Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik (JUPRIT)
Vol.2, No.4 November 2023
e-ISSN: 2963-7813; p-ISSN: 2963-8178, Hal 174-186
DOI: https://doi.org/10.55606/juprit.v3111.

Analisis Perawatan dan Penanganan Pada Trafo Distribusi 20KV di PT Krakatau Tirta Industri (*Water Solution*)

Achmad Dhyta Maulana
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Mohammad Fatkhurrokhman
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Alamat: Jl. Ciwaru Raya, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten 42117
2283210037@untirta.ac.id

Abstract

The power transformer is the main equipment in the electric power distribution system. The power transformer functions to distribute power by increasing the voltage from the generator into the transmission line. Therefore, maintenance and handling of disturbances in the 20 kV distribution transformer at PT Krakatau Tirta Industri which is held by PT Krakatau Industrial (Persero) uses the power quality method. The maintenance method and handling of disturbances in the 20 kv distribution transformer at PT Krakatau Tirta Industri which is held by PT Krakatau Industrial (Persero) uses the power quality method, which uses a mega ohm meter (megger meter) and to maintain power reliability and ETAP 12.6.0 application to measure voltage frequency, voltage stability, voltage harmonics and voltage drop. The results of the analysis in the maintenance of the 20 kv distribution transformer at PT Krakatau Tirta Industri with measurements that have been analyzed for insulation resistance with a Mega Ohm Meter (Megger tester) 500/1000 V, there is only one transformer whose coil is leaking, namely transformer number 7 which is in the table in 10 samples taken. When the transformer is damaged, PT Krakatau Tirta Industri immediately replaces it with a new transformer or replaces it with a car transformer (semi-permanent).

Keywords: *Maintenance, Distribution, Power, Water, Solution.*

Abstrak.

Transformator tenaga merupakan peralatan utama dalam sistem penyaluran tenaga listrik. Transformator tenaga berfungsi menyalurkan tenaga dengan menaikkan tegangan dari pembangkit ke dalam saluran transmisi. Oleh karena itu perawatan serta penanganan gangguan pada trafo distribusi 20 kv di PT Krakatau Tirta Industri yang dipegang oleh PT Krakatau Industrial (Persero) digunakan metode power quality atau kualitas daya. Metode perawatan serta penanganan gangguan pada trafo distribusi 20 kv di PT Krakatau Tirta Industri yang dipegang oleh PT Krakatau Industrial (Persero) digunakan metode power quality atau kualitas daya, yang mana dengan menggunakan alat ukur mega ohm meter (megger meter) dan untuk menjaga keandalan daya dan aplikasi ETAP 12.6.0 untuk mengukur frekuwensi tegangan, kestabilan tegangan, harmonisa tegangan, dan drop tegangan. Hasil analisa dalam perawatan trafo distribusi 20 kv di PT Krakatau Tirta Industri dengan pengukuran yang telah dianalisa tahanan isolasi dengan Mega Ohm Meter (Megger tester) 500/1000 V hanya ada satu trafo yang kumparannya bocor yaitu pada trafo nomer 7 yang ada di tabel dalam 10 sampel yang di ambil. Saat kerusakan pada trafo, PT Krakatau Tirta Industri langsung mengganti dengan trafo yang baru atau diganti dengan trafo mobil (semi permanen).

Kata kunci: Perawatan, distribusi, daya, *Water, Solution.*

Received: Oktober 31, 2023; Accepted: November 08, 2023; Published: November 11, 2023
* Achmad Dhyta Maulana, *2283210001@untirta.ac.id*

LATAR BELAKANG

Pembangkit listrik menghasilkan listrik dengan beberapa generator. Penghantaran tenaga listrik dari sumber tenaga listrik ke suatu lokasi yang disebut gardu induk. Trafo distribusi mengirimkan listrik ke pengguna atau konsumen dari trafo induk. Oleh karena itu, trafo harus dipelihara dan pemeriksaan secara teratur agar tahan lama. Energi listrik sekarang menjadi dasar kehidupan modern dan tersedia dalam jumlah dan kualitas yang cukup untuk industri, perumahan, dan kehidupan sehari-hari, terutama di kota-kota besar karena perkembangan teknologi dan penggunaan energi yang meningkat (Prayogo, dkk. 2023). Perawatan trafo distribusi bertujuan untuk menjaga kualitas kerja peralatan sesuai umur teknisnya dan mencegah kerusakan secara tiba-tiba. Jika ada gangguan pada transformator distribusi, trafo akan rusak dan listrik tidak akan dikirim ke pelanggan (Zainal Abidin, 2021).

PT. Krakatau Tirta Indutsri merupakan sebuah instansi yang berada di wilayah Kota Cilegon Provinsi Banten. PT Krakatau Tirta Industri yaitu perusahaan yang bergerak di bidang penjernihan air untuk wilayah kota bahkan luar Kota Cilegon Ada beberarapa dinas yang ada di PT. Krakatau Tirta Industri yaitu Dinas Teknologi Informasi, Dinas Perencanaan dan Pengembangan HC, Dinas Sekertaris Perusahaan, Dinas SDM, dan lain - lain. Transformator tenaga adalah satu bagian penting dalam pembangkitan dan penyaluran energi listrik, karena fungsinya yang sangat penting maka di perlukan adanya perawatan dan pemeliharaan untuk menunjang performa dan kinaerja dari transformator untuk mencapai hasil yang maksimal.

Salah satu masalah yang dihadapi trafo adalah tegangan lebih, yang disebabkan oleh penggunaan terus menerus perangkat tersebut dalam jangka waktu yang lama. Hal ini dapat menyebabkan penurunan tahanan isolasi, yang dapat menyebabkan gangguan transformator. Sebab yang lain adalah beberapa masalah, seperti kelembaban dan suhu tinggi, yang menyebabkan kerusakan mekanis yang menghentikan aliran listrik ke konsumen. Oleh karena itu, penulis ingin menganalisis perawatan trafo distribusi 20 Kv di PT. Karkatau Tirta Industri.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitaf, dengan pendekatan deskriptif. Adapun metode pengambilan data yang digunakan adalah (a) Pengamatan langsung proses *maintenance preventive* suatu metode yang dilakukan dengan mengamati langsung proses pemeliharaan rutin pada trafo yang kemudian penguji mencatat hasil yang didapat. (b) Pengambilan data dilakukan dengan meminta data kepada pihak perusahaan yang telah diperoleh kemudian menganalisis perubahan yang terjadi pada trafo, dan (c) Studi Pustaka Suatu metode yang dilakukan dengan mengambil referensi-referensi yang dibutuhkan untuk menyusun artikel diantaranya buku-buku yang berhubungan dengan tema artikel yang ditulis, jurnal nasional maupun internasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun perawatan dilakukan dengan dua tahapan yaitu Tahapan Jangka Pendek dan Tahapan Jangka Panjang :

a) Perawatan Jangka Pendek, dimana didalam pemeliharaan jangka pendek pada transformator dilakukan hanya bersifat pengontrolan danperbaikan yang kecil saja, dan waktu perbaikan tidak mengganggu kerja transformator, dan
b) Perawatan Jangka Panjang, merupakan Untuk pemeliharaan jangka panjang ini dilaksanakan dengan jadwal yang ditentukan dan transformator dalam keadaan tidak beroperasi, yang bebas dari sumber maupun beban. Pemeliharaanyang dilakukan antara lain: (1) Pembersihan Transformator dan Alat Perlengkapan, (2) Pengujian Minyak Transformator, (3) Pengecekan Tahanan Isolasi, dan (4) Pengecekan Nilai Tahanan Pentanahan.

Pengukuran trafo distribusi dengan menggunakan Mega Ohm Meter (megger) pada pengukuran tahanan isolasi trafo (megger 500 / 1000 V) penulis mengambil sampel / contoh 9 trafo distribusi dengan beberapa merk sebagai berikut:

Trafo Trafindo

Daya: 200 Kva, Titik Trafo: MF085, Tegangan primer: 20 Kv. Tegangan sekunder: 392/213 dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 25 Ω Primer-Ground=25 Ω dan Sekunder-Ground= 15 Ω.

Trafo Sintra

Daya: 200 Kva, Titik Trafo: MF127, Tegangan primer: 21-18 Kv. Tegangan sekunder: 230-400dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 25 Ω, Primer-Ground = 25 Ω, dan Sekunder-Ground = 15 Ω.

Trafo B & D

Trafo ini memiliki beberapa ciri diantaranya daya:100, Titik Trafo: MF146, Tegangan primer: 20Kv, Tegangan sekunder: 400/231 dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 15 Ω, Primer-Ground = 15 Ω, Sekunder-Ground = 13 Ω 4, Merk: B & D (2012) diantaranya Daya: 250 Kva, Titik Trafo: MF206, Tegangan primer: 20Kv, Tegangan sekunder: 400/231 dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 20 Ω, Primer-Ground = 10 Ω, Sekunder-Ground = 5 Ω.

Trafo Bambang Djaja

Daya: 200Kva, Titik Trafo: MF195, Tegangan primer: 20Kv, Tegangan sekunder: 400/231dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 20 Ω, Primer-Ground = 10 Ω, dan Sekunder-Ground = 5 Ω.

Trafo Sintra (2010)

Daya: 100, Titik Trafo: MF211, Tegangan primer: 20Kv, Tegangan sekunder:400/231. dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 20 Ω, Primer-Ground = 20 Ω, dan Sekunder-Ground = 10 Ω.

Trafo Sintra

Daya: 100, Titik Trafo: MF070, Tegangan primer: 20Kv, Tegangan sekunder: 408/231 dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 10 Ω, Primer-Ground = 15 Ω, Sekunder-Ground = 15 Ω.

Trafo Trafindo

Daya: 200Kva, Titik Trafo: MF089, Tegangan primer: 20Kv, Tegangan sekunder:400/231 dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 20 Ω, Primer-Ground = 10 Ω, dan Sekunder-Ground = 10 Ω.

Trafo Bambang Djaja

Daya: 250Kva, Titik Trafo: MF083, Tegangan primer: 20Kv, dan Tegangan sekunder: 400/231. Dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 25 Ω, Primer-Ground = 15 Ω, dan Sekunder-Ground = 15 Ω.

Trafo B&D

Daya: 200Kva, Titik Trafo: MF221, Tegangan primer: 20Kv, Tegangan sekunder: 400/231 dengan pengukuran tahanan isolasi: Pimer-Sekunder = 25 Ω, Primer-Ground = 15 Ω, dan Sekunder-Ground = 15 Ω. Dengan hasil tahanan yang sesuai dengan standart yaitu dengan 1Ω/Kv dan tidak adanya kebocoran tahanan atau kerusakan tahanan kecuali trafo nomer 7.

Pengukuran frekuensi dan harmonisa tegangan dengan ETAP

Tabel 1. Frekuensi dan Harmonisa Tegangan Pada Feeder (penyulang) LIS

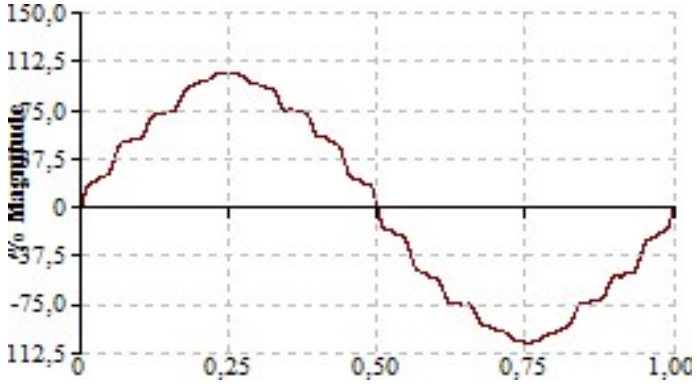
Order	Hz	Mag (%)	Mag (A)	Ang (°)
1	50	100	0	0
11	550	9,1	0	0
13	650	7,7	0	0
23	1150	4,3	0	0
25	1250	4	0	0
35	1750	2,9	0	0
37	1850	2,7	0	0
47	2350	2,1	0	0
49	2450	2	0	0

Gambar 1. Harmonisa Tegangan Pada Penyulang LIS

Nilai distorsi tegangan harmonisa terbesar pada orde pertama (50 Hz) sebesar 100% dan pada orde ke-11 (550 Hz) sebesar 9,1% di penyulang LIS.

Tabel 2. Frekuensi dan Harmonisa Tegangan Pada Feeder (Penyulang) Pambon

Order	Hz	Mag (%)	Mag (A)	Ang(°)
5	50	100	0	0
5	250	21,0	0	0
7	350	13,05	0	0
11	550	8,98	0	0
13	650	7,1	0	0
17	850	5,64	0	0
19	950	4,81	0	0
23	1150	4,06	0	0
25	1250	3,58	0	0
29	1450	3,11	0	0
31	1550	2,81	0	0
35	1750	2,48	0	0
37	1850	2,27	0	0
41	2460	2,03	0	0
43	2580	1,87	0	0
47	2820	1,68	0	0
49	2940	1,55	0	0

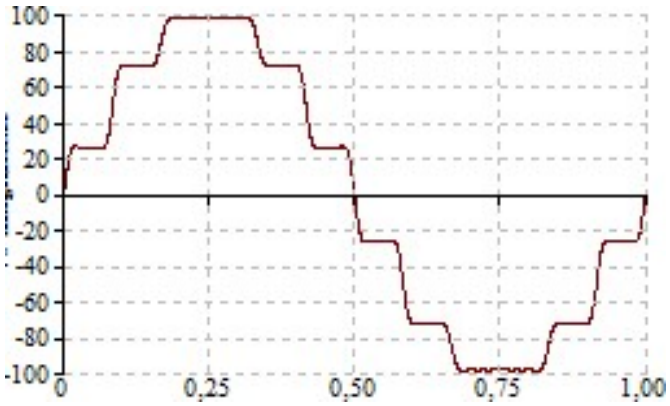


Gambar 2. Harmonisa Tegangan Pada Penyulang Pambon

Nilai distorsi tegangan harmonisa terbesar pada orde pertama (50 Hz) sebesar 100% dan pada orde ke-5 (250 Hz) sebesar 21,0% di penyulang Pambon.

Tabel 3 .Frekuensi dan harmonisa tegangan pada feeder (penyulang) Omya

Order	Hz	Mag (%).	Mag (A)	Ang (°)
1	50	100	0	0
11	550	8,3	0	0
13	650	6,7	0	0
23	1150	2,8	0	0
25	1250	2,3	0	0
35	1750	0,8	0	0
37	1850	0,5	0	0
47	2350	0,2	0	0
49	2450	0,2	0	0

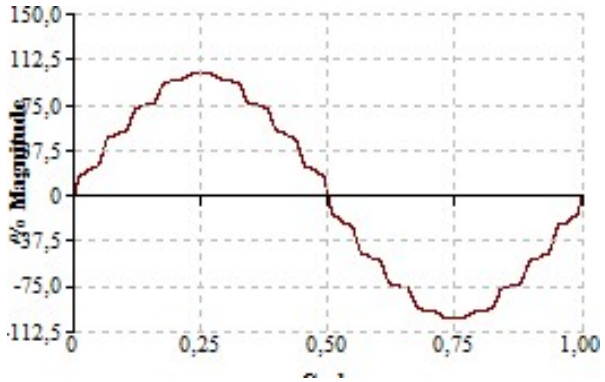


Gambar 3. Harmonisa Tegangan Pada Penyulang Omya

Nilai distorsi tegangan harmonisa terbesar pada orde pertama (50 Hz) sebesar 100% dan pada orde ke-11 (550 Hz) sebesar 8,3% di penyulang Omya.

Tabel 4. Frekuensi dan Harmonisa Tegangan Pada Feeder (Penyulang) Solokuro

Order	Hz	Mag (%)	Mag (A)	Ang (°)
1	50	100	0	0
5	250	2,2	0	0
7	350	1,1	0	0
11	550	0,75	0	0
13	650	0,57	0	0
17	850	3,5	0	0
19	950	2,7	0	0
23	1150	0,2	0	0
25	1250	0,16	0	0
29	1450	0,14	0	0
31	1550	0,12	0	0
35	1750	1,1	0	0
37	1850	1	0	0
41	2460	0,09	0	0
43	2580	0,08	0	0
47	2820	0,08	0	0
49	2940	0,07	0	0

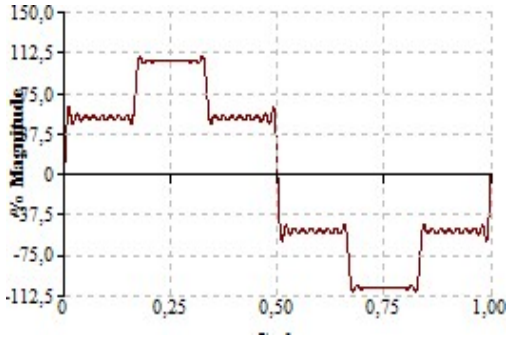


Gambar 4. Harmonisa Tegangan Pada Penyulang Solokuro

Nilai distorsi tegangan harmonisa terbesar pada orde pertama (50 Hz) sebesar 100% dan pada orde ke-5 (250 Hz) sebesar 2,2% di penyulang Solokuro.

Tabel 5. Frekuensi dan Harmonisa Tegangan Pada Feeder (Penyulang) Pantura

Order	Hz	Mag(%)	Mag (A)
1	50	50	0
5	250	20	0
7	350	14,3	0
11	550	9,1	0
13	650	7,7	0
17	850	5,9	0
19	950	5,3	0
23	1150	4,3	0
25	1250	4	0
29	1450	3,4	0
31	1550	3,2	0
35	1750	2,8	0
37	1850	2,7	0
41	2460	2,4	0
43	2580	2,3	0
47	2820	2,1	0
49	2940	2	0



Gambar 5. Harmonisa Tegangan Pada Penyulang Pantura

Nilai distorsi tegangan harmonisa terbesar pada orde pertama (50 Hz) sebesar 100% dan pada orde ke-5 (250 Hz) sebesar 20% di penyulang Pantura.

Pengukuran drop tegangan dengan aplikasi ETAP

1. Feeder Pambon

Persentase 95,7% hasil dari line1 adalah

$20kV \times \frac{99,7}{100} = 19,14\ kV\ \Delta V = 20kV - 19,14\ kV\ \Delta V = 0,86\ kV$

Persentase drop

$\%\ \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100\%\ \ \%\Delta V = \frac{0,86}{20} \times 100\%$

$\%\Delta V = 4,3$

2. Feeder pantura

Persentase 96,1% hasil dari line1 adalah

$20kV \times \frac{96,1}{100} = 19,22kV\ \Delta V = 20kV - 19,22kV \Delta V = 0,78\ kV$

Persentase drop

$\%\Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100\%\ \%\Delta V = \frac{0,78}{20} \times 100\%$

$\%\Delta V = 3,9$

3. Feeder solokuro

Persentase 98,8% hasil dari line2 adalah

$20kV \times \frac{98,8}{100} = 19,76kV\ \Delta V = 20kV - 19,76kV\ \Delta V = 0,24\ kV$

Persentase drop

$\%\Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100\%\ \%\Delta V = \frac{0,24}{20} \times 100\%$

Dari hasil perhitungan drop tegangan pada PLN Rayon Brondong masih memenuhi standart PLN 1 : 1978 kecuali feeder pambon. Penyebab utama terjadinya drop tegangan pada jaringan atau saluran distribusi antara lain karena panjangnya pendistribusian, beban per section dan luas penghantar jaringan menengah (TM). Titik drop tegangan yang buruk adalah titik paling jauh yaitu dari feeder Pambon dengan nilai menggunakan rumus sebesar 11,565% dan program ETAP 12.0 sebesar 7,86% karena panjang jaringan yang berlebihan dan hantaran kabel yang kurang besar sesuai dengan tabel.

Penanganan gangguan Transformator

Menghilangkan gangguan sama sekali dalam suatu sistem tenaga listrik merupakan usaha yang tidak mungkin dapat dilakukan. Oleh karena itu maka usaha yang dapat dilakukan adalah mengurangi akibat kerusakan yang ditimbulkannya. Usaha-usaha yang dapat dilakukan adalah :

1. Mengurangi besarnya arus gangguan.

   Untuk mengurangi arus gangguan dapat dilakukan dengan cara : menghindari konsentrasi pembangkitan (mengurangi short circuit level) menggunakan reaktor dan menggunakan tahanan untuk pentanahan netralnya.
2. Penggunaan lighting arrester dan penentuan tingkat dasar isolasi (BIL) dengan koordinasi isolasi yang tepat.
3. Melepaskan bagian sistem yang terganggu dengan menggunakan circuit breaker dan relaypengaman.

4. Mengurangi akibat pelepasan bagian sistem yang terganggu dengan cara :
   a. Penggunaan jenis relay yang tepat dan penyetelan relay yang selektif agar bagian yang terlepas sekecil mungkin.
   b. Penggunaan saluran double.
   c. Penggunaan automatic reclosing.
   d. Penggunaan sectionalizer pada JTM.
   e. Penggunaan spindle pada JTM atau setidak-tidaknya ada titik pertemuan antar saluran sehingga ketika ada kerusakan atau pemeliharaan tersedia alternative supply untuk maneuver.
   f. Penggunaan peralatan cadangan.
   g. Penggunaan pola load shedding dan sistem splitting untuk mengurangi akibat kehilangan pembangkit.
   h. Penggunaan relay dan circuit breaker yang cepat dan AVR dengan response yang cepat pula untuk menghindari atau mengurangi kemungkinan gangguan instability (lepas sinkron).

Penanganan Kerusakan

Untuk penanganan gangguan trafo distribusi di PT.Krakatau Tirta Industri (*Water Solution*) trafo yang rusak langsung diganti dengan trafo baru atau diganti dengan trafo semi permanen dari PT.Krakatau Tirta Industri (*Water Solution*) karena tidak adanya teknisi khusus untuk menangani kerusakan trafo distribusi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa dalam perawatan trafo distribusi 20 Kv di PT. Karkatau Tirta Industri dengan pengukuran yang telah dianalisa tahanan isolasi dengan Mega Ohm Meter (megger tester) 500/1000 V hanya ada satu trafo yang kumparanya bocor yaitu pada trafo nomor 7 yang ada di tabel dalam 9 sampel yang diambil. Mengukur keandalan daya dengan menentukan frekwensi sistem dengan menggunakan program ETAP 12.6.0, dalam data (F= 50Hz), data kesetabilan tegangan hanya pada feeder Pambon dan Solokuro yang nilai Harmonisnya paling rendah, dari hasil perhitungan drop tegangan pada PLN memenuhi standart PLN kecuali feeder pambon. Pada penanganan gangguan dan kerusakan 20 Kv di PT. Krakatau Tirta Industri telah memenuhi kualitas daya (*power quality*) karena pada penanganan gangguan telah memenuhi Standar Operasional Prosedur PLN. Kerusakan pada trafo, PT. Krakatau Tirta Industri langsung mengganti dengan trafo yang baru ataun diganti dengan trafo mobil (semipermanen).

Saran

Saran untuk penelitian ini, terdapat permasalahan terkait panjang jaringan yang berlebihan dan hantaran kabel yang kurang besar. Untuk mengatasi hal ini, dapat dilakukan perhitungan ulang menggunakan rumus yang lebih tepat dan program ETAP yang lebih mutakhir. Selain itu, penanganan gangguan transformator juga menjadi fokus utama. Beberapa usaha yang dapat dilakukan antara lain mengurangi besarnya arus gangguan, penggunaan lightning arrester, penentuan tingkat dasar isolasi (BIL) dengan koordinasi isolasi yang tepat, melepaskan bagian sistem yang terganggu dengan menggunakan circuit breaker dan relay pengaman, serta mengurangi akibat pelepasan bagian sistem yang terganggu dengan berbagai cara seperti penggunaan jenis relay yang tepat, saluran double, automatic reclosing, dan lain sebagainya. Selain itu, penanganan kerusakan trafo distribusi juga perlu diperhatikan, di mana trafo yang rusak sebaiknya langsung diganti dengan trafo baru atau semi permanen. Serta, perlu dipertimbangkan adanya teknisi khusus untuk menangani permasalahan tersebut

DAFTAR REFERENSI

Abidin, Z., & Mubarok, A. S. (2021). Analisis Perawatan Dan Penanganan Gangguan Pada Trafo Distribusi 20 KV Di PT. PLN (Persero) Lamongan Rayon Brondong Berbasis Tinjauan Power Quality. *Informatics, Electrical and Electronics Engineering (Infotron)*, *1*(1), 12-23.

Ade Setiawan. 13 January 2011. *distribusi frekwensi*. Dunialistrik.blogspot.com.

Aprianto, Agung, dkk. (2010). Pemeliharaan Transformator. Jurnal teknik, Vol. 20 No.1

Aribowo, Didik, Wiryadinata, Romi dan YH. Daniel A. (2014). Care And Maintenance System Generator Transformer 20KV-150KV. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol 8 No 1.

Bachtiar yusuf effendi. Juni 2017. *Analisis drop tegangan pada PT. PLN (persero) unit Brondong*. Tugasakhir fakultas Teknik Elektro Universitas Islam Lamongan.

Chapman, S. J. (2005). Electric Machinery Fundamentals Fourth Edition. United States: Elizabeth A. Jones. Puntoko. 2008. Modul Trainning Transformator. Banten: Krakatau Daya Listrik.

Daman Suswanto. *Analisis gangguan pada jaringan distribusi*. Jurnal Sistem Distribusi Tenaga Listrik.

H. Sugiarto 2013. *Kajian Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik di Gedung.* Jurnal Penelitian.

Hadi, abdul. 1991. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga

Hanif Guntoro. 14 Januari 2009. *Perawatan Dan Pemantauan Kondisi Transformator.* Artikel blogdunia listrik.

Hanif guntoro. 18 september 2008. *Keandalan dan kualitas listrik*. Artikel blog dunia listrik.

Heryadik Simatupang. 2014. *Pemeliharaan Transformator.* Makalah Transformator. Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negri Medan.

Prayogo, J. A., & Mufit, C. 2023. Analisis Perawatan Berkala Trafo Distribusi 800 kVA pada Rumah Sakit X Kota Tangerang. *Elektrika*, *15*(1), 45-48.

Riqi Riyadi. 04 Desember 2013. *Analisa Gangguan Gardu Trafo Tiang Pada PT. PLN (Persero) AreaTernate.* Jurnal penelitian.

Roy Hakim Peranginangin. 2009 *studi analisis pengaruh harmonisa terhadaptransformator distribusi.* Universitas Sumatra Utara.

Sumanto. (1991). Teori Transformator. Yogyakarta: Andi Offset.

Tim PT PLN. (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. Jakarta: PT PLN (PERSERO).

Yovi Muhammad casimy. *Analisis kerusakan dan pemeliharaan Transformator di gardu induk pauhlimo Padang.* PLN (persero) Padang.