

ANALISIS DEVIASI KWH METER TRAF0 1 DI GARDU INDUK KALISARI

Marta Dharma Wibowo, Ir Hadi Tasmono, MT
Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118
Telp. (031) 5931800, Faks. (031) 5927817
E-mail: marta.dharma.wibowo@gmail.com

ABSTRAK

Dalam program bisnis alur sistem energi listrik di PT PLN (PERSERO) dari proses penyaluran pembangkitan sampai ke pelanggan distribusi adalah salah satu faktor kehandalan sistem yang harus di jaga agar pendistribusian tidak mengalami deviasi antara penjualan dengan pembelian energi listrik. Salah satu penyebab permasalahan pada transaksi energi listrik adalah deviasi kWh meter. Terdapat beberapa faktor utama penyebab deviasi diantaranya kesalahan pembacaan kWh meter, gagal baca oleh sistem AMR (Auto Meter Reading), kesalahan penginputan pada data base, dan anomali pada peralatan energi listrik. Oleh karena itu tujuan dari penelitian kami adalah menganalisis deviasi kWh meter dan memberikan solusi agar deviasi kWh meter tidak terjadi berulang kembali.

Kata kunci: Deviasi, Penyaluran Energi Listrik, Pelanggan

1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan sebuah sistem alur berjalannya listrik dimana terdapat sebuah proses pendistribusian tenaga listrik dari hulu/sumbernya atau pembangkit listrik ke hilir/pelanggan distribusi atau bisa di bilang pelanggan rumah seperti yang selama ini kita pakai dalam membantu segala semua aktifitas di kehidupan sehari hari. Listrik sangat di perlukan sekali bagi semua manusia dalam kehidupan sehari hari dan untuk membantu perekonomian dalam mencapai kesuksesan di masing masing bisnis mereka. Listrik juga dapat digunakan untuk menciptakan suatu peradaban yang lebih canggih di masa depan nantinya. Di bidang dunia bisnis pasti terdapat penjualan dan pembelian suatu produk yang saling menguntungkan. Seperti halnya di perusahaan ternama di Indonesia dan tidak ada pesaing asing lain di bidang ini yaitu PT PLN (PERSERO) yang di bawah naungan langsung dari BUMN. PT PLN (PERSERO) adalah perusahaan listrik yang menjual produksi listrik dari pembangkit ke pelanggan distribusi. Di dalam penjualan listrik ini terdapat suatu alat ukur yang mana berfungsi sebagai pengukuran pembelian listrik oleh pelanggan distribusi yang di hitung setiap bulannya. Pembelian listrik oleh pelanggan berupa kWh (kilo Watt Hours) sebagai satuan pembelian energi listrik. Tarif listrik pun juga berbeda beda antara pelanggan distribusi dengan

pelanggan besar seperti perindustrian maupun pabrik pabrik besar yang membutuhkan daya besar sebagai produsen suatu produk andalan mereka. Oleh karena itu PT PLN (PERSERO) berusaha keras dan semaksimal mungkin agar pendistribusian energi listrik tidak sampai terganggu kepada pelanggan daya besar maupun pelanggan daya kecil/rumahan sehingga pelanggan tidak mengurangi aktifitas atau produksi mereka.

Pengukuran transaksi energi listrik dilakukan setiap bulannya dan di hitung setiap tanggal satu di awal bulan oleh pelaksana bagian Transaksi Energi Listrik, bagian Catat Meter maupun oleh bagian sistem AMR (Auto Meter Reading) atau dilakukan secara online. Pada tahap pengukuran dan perhitungan energi listrik harus dilakukan secara teliti dan tidak boleh sampai terjadi kesalahan baca meter maupun kesalahan perhitungan pemakaian kWh meter dari sisi pembelian sampai ke sisi penjualan. Apabila hal tersebut terjadi maka kedua belah pihak akan sama sama di rugikan baik itu dari sisi penyedia listrik PT PLN (PERSERO) maupun itu dari sisi pelanggan di karenakan ini semua berhubungan dengan uang atau bisnis. Oleh karena itu deviasi atau selisih pemakaian energi listrik di setiap bulannya harus segera di investigasi dan harus di selesaikan bersama antara pihak PT PLN (PERSERO) dengan pelanggan supaya mendapatkan solusi atau jalan keluarnya dari

permasalahan deviasi. Oleh sebab itu mahasiswa S1 Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya khususnya mahasiswa di bidang Sistem Tenaga Listrik perlu untuk lebih mendalami tentang permasalahan deviasi khususnya Deviasi kWh Meter di trafo 1 Gardu Induk Kalisari.

2. DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dari pembahasan ini terdapat beberapa referensi dari peneliti sebelumnya yang digunakan untuk menyusun dan membahas penelitian ini.

Pada jurnal Soedjana Sapiie, 1976:1 *"Besaran listrik seperti arus, tegangan, daya dan sebagainya tidak dapat secara langsung kita tanggapi dengan panca indera. Untuk memungkinkan pengukuran maka besaran listrik ditransformasikan melalui suatu denomena fisis ke dalam besaran mekanis"* [1]

Pada jurnal Sofyan Syafri Harahap, 2007:241 *"Losses adalah turunya nilai ekuitas dari transaksi yang sifatnya insidental dan bukan kegiatan utama entitas dan dari seluruh transaksi kejadian lainnya yang mempengaruhi entitas selama periode tertentu kcuali yang berasal dari biaya atau pemberian kepada pemilik"* [2]

2.2 Gardu Induk

Gardu Induk adalah sistem tenaga listrik yang menyalurkan sumber listrik dari tegangan tinggi 150 kV maupun tegangan ekstra tinggi 500 kV yang ditransformasikan menjadi 20 kV yang disalurkan ke pelanggan distribusi. Gardu induk juga merupakan terminal pembagian listrik dari pembangkit listrik yang kemudian disalurkan melalui sistem transmisi.

Fungsi Gardu induk diantaranya sebagai berikut :

1. Mentransformasikan/menaikkan atau menurunkan tegangan dari 500 kV/150 kV menjadi 20 kV
2. Sebagai tempat untuk Monitoring Beban atau Tegangan,, Pengoperasian Sistem serta Pengamanan sistem tenaga listrik.
3. Sebagai Pendistribusian atau Pengaturan Tegangan atau beban dari gardu induk ke pelanggan distribusi melalui jaringan tegangan menengah.

2.3 Kubikel

Kubikel adalah peralatan listrik yang terdapat di gardu induk maupun di hardu hubung, Yang berfungsi sebagai penghubung, pembagi, pengontrol beban (memutuskan atau memasukkan beban) dan sebagai sistem proteksi pada penyaluran tenaga listrik tegangan 20 kV. Kubikel ini sebagai pembagi beban dari

transformtor daya ke kubikel 20 kV dan di salurkan ke JTM (jaringan tegangan menengah) dan distribusikan ke pelanggan distribusi. Kubikel ini terdapat beberapa peralatan yang ada di dalamnya diantaranya, Busbar, Isolator, PMT (Pemutus Beban), CT (Current Transformer), PT (Potential transformer), kWh Meter, Rele Proteksi, LA (Lightning Arrester), MCB (Mini Circuit Breaker), dan Wiring.

2.4 kWh Meter

kWh Meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur pemakaian energi listrik setiap bulannya dalam satuan kWh. Terdapat beberapa jenis kWh meter yang terpasang di Gardu Induk diantaranya, Edmi, Itron/Actaris, ION, dan Hexing. Pemasangan kWh Meter juga harus selektif dan sesuai standart dikarenakan kWh meter ini adalah ujung tombak dari penjualan listrik di PT PLN (PERSERO) ini, dimana apabila kWh Meter banyak ditemui mengalami error pada pemakaian kWh maupun salah catat pembacaan stand kWh maka yang akan terjadi kerugian yang cukup besar baik di sisi PLN maupun di sisi pelanggan sehingga timbul permasalahan deviasi/losses dan juga mengurangi target atau kinerja dari PT PLN (PERSERO).

2.5 CT (Current Transformer)

Trafo arus berfungsi menurunkan atau mentransformasikan dari arus yang besar menjadi arus yang kecil dan juga difungsikan sebagai pengukuran dan proteksi. Dalam pemilihan CT yang akan dipasang harus sesuai dengan perhitungan dan keperluan daya yang akan dibutuhkan. Dalam pemasangan CT juga harus dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum CT tersebut dinyatakan layak untuk energize atau operasi, pengujian tersebut diantaranya Pengujian tahanan isolasi, Pengujian Rasio, Pengujian Kneepoint (Class, Error, Excitation, Burden) dan Pengujian Injeksi Primary CT. Rasio CT yang Terdapat di Gardu Induk Berbagai macam diantaranya : 2000/5, 1000/5, 800/5, 600/5, 400/5, 300/5.

Setelah tahapan pengujian selesai dan didapatkan dengan hasil pengujian yang memenuhi standart baru dilakukan pengecekan dan pengencangan wiring pada sisi primer maupun sekunder CT maupun di sisi terminal box control panel yang terdapat di kubikel untuk mencegah terjadinya loss kontak, sehingga akan mengurangi terjadinya deviasi/losses pada pemakaian kWh maupun Proteksi

2.6 PT (Potential Transformer)

Trafo Tegangan berfungsi untuk menurunkan tegangan yang tinggi (20.000/22.000 volt) menjadi tegangan yang rendah (100/110 volt)

yang digunakan sebagai pengukuran dan proteksi. Sama seperti halnya dengan CT, PT juga akan dilakukan pengujian lengkap untuk memastikan peralatan tersebut sesuai dengan standart. Pengujian yang dilakukan diantaranya : Pengujian Tahanan Isolasi dan Pengujian Injeksi Primary PT.

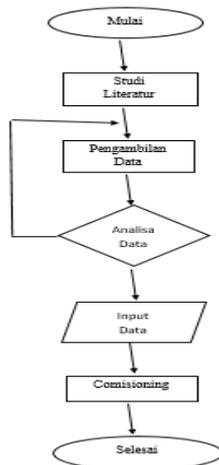
Setelah tahapan pengujian selesai dan didapatkan dengan hasil pengujian yang memenuhi standart baru akan dilakukan pengecekan dan pengencangan wiring pada sisi primer maupun sekunder PT dan juga pengencangan wiring di sisi terminal box control panel yang terdapat di kubikel untuk mencegah terjadinya deviasi/losses pada pemakaian kWh maupun proteksi.

2.7 MCB (Mini Circuit Breaker)

Adalah suatu alat pemutus rangkaian atau proteksi gangguan listrik dengan bentuk dan kemampuan yang kecil. MCB tidak hanya sebagai sakelar saja namun dapat berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik apabila terjadi korsleting listrik yang dapat menimbulkan kebakaran.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Flowchart



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data didapat dari laporan operator Gardu Induk dan laporan dari Unit Pengatur Pelayanan Pelanggan terkait Pembelian dan Penjualan kWh setiap bulannya. Sesuai dengan ketentuan dan kesepakatan bersama, batasan deviasi yang diperbolehkan adalah 0,7 dan apabila ditemukan selisih atau deviasi melebihi dari 0,7 maka akan dilakukan investigasi bersama.

Dari permasalahan yang didapat di lapangan, beberapa asumsi yang dapat menyebabkan

terjadinya deviasi, diantaranya :

1. Pengecekan Fuse PT yang dimungkinkan terjadi putus saat operasi
2. Pengecekan kekencangan Wiring/Salah Wiring pada Arus atau Tegangan
3. Pengecekan dan Pengukuran Class Error kWh
4. Pengecekan Stand kWh Meter di Semua Penyulang dan kWh Meter Pembanding

3.2.1 Pengecekan Fuse PT

Salah satu penyebab dari deviasi yang bisa dimungkinkan adalah putusnya dari fuse PT, sehingga proses investigasi deviasi di Trafo 1 GI Kalisari ini tidak luput dari pengecekan bersama sama. Adapun pengaruh yang kedua dari penyebab putusnya Fuse PT Putus adalah dari beban tidak seimbang yang bisa berdampak terhadap kualitas tegangan.

3.2.2 Pengecekan Kekencangan Wiring

Pengecekan dan Pengencangan Wiring yang dilakukan adalah :

1. Pengencangan wiring pada sisi tegangan sekunder di terminal sekunder PT
2. Pengencangan wiring pada sisi arus sekunder di terminal sekunder CT
3. Dilakukan pengukuran tegangan di sisi kWh Meter dan MCB PT menggunakan AVO Meter
4. Dilakukan pengukuran arus di sisi kWh Meter dan terminal sekunder CT menggunakan tang ampere
5. Dilakukan pengecekan Phasor pada kWh meter penyulang dan pembanding

3.2.3 Pengecekan dan Pengukuran Class Error kWh

Dilakukan pengujian kalibrasi dan comisioning untuk memastikan pengukuran kWh meter sesuai dengan class error yang tertera pada nameplate Meter. Alat yang dipakai untuk menentukan class error kWh cukup banyak sesuai dengan standart oleh PT. PLN (PERSERO), diantaranya :

1. ZT-F103
2. GFUVE AC Portable Single Phasa Energy
3. Huazheng Electric Energy
4. MTE kWh Meter calibration
5. GF302D Portable, dan banyak yang lainnya.

Pengecekan dan pengukuran kalibrasi kWh Meter di ajukan setelah di lakukan investigasi bersama untuk menemukan persentase class error sesuai dengan nameplate nya.

3.2.4 Pengecekan Stand kWh Meter

Pencatatan stand kWh meter dilakukan untuk menghitung pemakaian energi listrik selama satu bulan. Pencatatan kWh meter di gardu induk dilakukan oleh petugas piket harian operator. Pencatatan ini biasanya dilakukan pada tanggal satu awal bulan di jam 10.00. Pencatatan kWh meter meliputi kWh Meter Utama, kWh Meter Pembanding, kWh Meter Penyulang, dan kWh Meter PS (Pemakaian Sendiri). Selain dilakukan pengecekan stand kWh Meter secara manual dengan melihat catatan dari operator gardu induk, juga dilakukan pengecekan stand kWh meter melalui AMR (Auto Meter Reading) di mana sistem ini bisa di remote melalui server dan bisa di akses via Handphone maupun PC untuk pengambilan data stand maupun Load Profile.

3.3 Perencanaan Penelitian

Dalam alur Pra penelitian ini dapat dilakukan safety briefing, knowledge sharing, target operasi

- *Safety Briefing* ditujukan untuk mengawali suatu kegiatan atau pekerjaan berupa beberapa pengarahan mengenai apa saja pekerjaan yang akan dilakukan dan akan dijelaskan oleh pengawas pekerjaan maupun pengawas K3
- *Knowledge sharing* adalah suatu kegiatan pembelajaran atau sharing ilmu oleh pengawas pekerjaan kepada pelaksana pekerjaan maupun karyawan lainnya yang ingin menambah wawasan lebih
- *Target operasi* adalah suatu tujuan yang harus di tempuh atau yang harus di capai dalam suatu pekerjaan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pekerjaan

3.4 Jadwal dan Identifikasi Deviasi kWh Meter

Tabel 3.1 Jadwal dan Proses Identifikasi Deviasi kWh

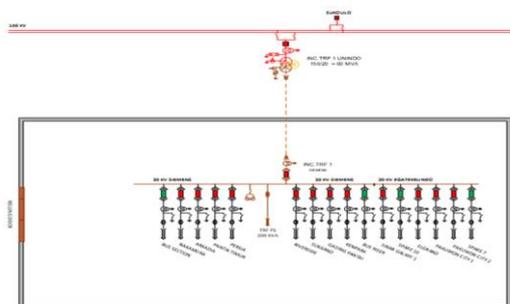
NO	Deviasi	Permasalahan	Tindak Lanjut	Tanggal
1	MU-TP 1,37%	Belum ditemukan	Pengujian sampling CT Hasil Baik	7 Juli 2021
2	MU-TP 1,38%	Belum ditemukan	Ditemukan MCB PT Trip ketika Salah satu penyulang trip PMT	5 Agustus 2021
3	MU-TP 1,38%	Anomali MCB PT	Kalibrasi kWh meter oleh Puseritif dengan Hasil Baik	9 September 2021
4	MU-TP -1,76%	Anomali wiring PT	Ditemukan kWh Meter menggunakan Core PT proteksi	5 Oktober 2021
5	MU-TP 1,56%	Anomali Pengukuran kWh Meter	Merubah Tap CT Meter dari Ratio 600/5 Menjadi 300/5 (Karena rata rata beban penyulang di bawah 20-50 A)	8 November 2021

Dari Tabel 3.1 di atas adalah jadwal dan proses investigasi deviasi kWh meter di gardu induk kalisari. Proses investigasi ini di lakukan selama 5 bulan setelah terjadinya atau laporan deviasi setiap bulannya. Dari tabel di atas bisa di simpulkan

bahwa investigasi deviasi ini perlu dilakukan dan permasalahan deviasi harus tuntas terkait kinerja dan pelayanan yang baik dan juga supaya tidak saling merasa di rugikan antara PT PLN (PERSERO) dengan Pelanggan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tampilan SLD Gardu Induk Kalisari



Gambar 4.1 SLD Gardu Induk Kalisari

Dari SLD GI Kalisari terdapat 12 Cell Penyulang Aktif, 2 Cell Spare, 1 Cell PT/LA, 1 Cell Kopel, 1 Cell Incoming.

4.2 Hasil Pengukuran Dan Pengujian Tahanan Isolasi CT dan PT

Hasil Pengujian Megger CT				
No	Uraian	Tes Uji	Hasil Pengukuran	Keterangan
1	P1 - 1S1	5.000 V	41.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
2	P1 - 2S1	5.000 V	43.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
3	P1 - G	5.000 V	45.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
4	1S1 - G	500 V	42.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
5	2S1 - G	500 V	42.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
6	1S1 - 2S1	500 V	42.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm

Gambar 4.2 Hasil Pengujian Tahanan Isolasi CT

Dari hasil pengukuran dan pengujian Tahanan Isolasi CT di atas dapat disimpulkan bahwa CT masih dalam keadaan bagus dan layak untuk operasi di karenakan hasil masih diatas standart yaitu 20 Mega Ohm sesuai dengan IEC 60044-1.

Hasil Pengujian Megger PT				
No	Uraian	Tes Uji	Hasil Pengukuran	Keterangan
1	P - V	10.000 V	10.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
2	P - N	10.000 V	10.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
3	P - Da	10.000 V	10.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
4	P - Dn	10.000 V	10.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
5	P - G	10.000 V	10.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
6	Da - G	500 V	1.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm
7	V - G	500 V	1.000 Mohm	Hasil harus >20 Mohm

Gambar 4.3 Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PT

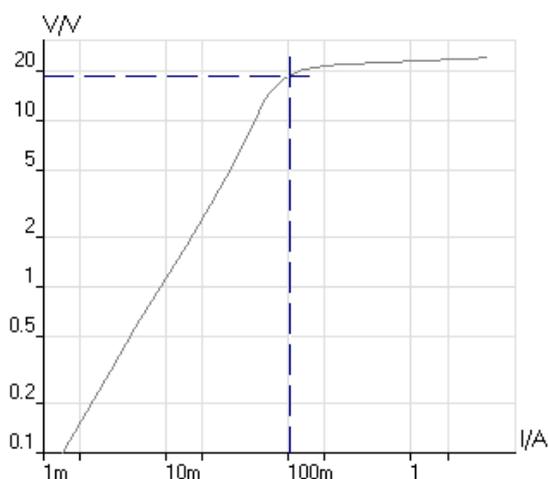
Dari hasil pengukuran dan pengujian Tahanan Isolasi PT di atas dapat disimpulkan bahwa PT masih dalam keadaan bagus dan layak untuk operasi di karenakan hasil masih diatas standart yaitu 20 Mega Ohm sesuai dengan IEC 60044-1.

4.3 Hasil Pengujian CT Analyzer

Hasil Pengujian Rasio CT					
No	Uraian	Rasio CT	Primer (A)	Sekunder (A)	Error (%)
1	1S1 - 1S2	400/5	400	4,990	-0.20
2	1S2 - 1S3	800/5	800	4,989	-0,22
3	2S1 - 2S2	400/5	400	4,986	-0,28
4	2S1 - 2S3	800/5	800	4,988	-0,24

Gambar 4.4 Hasil Pengujian Rasio CT

Pengujian CT Analyzer meliputi Rasio CT, Burden CT, Error CT, Kneepoint, dan Excitasi CT. dari semua hasil pengujian CT Analyzer ini harus mendapatkan hasil yang bagus dan sesuai dengan standart untuk dinyatakan laik operasi. Dari tabel diatas dapat disimpulkan error CT masih bagus dikarenakan masih di bawah >5% dari hasil pengukuran.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Excitasi CT

4.4 Pengujian Kalibrasi kWh Meter



Gambar 4.6 Pengujian Kalibrasi kWh Meter

Gambar diatas merupakan pengujian kalibrasi kWh Meter untuk memastikan kondisi kWh meter tidak mengalami kerusakan atau error pada pengukuran dan pembacaan kWh.

4.5 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus



Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus

Gambar diatas adalah proses pengukuran Tegangan menggunakan AVO Meter dan Pengukuran Arus menggunakan Tang Ampere untuk memastikan pengukuran pada peralatan sesuai dengan pengukuran yang di baca oleh beban.

4.6 Manfaat Program

Dengan adanya penelitian ini kita dapat menganalisa penyebab dan dampak yang akan terjadi ketika mengalami deviasi pada kWh Meter. Program ini juga bermanfaat kepada PT PLN (PERSERO) khususnya di UP2D Jawa Timur dan UP3 Terkait karena dapat menurunkan cost rupiah yang hilang selama ini dan mencapai target kinerja di masing masing unit.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan peneltian dan analisa pada Tugas Akhir kami, kami dapat menyimpulkan beberapa hal, diantaranya :

1. Pengujian Tahanan Isolasi CT dan PT didapatkan dengan hasil uji baik dan layak operasi sebagaimana mestinya.
2. Pengujian CT Analyzer yang meliputi Burden, Error, Kneepoint, Excitasi didapatkan dengan hasil uji baik dan layak operasi sebagaimana mestinya.
3. Pengujian Kalibrasi kWh Meter didapatkan dengan hasil uji baik dan layak operasi sebagaimana mestinya.
4. Ditemukan wiring sekunder PT beda core antara core proteksi dan core metering dan dilakukan perbaikan wiring sesuai dengan core yang di butuhkan.
5. Dilakukan perubahan wiring rasio CT metering dari 600/5 menjadi 300/5, dikarenakan beban di masing masing penyulang di bawah 50 A. Apabila beban kecil dengan menggunakan rasio 600/5 maka persentase error dan burden CT semakin

- besar, dan apabila beban kecil dengan menggunakan rasio 300/5 maka persentase error dan burden CT semakin kecil.
6. Dapat mengetahui dan mempelajari bagian bagian pada kubikel
 7. Dapat mengetahui dan mempelajari kriteria dengan hasil uji baik yang dilakukan pada CT dan PT
 8. Penelitian yang dilakukan dapat menurunkan cost rupiah akibat deviasi kWh
 9. Menurunkan target kinerja pada bagian Transaksi Energi Listrik PT PLN (PERSERO)

- [14] PT. PLN (Persero) P3B JB. Teori Dasar Listrik. Jakarta: PLN Pusdiklat. (2006).
- [15] PT. PLN (Persero). SK Dir 1486 tentang Penertiban Pemakaian Tenaga Listrik. Jakarta: PT. PLN (Persero).

5.2 Saran

Berikut adalah Beberapa saran yang kami ajukan dalam permasalahan yang terjadi, diantaranya :

1. Lebih ditekankan pada comisioning peralatan sebelum dilakukan energize atau pengoperasian penyulang untuk menghindari kegagalan dari peralatan
2. Dilakukan inspeksi rutin untuk menjaga kehandalan sistem tenaga listrik di Gardu Induk Kalisari

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rianti, M. Iqbal Arsyad, and Danial, "Studi Analisa Kelayakan Transformator Arus Untuk Proteksi Sistem Tenaga Listrik berdasarkan Hasil uji Tahanan Isolasi, Rasio, dan Eksitasi,"2020.
- [2] Anindyantoro, Muhammad Syahendra, "Analisa Tahanan Isolasi pada Transformator Tenaga di Gardu Induk Wonogiri." Desember 2017.
- [3] Saputro, Tomy Adi, "analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Transformator Daya Berdasarkan Hasil Uji Indeks Polarisasi, Tangen Delta, rasio Tegangan, BDV (*Break Down Voltage*). " Juli 2018.
- [4] Tambunan, Juara Mangapul dan Widhyastuti, "Pengujian Rutin Trafo Arus 24 kV di Laboratorium Hubung Singkat PT PLN (PERSERO) Puslitbang Ketenagalistrikan. " Jurnal SUTET, 8 (1), 1 - 71.
- [5] Kadarisman, Pribadi dan Wahyudi Sarimun, 2009, *Current Transformer*, [Online] <http://gikotapinang.files.wordpress.com/2011/11/et.ppt>.
- [6] SPLN D3,014-1, 2009, Trafo Arus, Jakarta, PT.PLN (PERSERO)
- [7] SPLN D5,001, 2008, Pedoman Pemilihan Meter Energi, Jakarta, PT. PLN (PERSERO)
- [8] *Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia (PUIL) 2000*
- [9] IEEE Team, "IEEE Standard Requirements for Instrument Transformers", IEEE Std C57.13-1993, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, 1993.
- [10] SPLN D3.015-2. Alat Pengukur, Pembatas Dan Perlengkapannya, 2012.
- [11] PT. PLN (Persero). Buku 1: Kriteria Disain Enjineriing Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Indonesia, Jakarta, 2010.
- [12] PT. PLN (Persero). Buku 4: Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. Indonesia: Jakarta, 2010.
- [13] PT. PLN (Persero). Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Arus, 2014