	3.4	6.8	5440	0.312
3	GF	80	0.1	0.2	160	0.495
4	GF (Hi)	510	0.65	1.3	1080	0.318

Hasil pengujian fungsi relay dan PMT di Gardu T 149 menunjukkan bahwa relay dan *circuit breaker* dapat bekerja dengan baik pada saat arus gangguan mengalir pada terminal arus relay.

5.KESIMPULAN

Berdasarkan analisa terhadap kasus kegagalan sistem proteksi di Gardu T 149 terdapat beberapa kesimpulan yang didapatkan, yaitu:

1. Pada pengujian kesalahan desain, didapatkan hasil perhitungan CT memiliki kejenuhan 48.000 A sehingga tidak jenuh saat dialiri arus gangguan hubung singkat sebesar 9100 A. Pada pengujian koordinasi relay menggunakan *software FSC Curve*, pengaturan timing trip kurva Definite Time untuk Moment Over Current untuk gardu T149 dan GI Dukuh Atas memiliki kesamaan sebesar 0.2 sekon. Pengujian kesalahan konstruksi didapatkan hasil bahwa komponen - komponen sistem proteksi tersambung dengan tepat pada terminalnya. Pengujian kesalahan peralatan didapatkan hasil bahwa rasio CT memiliki akurasi diatas 97 persen, rasio VT diatas 99 persen

sedangkan fungsi relay dan PMT dapat bekerja dengan baik.

2. Kegagalan sistem proteksi yang terjadi di Gardu T 149 disebabkan karena kesalahan koordinasi relay Gardu Distribusi dan relay PMT Penyulang Koasi. Relay Proteksi pada kubikel CBO Gardu T 149 memiliki pengaturan timing trip Moment Over Current yang sama dengan Relay PMT Penyulang Koasi Gardu Induk Dukuh Atas yaitu 0.2 sekon yang menyebabkan kedua relay trip secara bersamaan saat dialiri arus gangguan 9100 A.

3. Kegagalan sistem proteksi pada Gardu Distribusi T 149 selama 28 menit menyebabkan potensi pendapatan PT (Persero) PLN UP3 Menteng hilang sebesar 357.913 rupiah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Argo Dahono, Pekik. 2011. *Ketidakeimbangan Tegangan dan Pengaruhnya*. Diambil dari: <https://konversi.wordpress.com/2011/04/15/ketidakeimbangan-tegangandan-pengaruhnya/> (22 Februari 2020)
- [2] Kadarisman, Pribadi. 2014. *Perhitungan Hubung Singkat dan Koordinasi OCR*. Jakarta: Workshop Pengaman Jaringan Distribusi. (23 Juli 2014)
- [3] Sarimun N., Wahyudi. 2016. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Depok : Garamond
- [4] *Single Line Diagram 20 kV UP3 Menteng*. 2019. Jakarta: PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Jakarta Raya UP3 Menteng
- [5] *SPLN 76 :1987, Transformator Arus*. 1987. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi, Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [6] *SPLN 64 :1995, Impedansi Kawat Penghantar*. 1995. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi, Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [7] Wirawan, 2013. *Dasar Sistem Proteksi dan Penalaan Out Of Step Relay pada Generator Sinkron*. Jakarta : PLN Research Institute.