

Analisis Mengatasi Overblas Pada Gardu KA0929 Penyulang Dalung Dengan Metode Uprating Trafo PT.PLN (Persero) ULP Mengwi

I Gd Kurnia Dwi Utama¹

¹ Universitas Pendidikan Nasional; Jl. Bedugul No.39, Sidakarya, Denpasar Selatan, Kota

Denpasar, Bali, (0361) 723868 ¹ Jurusan Elektro, Universitas

Pendidikan Nasional, Denpasar

e-mail: ¹kdede6605@gmail.com

Abstrak

Dalam pendistribusian tenaga Listrik, transformator sering mengalami beban lebih. Beban lebih pada transformator bisa mengakibatkan overblast. Batas aman pembebanan transformator gardu Listrik yaitu 80% dari kapasitas trafo. PT. PLN (Persero) ULP Mengwi mengindikasikan beban pada gardu KA0929 mencapai overload. Transformator yang terpasang berkapasitas 160 KVA. Penelitian ini dilakukan untuk analisis mengatasi overblast pada gardu KA0929 penyulang Dalung dengan metode Uprating Trafo PT.PLN ULP Mengwi. Metode pengambilan data dilakukan dengan peralatan ukur, observasi, wawancara, serta studi literatur. Hasil analisis menunjukkan setelah diuprating transformator tidak mengalami gangguan dan transformator tersebut berguna untuk menurunkan kapasitas transformator overblast dan menurunkan suhu panas pada trafo tersebut, sehingga kualitas penyaluran energi listrik tetap baik dan meningkatkan pelayanan kepada para pelanggan

Kata Kunci : Transformator, Overblast, Metode Uprating Trafo

Abstract

In the distribution of electrical power, transformers often experience overload. This overload can result in overblast. The safe limit for transformer loading in an electrical substation is 80% of the transformer capacity. PT. PLN (Persero) ULP Mengwi indicated that the load at substation KA0929 had reached overload. The installed transformer has a capacity of 160 kVA. This study analyzed how to overcome overblast at substation KA0929, the Dalung feeder, using the PT. PLN ULP Mengwi Transformer Uprating method. Data collection methods used measuring equipment, observation, interviews, and literature review. The analysis showed that after the uprating, the transformer did not experience any problems. The transformer was useful in reducing the overblast capacity and reducing the temperature of the transformer, thus maintaining good electrical energy distribution quality and improving customer service.

Keywords: Transformer, Overblast, Transformer Uprating Method

1. PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik bagi masyarakat dan perkembangan jumlah penduduk dimana PT.PLN (Persero) melakukan peningkatan penyaluran energi listrik dimana dalam proses distribusi transformator merupakan alat yang digunakan untuk mentransformasikan tegangan dari sistem transmisi sampai ke pelanggan. Sistem distribusi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik, dari saluran transmisi tegangan diturunkan menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada Gardu Induk (GI) distribusi, kemudian dengan

sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dalam pendistribusian tenaga listrik, transformator sering mengalami beban lebih. Beban lebih terjadi dikarenakan berkembangnya jumlah pelanggan dan kebutuhan listrik yang bertambah. Beban berlebih ini mengakibatkan beban pada transformator akan bertambah sehingga transformator akan mengalami overblast yang berakibat transformator bisa meledak karena beban yang dipikul melebihi batas kemampuan. Terkait dengan transformator itu sendiri, dalam operasi penyaluran tenaga Listrik, transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini transformator diharapkan dapat beroperasi secara baik dan benar. PT.PLN (Pesero) dalam penanganan atau pencegahannya dilakukan dengan uprating transformator. Hal tersebut dilakukan agar transformator tidak mengalami gangguan dan berguna untuk menurunkan kapasitas transformator overblast serta menurunkan suhu panas pada trafo tersebut, sehingga kualitas penyaluran energi listrik tetap baik dan meningkatkan pelayanan kepada para pelanggan. PT.PLN (Pesero) telah menentukan secara teknis, batas aman beban yaitu 80% dari kapasitas trafo. Transformator yang terpasang berkapasitas 160 KVA. PT.PLN (Pesero) ULP Mengwi mengantisipasi persentase beban tersebut karena sudah mendekati batas beban yang ditentukan.

2. METODE

Dalam penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui observasi langsung pada PT.PLN (Pesero) ULP Mengwi, wawancara dengan petugas teknisi PLN ULP Mengwi, serta pengukuran arus dan tegangan pada Gardu distribusi KA0929. Penulis juga melakukan studi literatur dari buku dan sumber elektronik yang relevan. Metode Pengambilan data dilakukan secara manual dengan peralatan khusus yang di damping oleh pegawai PLN ULP Mengwi sebelum dan sesudah penanganan transformator overblast pada gardu KA 0929.

Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan perhitungan persentase pembebanan transformator menggunakan rumus persentase pembebanan dari buku Frank D.Petruzella. Adapun rumus yang digunakan meliputi;

$$I \text{ rata - rata} = \frac{IR+IS+IT}{3}$$

Keterangan:

IR = Arus rata – rata

IS = Arus pada fasa R

IT = Arus pada fasa S

$$V \text{ rata - rata} = \frac{VRS+VST+VTR}{3}$$

Keterangan:

VRS = Tegangan fasa R - S

VST = Tegangan fasa S - T

VTR = Tegangan fasa T - R

$$\% \text{ pembebanan transformator} = \frac{V \times I \times \sqrt{3}}{\text{daya transformator (VA)}}$$

Keterangan:

V= Tegangan fasa – fasa (V)

I = Arus rata – rata (A)

Metode Analisa Penelitian

Data dari PT.PLN (Persero) ULP Mengwi telah didapatkan, dilakukan Analisa data dengan beberapa persamaan diantaranya perhitungan rating transformator, dan arus total. Perhitungan rating transformator dengan rumus;

$$\frac{KV \cdot A \text{ Beban (kVA)}}{0,8}$$

Rating Transformator =

Arus total menggunakan persamaan sebagai berikut;

$$\frac{IR+IS+IT}{3}$$

Irata-rata =

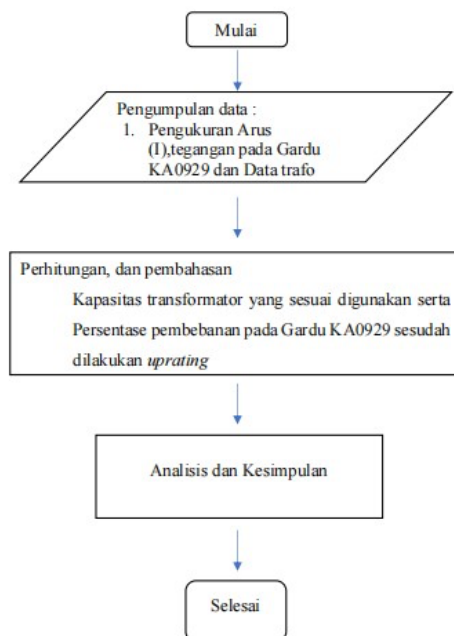
Keterangan:

IR = Arus di fasa R (A)

IS = Arus di fasa S (A)

IT = Arus di fasa T (A)

Tahapan Penelitian



Gambar 1. Diagram alir tahap penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Teknis Objek Penelitian Gambaran Secara Umum Penyulang Dalung

Penyulang dalung merupakan jalur distribusi Listrik di bawah PT.PLN (Persero) ULP Mengwi yang di suplay oleh gardu induk kapal. Salah satu transformator yang berada di Penyulang Dalung yaitu transformator gardu KA 0929 yang berlokasi di Jalan Raya Padang Luwih, Dalung, Kecamatan Kita Utara, Kabupaten Badung.

maksimal pembebanan sebuah transformator oleh PT. PLN (persero) Distribusi Bali dibatasi nilai persentasenya tidak boleh lebih dari 80%.

Tabel 1. Data teknis transformator sebelum uprating pada Gardu KA0929

No	Uraian	Spesifikasi
1	Merek	Sintra
2	Standar	IEC 76/SPLN-50
3	Frekuensi	50 Hz
4	Jumlah Fase	3
5	Nomer Seri	023486
6	Tahun Pembuatan	2003
7	Daya Nominal	160 kva
8	Type vektor hubungan	Yzn5
9	Tegangan primer	20000 Volt
10	Tegangan sekunder	400 Volt
11	Arus primer	4.61 Amp
12	Arus sekunder	230.94 Amp
13	Impedansi	4.00%
14	Pendinginan	ONAN
15	Berat total	780 Kg
16	Volume minyak	200 Liter

Data teknis transformator di atas menunjukkan bahwa Gardu Distribusi KA0929 bermerek Sintra yang berdaya 160 kVA. Pada *nameplate* ini ditunjukkan bahwa spesifikasi pendingin pada transformator tersebut yaitu ONAN (Oil Natural Air Natural) yang artinya O adalah cairan isolasi (minyak mineral), N adalah proses aliran konveksi terjadi secara alami (natural) cairan isolasi bersirkulasi secara alami melalui peralatan pendingin dan belitan pada transformator, A adalah udara (air), N adalah konveksi alami (natural). Pada tipe ini udara dan oil akan bersirkulasi dengan alami, perputaran oil akan dipengaruhi oleh suhu dari oil tersebut.

Pengukuran Sebelum Uprating

Pada penelitian ini, penulis melakukan observasi ke lapangan untuk melakukan pengukuran, pengamatan dan pencatatan data-data yang diperlukan. Adapun data-data yang diperlukan untuk mengetahui besar beban transformator yaitu arus induk masing-masing fasa dan netral (IR, IS, IT, IN) dan tegangan induk yang dilakukan pada LV Board, penulis juga melakukan pengukuran pada arus jurusan. Pembebanan transformator pada Waktu Beban Puncak (WBP) yaitu pada pukul 19.00-22.00 dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) yaitu pada pukul 09.00-16.00. Berikut merupakan data pembebanan sebelum uprating

Tabel 2. Data hasil pengukuran Arus Induk dan Tegangan Induk (LWBP) sebelum uprating

Tanggal	Jam	Arus Induk (Ampere)				Tegangan Induk (Volt)					
						Fasa - Fasa			Fasa – Netral		
		R	S	T	N	RS	RT	ST	RN	SN	TN
09/01/2025	12.16	251	240	246	59	400	403	399	232	236	230
10/01/2025	12.00	262	252	244	55	402	400	398	233	238	234
11/01/2025	12.10	259	252	240	55	397	401	390	235	230	230
12/01/2025	12.08	243	253	258	58	398	399	400	232	236	230
13/01/2025	12.11	257	254	245	59	398	396	402	230	240	239
14/01/2025	12.00	253	260	242	56	405	390	400	225	239	247
15/01/2025	12.25	252	259	257	58	397	405	404	230	234	235
Rata – rata		253	252	247	57	399	399	399	231	236	235

Tabel 3. Data hasil pengukuran Arus Jurusan (LWBP) sebelum uprating

Tanggal	Jam	Arus Jurusan (Ampere)											
		Jurusan A				Jurusan B				Jurusan C			
		R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N
09/01/2025	12.16	82	76	83	15	97	81	81	21	97	85	83	24
10/01/2025	12.00	89	89	88	19	90	77	70	19	84	87	89	19
11/01/2025	12.10	90	80	79	17	88	89	81	20	81	83	80	19
12/01/2025	12.08	74	87	91	20	80	79	95	20	91	87	73	21
13/01/2025	12.11	83	88	79	25	79	84	78	20	98	82	88	17
14/01/2025	12.00	77	90	71	20	85	77	81	15	92	93	91	19
15/01/2025	12.25	80	83	80	16	81	89	83	20	94	89	95	25

Tabel 4. Data hasil pengukuran Arus Induk dan Tegangan Induk (WBP) sebelum uprating

Tanggal	Jam	Arus Induk (Ampere)				Tegangan Induk (Volt)					
						Fasa - Fasa			Fasa – Netral		
		R	S	T	N	RS	RT	ST	RN	SN	TN
09/01/2025	19.10	258	262	254	67	398	390	393	228	233	229
10/01/2025	19.20	258	264	261	63	404	394	386	228	238	226
11/01/2025	19.05	260	259	253	60	400	409	390	224	231	278
12/01/2025	19.05	255	251	253	59	401	391	394	230	268	226
13/01/2025	19.08	258	252	245	58	398	403	405	236	238	233
14/01/2025	19.15	252	260	259	70	392	395	402	236	238	239
15/01/2025	19.30	258	257	257	61	388	402	399	237	231	238
Rata – rata		257	256	254	62	397	397	395	231	238	238

Tabel 5. Data hasil pengukuran Arus Jurusan (WBP) sebelum uprating

Tanggal	Jam	Arus Jurusan (Ampere)											
		Jurusan A				Jurusan B				Jurusan C			
		R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N
09/01/2025	19.10	84	92	75	25	71	79	88	22	105	92	95	22
10/01/2025	19.20	80	77	87	20	90	98	98	24	89	81	81	22
11/01/2025	19.05	79	84	86	28	96	92	82	17	87	89	86	16
12/01/2025	19.05	77	76	86	21	89	80	79	23	93	95	90	26
13/01/2025	19.08	76	80	72	17	89	85	88	31	95	91	90	20
14/01/2025	19.15	80	89	78	25	79	82	75	21	95	91	106	26
15/01/2025	19.30	91	93	79	21	89	86	84	20	81	84	97	22

Berdasarkan hasil pengukuran arus induk, arus jurusan dan tegangan induk di transformator Gardu Distribusi KA0929 Penyulang Dalung. Penulis akan menghitung presentase pembebanan transformator sesuai dengan data dari PT.PLN (Persero) ULP Mengwi. tabel 2 dan tabel 4 sebagai berikut:

Perhitungan sebelum uprating pada saat siang hari (LWBP)

$$\frac{253+252+247}{3} = 250,66 \text{ A}$$

Perhitungan sebelum uprating pada saat malam hari (WBP)

$$\frac{257+256+244}{3} = 255,66 \text{ A}$$

Dari hasil pengukuran yang didapat, maka penulis akan menghitung pembebanan transformator pada Gardu Distribusi KA0929 sebagai berikut:

$$S = 400 \times \sqrt{3} \times \text{Arus beban}$$

Pada luar beban puncak (LWBP)

$$\begin{aligned} S &= 400 \times \sqrt{3} \times 250,66 \\ &= 173.456,72 \text{ VA} \\ &= 173.456,72 = 173.46 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Pada waktu beban puncak (WBP)

$$\begin{aligned} S &= 400 \times \sqrt{3} \times 255.66 \\ &= 176.916,72 \text{ VA} \\ &= 176,91672 = 176.92 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Persentase pembebanan transformator gardu distribusi KA0929 sebagai berikut:

Waktu luar beban puncak (LWBP)

$$\frac{173,45}{160 \text{ KVA}} \times 100\%$$

$$= 108,4\%$$

Waktu beban puncak (WBP)

$$\frac{176,92}{160 \text{ KVA}} \times 100\%$$

$$= 110,6\%$$

Tabel 6. Pembebanan Transformator Sebelum Uprating

Waktu	Kva	Persentase
LWBP	173,46	108,4
WBP	176,92	110,6

Terlihat bahwa persentase pembebanan traformator distribusi pada gardu KA 0929 sebelum uprating saat LWBP dan WBP melebihi 100%. Menurut PT.PLN (persero)ULP Mengwi pembebanan trafo diatas 100% dapat dikatakan sebagai overload.

Pemilihan kapasitas transformator (KVA) pada Gardu Distribusi didasarkan pada beban yang akan dilayani. diusahakan persentase pembebanan transformator distribusi dibawah 80%.

$$\text{Kapasitas trafo} = \frac{176 \times 80\%}{0,8} = 220 \text{ kVA}$$

Karena tidak ada transformator 220 kVA maka pihak PLN (Persero) ULP Mengwi memakai transformator 250 kVA.

Data Teknis Tranformator Setelah Uprating

Tabel 7. Data Teknis Transformator setelah uprating pada gardu KA0929

No	Uraian	Spesifikasi
1	Merek	Maxima
2	Standar	SPLN D3.002-1:2020
3	Frekuensi	50 Hz
4	Jumlah Fase	3
5	Nomer Seri	220490058-P
6	Tahun Pembuatan	2020
7	Daya Nominal	250 KVA
8	Type vektor hubungan	Dyn5
9	Tegangan primer	20000 Volt
10	Tegangan sekunder	400 Volt
11	Arus primer	7.22Amp
12	Arus sekunder	360.84 Amp
13	Impedansi	4.00%
14	Pendinginan	ONAN
15	Berat total	1379 Kg
16	Volume minyak	295 Liter

Dari data teknis transformator di atas menunjukkan bahwa Gardu Distribusi KA 0929 bermerek maxima yang berdaya 250 KVA. Pada tipe ini udara dan *oil* akan bersirkulasi dengan alami, perputaran *oil* akan dipengaruhi oleh suhu dari *oil* tersebut.vektor hubungan pada transformator KA 0929 yaitu Dyn5 yang dimana berarti D (hubungan delta pada sisi primer), Y (hubungan

bintang pada sisi sekunder dan angka 5 (menunjukkan bahwa arus pada kumparan primer dengan kumparan sekunder memiliki perbedaan sudut fasa sebesar 150°.

Pengukuran setelah uprating

Tabel 8. Data hasil pengukuran Arus Induk dan Tegangan Induk (LWBP) setelah uprating

Tanggal	Jam	Arus Induk (Ampere)				Tegangan Induk (Volt)					
						Fasa - Fasa			Fasa – Netral		
		R	S	T	N	RS	RT	ST	RN	SN	TN
16/02/2025	12.00	253	245	241	60	402	400	398	230	235	231
17/02/2025	12.08	260	252	244	55	400	401	399	233	238	235
18/02/2025	12.15	255	252	240	55	398	401	390	235	230	231
19/02/2025	12.05	245	253	258	58	400	399	400	230	236	230
20/02/2025	12.20	258	254	245	59	398	396	400	230	240	238
21/02/2025	12.00	254	260	242	56	405	390	400	225	239	245
22/02/2025	12.15	253	259	257	60	397	405	403	231	230	233
Rata – rata		254	253	246	57	400	398	398	230	235	234

Tabel 9. Data hasil pengukuran Arus Jurusan (LWBP) setelah uprating

Tanggal	Jam	Arus Jurusan (Ampere)											
		Jurusan A				Jurusan B				Jurusan C			
		R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N
16/02/2025	12.00	80	76	77	15	95	82	81	25	99	87	83	20
17/02/2025	12.08	86	89	87	19	90	77	70	17	84	87	89	20
18/02/2025	12.15	86	80	79	17	88	89	81	20	81	83	80	18
19/02/2025	12.05	74	87	91	20	80	79	95	19	91	87	73	20
20/02/2025	12.20	81	88	79	25	79	84	77	20	98	82	89	16
21/02/2025	12.00	77	90	71	20	85	77	81	15	92	93	91	18
22/02/2025	12.15	78	85	80	16	81	89	83	22	94	86	95	23

Tabel 10. Data hasil pengukuran Arus induk dan Tegangan induk (WBP) setelah uprating

Tanggal	Jam	Arus Induk (Ampere)				Tegangan Induk (Volt)					
						Fasa - Fasa			Fasa – Netral		
		R	S	T	N	RS	RT	ST	RN	SN	TN
16/02/2025	19.00	256	260	254	68	399	391	390	226	232	227
17/02/2025	19.05	257	254	261	65	400	395	388	225	236	222
18/02/2025	19.15	261	259	254	60	400	408	390	220	231	275
19/02/2025	19.00	255	251	253	70	400	391	395	230	268	226
20/02/2025	19.07	258	254	245	59	398	400	405	235	238	230
21/02/2025	19.00	254	260	259	70	390	395	405	233	228	239
22/02/2025	19.05	260	259	257	59	386	400	398	236	230	233
Rata-rata		257	256	254	64	396	397	395	229	237	236

Tabel 11. Data hasil pengukuran Arus Jurusan (WBP) setelah uprating

Tanggal	Jam	Arus Jurusan (Ampere)											
		Jurusan A				Jurusan B				Jurusan C			
		R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N
16/02/2025	19.00	83	84	71	25	70	77	88	20	103	99	95	23
17/02/2025	19.05	80	79	85	20	90	95	98	25	89	81	78	20
18/02/2025	19.15	77	81	86	29	97	92	82	17	87	86	86	15
19/02/2025	19.00	78	76	86	21	84	80	79	23	93	95	90	26
20/02/2025	19.07	75	80	72	17	89	85	88	31	95	91	90	20
21/02/2025	19.00	80	90	78	25	79	80	75	20	95	91	106	25
22/02/2025	19.05	89	91	79	16	90	88	81	20	81	81	99	25

Berdasarkan hasil pengukuran arus induk, arus jurusan dan tegangan induk di transformator Gardu Distribusi KA0929 Penyulang Dalung, Penulis akan menghitung presentase pembebanan transformator sesuai dengan data dari PT.PLN (Persero) ULP Mengwi tabel 8 dan tabel 10 sebagai berikut:

Perhitungan setelah uprating pada saat siang hari (LWBP)

$$\frac{254+253+246}{3} = 251 \text{ A}$$

Perhitungan setelah uprating pada saat malam hari (WBP)

$$\frac{257+256+254}{3} = 255,66 \text{ A}$$

Dari hasil pengukuran yang didapat, maka penulis akan menghitung pembebanan transformator pada Gardu Distribusi KA0929 sebagai berikut:

$$S = 400 \times \sqrt{3} \times \text{Arus beban}$$

Pada luar beban puncak (LWBP)

$$\begin{aligned} S &= 400 \times \sqrt{3} \times 251 \\ &= 173.692 \text{ VA} \\ &= 173.62 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Pada waktu beban puncak (WBP)

$$\begin{aligned} S &= 400 \times \sqrt{3} \times 255.66 \\ &= 176.916,72 \text{ VA} \\ &= 176,91672 = 176.92 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Persentase pembebanan transformator gardu distribusi KA0929 sebagai berikut:

Waktu luar beban puncak (LWBP)

$$\begin{aligned} &\frac{173,62}{250 \text{ kVA}} \times 100\% \\ &= 69,4\% \end{aligned}$$

Waktu beban puncak (WBP)

$$\begin{aligned} &\frac{176,92}{250 \text{ kVA}} \times 100\% \\ &= 70,4\% \end{aligned}$$

Tabel 12. Pembebanan Transformator Setelah Upgrading

Waktu	Kva	Persentase
LWBP	173,62	69,4
WBP	176,92	70,4

persentase pembebanan traformator distribusi pada gardu KA 0929 setelah upgrading saat LWBP dan WBP dibawah 80% yaitu 69,4% untuk LWBP dan 70,4% untuk WBP. Menurut PT.PLN (persero)ULP Mengwi pembebanan transformator setelah diuprating dinyatakan telah memenuhi ketentuan PT PLN (Persero) ULP Mengwi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat di simpulkan bahwa:

1. Presentase pembebanan pada Gardu Distribusi KA0929 Penyulang Dalung sebelum dilakukan upgrading pada Waktu Beban Puncak (WBP) sebesar 110,6%.
2. Besar kapasitas transformator yang digunakan untuk mengatasi overblast pada Gardu Distribusi KA0929 yaitu 250 kVA
3. Presentase pembebanan transformator pada Gardu Distribusi KA 0929 Penyulang Dalung setelah dilakukan upgrading dengan transformator 250 kVA yaitu: pada Waktu Beban Puncak (WBP) sebesar 70,4% dan pada Waktu Luar Beban Puncak yaitu 69,4%.

Saran

Perlu adanya pengukuran gardu distribusi secara berlanjutan sehingga antisipasi untuk tranformator pada gardu distribusi yang mengalami overblast dapat ditangani secara cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Kadir, Transformator, Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 2010.
- [2] Damam, Drs , Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, 2010.
- [3] Firmansyah . 2012. Sistem Distribusi Daya Listrik .Padang : Politeknik Negeri Padang.
- [4] Edaran Direksi PT PLN (Persero) No: 0017. E/DIR/2014. Metode pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset. Jakarta,2014.
- [5] Frank D.Petruzella,Elektronik Industri,Yogyakarta: Andi,2001.
- [6] Firmansyah . 2012. Sistem Distribusi Daya Listrik .Padang : Politeknik Negeri Padang. Kelompok Bidang Distribusi,SPLN D3.002-1 Spesifikasi Transformator Distribusi. Jakarta: PT.PLN (Persero),2007.
- [7] Sholikin,M. W.Suwarno,S, & Mowaviq,M,I.(2020). ANALISIS PERBAIKAN JATUH TEGANGAN DENGAN METODE UPGRATING PENGHANTAR PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH GARDU DISTRIBUSI GD CTO PT.PLN(Persero) ULP LEMBANG (Doctoral dissertation,IT PLN).
- [8] Siburian, J. (2019). Karakteristik transformator. JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA : JURNAL TEKNIK ELEKTRO,8(01),21-28.
- [9] SPLN No.1.1995.Tegangan-Tegangan Standar. Jakarta : PT.PLN (Persero)
- [10] Sulasno,Instalasi Tenaga Listrik.Semarang: Satya Wacana,1993