



Deteksi Dini Gangguan Transformator Berbasis Manajemen Transformator Untuk Meningkatkan Kinerja Operasi dan Finansial Di PT. PLN ULP Singaraja

I Wayan Sukadana^{1*}, Ketut Dody Darmawan², I Wayan Utama³

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Nasional, Denpasar

³Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Pendidikan Nasional, Deenpasar

E-mail: sukadana@undiknas.ac.id

Informasi Artikel

Diserahkan tanggal:

2 Juni 2021

Direvisi tanggal:

20 Juni 2021

Diterima tanggal:

1 Juli 2021

Dipublikasikan tanggal:

31 Juli 2021

Digital Object Identifier:

10.21063/JTE.2020.31331012



Abstrak

Dalam proses penyaluran tenaga listrik hingga sampai ke konsumen, PLN sering mengalami berbagai macam gangguan. Salah satu gangguan yang sering terjadi yaitu gangguan Transformator Distribusi yang disebabkan oleh beban lebih atau *overload*. Sedangkan menurut surat edaran direksi PT PLN (Persero) No: 0017.E/DIR/2014 menyatakan bahwa persentase pembebanan transformator yang baik adalah dibawah 60%. Faktanya di PLN ULP Singaraja masih ada transformator distribusi yang memiliki beban lebih dari 80%. Kondisi tersebut yang menyebabkan terjadinya gangguan transformator distribusi akibat *overload* sebanyak 12 kali di tahun 2019. Sehingga diperlukan upaya preventif agar kondisi tersebut tidak terulang di tahun 2020 dengan melakukan deteksi dini terhadap gangguan transformator berbasis manajemen transformator serta dampaknya terhadap kinerja operasi dan finansial. Dengan mempertimbangkan kelas aset dan beban trafo diperoleh 3 gardu distribusi yang akan digunakan sebagai objek yaitu gardu distribusi BL268, BL231 dan BR154 dengan beban masing-masing transformator tersebut adalah 99,72%, 109,31% dan 103,48%. Dalam tahap pelaksanaan dilapangan ketiga beban transformator distribusi disesuaikan dengan kapasitasnya melalui pemanfaatan satu transformator distribusi yang diambil dari gudang PLN. Hasil dari pemeliharaan menggunakan manajemen transformator distribusi diperoleh persentase pembebanan BL268 sebesar 50,53%, BL231 sebesar 67,39% dan BR154 sebesar 66,12%. Manfaat dari manajemen transformator distribusi di gardu distribusi BL268, BL231 dan BR154 yaitu dari sisi kinerja operasi dapat menurunkan 80% gangguan transformator dari tahun 2019 dibandingkan tahun 2020. Sedangkan dari sisi finansialnya dapat menghemat biaya pemulihan gangguan (*cost recovery*) sebesar Rp.172.260.060 dan meminimalisasi energi listrik yang tidak tersalurkan (*ENS*) sebesar 43.973 kWh atau setara Rp 64.904.135.

Kata kunci: *Manajemen transformator, overload, kinerja operasi, finansial*

1. PENDAHULUAN

Diera modern seperti saat ini dan didukung perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, listrik merupakan salah satu kebutuhan utama bagi seluruh masyarakat. Hampir disetiap sektor masyarakat membutuhkan energi listrik untuk menjalankan kehidupan sehari-hari. Untuk itu PT PLN (Persero) diharapkan mampu untuk menyediakan dan menyalurkan energi listrik bagi pelanggan dan masyarakat. Akan tetapi masih terdapat beberapa masalah dan kendala yang harus dihadapi di lapangan untuk menjamin kontinuitas dalam hal penyaluran tenaga listrik ke pelanggan dan masyarakat.

Salah satu material utama jaringan distribusi yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik ke pelanggan adalah gardu distribusi. Energi listrik disalurkan melalui gardu distribusi yang di dalamnya terdapat transformator. Transformator sebagai alat untuk menurunkan tegangan listrik dari tegangan menengah 20 kV ke tegangan rendah 230/400 V. Apabila transformator mengalami gangguan maka

menyebabkan terganggunya proses pendistribusian energi listrik ke pelanggan sehingga pemadaman akibat gangguan pun tidak dapat dihindari. Untuk itu PLN memiliki tantangan untuk dapat mengatasi gangguan yang salah satunya adalah gangguan transformator. Berdasarkan data bagian teknik di PT PLN (Persero) ULP Singaraja menunjukkan bahwa penyebab gangguan transformator yang paling sering terjadi adalah disebabkan karena beban lebih (*overload*). Sesuai dengan standar maka pembebanan yang diperbolehkan pada transformator adalah 80% dari kapasitas atau arus nominal (I_n) transformator. Maka PT PLN (Persero) ULP Singaraja membuat rencana kegiatan untuk menurunkan jumlah gangguan transformator di tahun 2020. Berdasarkan data pengukuran gardu tahun 2020 di PT PLN (Persero) ULP Singaraja ada beberapa transformator yang mengalami *overload*, diantaranya berada pada Penyulang Panji yaitu: gardu BL268, BL231 dan BR154. Di mana prosentase pembebanannya adalah 89,02%, 97,1% dan 103,2%. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan beban untuk di wilayah Singaraja cukup tinggi. Sedangkan menurut surat edaran direksi PT PLN (Persero) No: 0017.E/DIR/2014 menyatakan bahwa persentase pembebanan transformator yang baik adalah dibawah 60% (<60%).

Gangguan Transformator yang disebabkan *overload* ini menjadi hal yang penting karena dapat menimbulkan kerugian baik dari transformator itu sendiri, pihak PT PLN (Persero) dan juga pihak pelanggan atau konsumen. Untuk mengurangi kerugian yang terjadi di sisi PLN dan penggunaan transformator itu sendiri maka perlu dilakukan manajemen transformator agar dapat mengurangi pengeluaran biaya pemeliharaan.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini antara lain:

A. Metode Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mengumpulkan referensi yang meliputi penelaahan text book, diktat, internet browsing dan sebagainya yang berhubungan dengan manajemen dan beban transformator serta hasil penelitian sejenis.

B. Metode Observasi

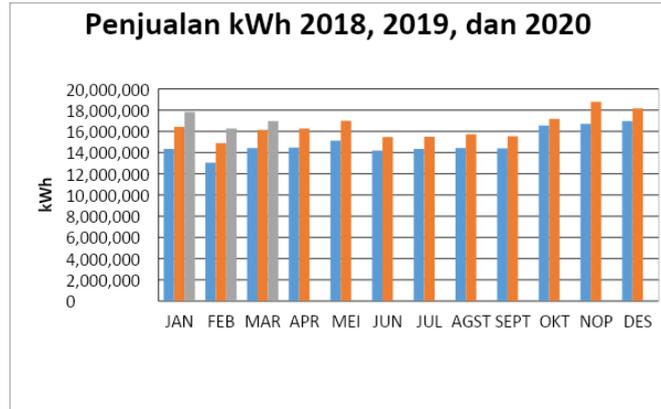
Metode observasi dilakukan untuk mendapatkan data-data real PT. PLN (Persero) ULP Singaraja yang berhubungan dengan Trend pertumbuhan beban dari tahun 2018 sampai tahun 2020, dimana dari tahun ke tahun mengalami kenaikan yang menyebabkan beban transformator distribusi juga mengalami kenaikan sehingga perlu dilakukan manajemen transformator. Trend pertumbuhan beban dari tahun 2018 sampai 2020 dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah.

C. Metode Analisis Data

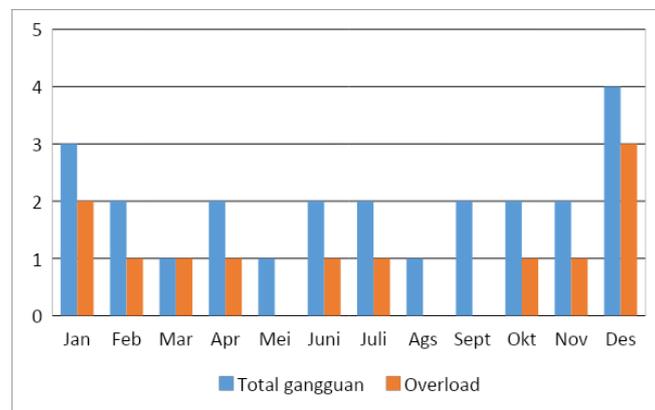
Metode Analisis Data digunakan untuk melakukan analisis data dan pengolahan data berupa jumlah total asset transformator dengan kapasitas beban yang berbeda-beda seperti pada Tabel 1 dan data gangguan tranformator seperti pada Gambar 2.

Tabel 1. Data aset transformator distribusi

No	Kapasitas (KVA)	Jumlah (Unit)	Persentase (%)
1	25	7	1,2
2	50	94	16,6
3	100	232	41,1
4	160	120	21,2
5	200	28	5
6	250	78	13,8
7	315	1	0,2
8	400	3	0,5
9	555	1	0,2
10	630	1	0,2



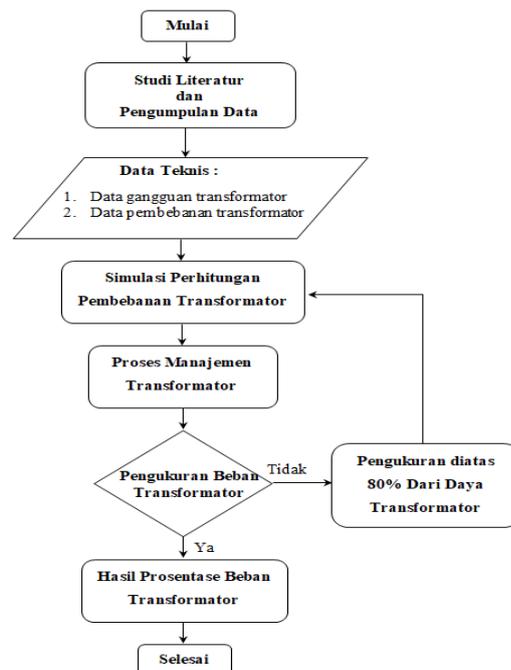
Gambar 1. Grafik pertumbuhan beban



Gambar 2. Grafik data gangguan transformator

D. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. berikut.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gardu distribusi yang merupakan objek dari penelitian ini meliputi gardu BL268, BL231 dan BR154 dimana ditinjau dari historis gangguan yang terjadi di tahun 2018 maka gardu BL268 mengalami gangguan sebanyak 1 kali, BL231 mengalami gangguan 2 kali dan BR154 mengalami gangguan sebanyak 2 kali. Sedangkan tahun 2019 gardu BL268 mengalami gangguan sebanyak 1 kali, gardu BL231 mengalami gangguan sebanyak 1 kali dan BR154 mengalami gangguan sebanyak 2 kali. Sedangkan sesuai hasil pengukuran beban gardu sampai bulan desember 2019 masing-masing adalah gardu BL268 sebesar 99,72%, gardu BL231 sebesar 109,31%, dan gardu BR154 sebesar 103,48%. Berikut ini adalah hasil pengukuran transformator sebelum dilakukan manajemen transformator seperti terlihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Data pengukuran arus gardu BL268

Jurusan	Fasa	Hari I		Hari II		Hari III	
		Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Induk	R	102 A	83 A	98 A	85 A	100 A	78 A
	S	36 A	55 A	45 A	50 A	39 A	58 A
	T	47 A	59 A	48 A	63 A	49 A	60 A
Rata-rata		62 A	66 A	64 A	66 A	63 A	65 A

Tabel 3. Data pengukuran tegangan gardu BL268

Tegangan Transformator (V)	
R-N	222
S-N	227
T-N	223
R-S	400
S-T	396
T-R	398

Tabel 4. Data pengukuran arus gardu BL231

Jurusan	Fasa	Hari I		Hari II		Hari III	
		Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Induk	R	189 A	140 A	180 A	145 A	185 A	148 A
	S	150 A	119 A	152 A	120 A	156 A	116 A
	T	134 A	110 A	125 A	105 A	130 A	102 A
Rata-rata		158 A	123 A	153 A	124 A	157 A	122 A

Tabel 5. Data pengukuran tegangan gardu BL231

Tegangan Transformator (V)	
R-N	227
S-N	229
T-N	229
R-S	399
S-T	401
T-R	396

Tabel 6. Data pengukuran arus gardu BR154

Jurusan	Fasa	Hari I		Hari II		Hari III	
		Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Induk	R	240 A	242 A	238 A	240 A	237 A	238 A
	S	262 A	265 A	260 A	263 A	262 A	263 A
	T	211 A	215 A	209 A	212 A	212 A	214 A
Rata-rata		238 A	241 A	236 A	239 A	237 A	239 A

Tabel 7. Data pengukuran tegangan gardu BR154

Tegangan Transformator (V)	
R-N	228
S-N	229
T-N	228
R-S	400
S-T	399
T-R	397

Setelah dilakukan manajemen pada transformator, diperoleh hasil pengukuran seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 8. Data pengukuran arus gardu BL268

Jurusan	Fasa	Hari I		Hari II		Hari III	
		Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Induk	R	102 A	85 A	101 A	87 A	98 A	80 A
	S	41 A	57 A	43 A	56 A	38 A	54 A
	T	47 A	62 A	45 A	61 A	49 A	60 A
Rata-rata		64 A	68 A	63 A	68 A	62 A	65 A

Tabel 9. Data pengukuran tegangan gardu BL268

Tegangan Transformator (V)	
R-N	224
S-N	229
T-N	225
R-S	397
S-T	400
T-R	395

Tabel 10. Data pengukuran arus gardu BL231

Jurusan	Fasa	Hari I		Hari II		Hari III	
		Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Induk	R	182 A	142 A	181 A	143 A	183 A	141 A
	S	152 A	118 A	154 A	121 A	151 A	119 A
	T	132 A	105 A	134 A	103 A	131 A	104 A
Rata-rata		156 A	122 A	157 A	123 A	155 A	122 A

Tabel 11. Data pengukuran tegangan gardu BL231

Tegangan Transformator (V)	
R-N	228
S-N	227
T-N	229
R-S	396
S-T	398
T-R	400

Tabel 12. Data pengukuran arus gardu BR154

Jurusan	Fasa	Hari I		Hari II		Hari III	
		Siang	Malam	Siang	Malam	Siang	Malam
Induk	R	239 A	240 A	241 A	243 A	236 A	239 A
	S	263 A	267 A	261 A	264 A	260 A	262 A
	T	212 A	215 A	209 A	211 A	207 A	210 A
Rata-rata		238 A	241 A	237 A	240 A	235 A	237 A

Tabel 13. Data pengukuran tegangan gardu BR154

Tegangan Transformator (V)	
R-N	227
S-N	228
T-N	229
R-S	400
S-T	398
T-R	399

Hasil akhir dari manajemen transformator dapat dilihat pada gambar berikut ini.

**Gambar 4.** Diagram alir manajemen transformator

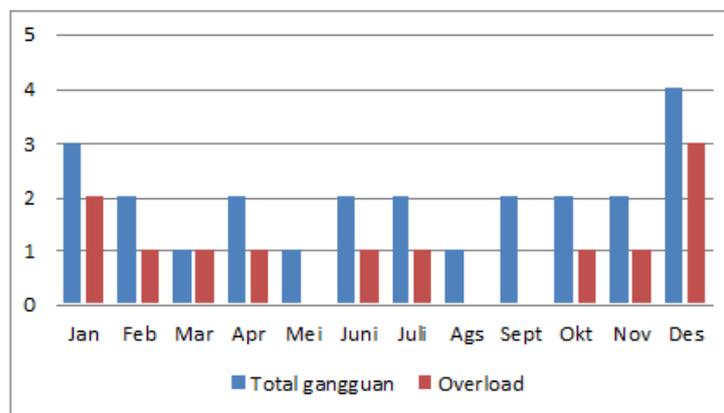
Tahap awal yang dilakukan dalam proses manajemen transformator adalah dengan mengambil transformator daya 250 KVA (*rekondisi*) yang dipasang pada gardu BL268, sedangkan bongkaran trafo BL268 yang dayanya 160 kVA dipasang pada gardu BL231, dan bongkaran gardu BL231 yang dayanya 100 kVA dipasang pada gardu BR154, tahap akhir adalah transformator yang dayanya 50 kVA yang semula di gardu BR154 dikembalikan ke gudang sebagai stock material cadangan. Setelah proses manajemen transformator dilakukan, maka didapatkan hasil sesuai data teknis berikut.

Tabel 14. Data teknis gardu sebelum dan sesudah dilakukan manajemen transformator

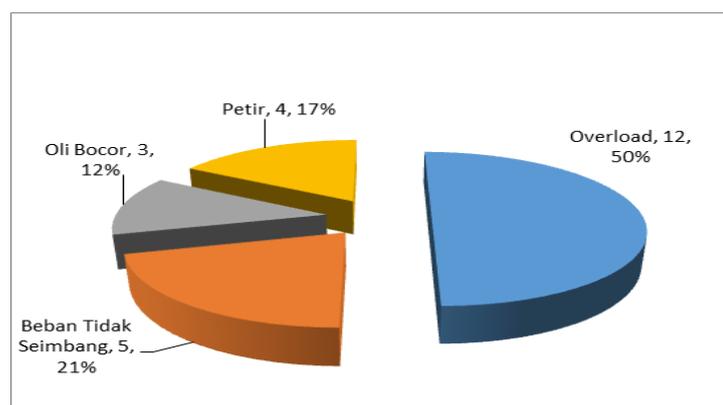
Gardu	Sebelum				Setelah			
	Daya Trafo (kVA)	Pengukuran Beban (A)	Perhitungan Beban Maksimum (A)	Persentase Beban (%)	Daya Trafo (kVA)	Pengukuran Beban (A)	Perhitungan Beban Maksimum (A)	Persentase Beban (%)
BL268	50	66	57,74	99,72	100	68	115,47	50,53
BL231	100	158	115,47	109,31	160	156	184,76	67,39
BR154	160	241	184,76	103,48	250	240	289	66,12

Dampak Terhadap Kinerja Operasi

Setelah dilakukan manajemen transformator maka dapat dilihat jumlah gangguan yang terjadi pada tahun 2020 sebanyak 1 kali yang disebabkan karena adanya sambaran petir (bukan karena beban lebih). Jika dibandingkan dengan gangguan yang terjadi pada tahun 2019 yaitu sebanyak 11 kali yang artinya ada penurunan jumlah gangguan sebesar 10 kali atau sebesar 90,9% sehingga manajemen transformator sangat efektif dilakukan untuk mengurangi terjadinya gangguan akibat beban lebih. Berikut merupakan grafik jumlah gangguan transformator yang terjadi di tahun 2019 dan tahun 2020.



Gambar 5. Grafik jumlah gangguan transformator tahun 2019



Gambar 6. Persentase penyebab gangguan transformator tahun 2019

Grafik diatas menunjukkan bahwa persentase penyebab gangguan transformator yang paling banyak adalah gangguan yang disebabkan karena beban lebih atau *overload* sebesar 50% atau 12 transformator mengalami *overload*. Penyebab gangguan lainnya seperti beban tidak seimbang 21%, petir 17%, dan oli bocor 12%. Gangguan disebabkan karena *overload* hampir selalu terjadi setiap bulannya di tahun 2019.

Kajian Finansial

Manajemen transformator sangat penting dilakukan untuk meningkatkan kinerja operasi dan memberikan tingkat keandalan sistem dalam penyaluran energi listrik. Disamping itu jika dilihat dari sisi finansial maka manajemen transformator memberikan keuntungan finansial bagi PT PLN itu sendiri, Kajian finansial dalam proses manajemen transformator adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Saving} &= (\text{Biaya penggantian trafo rusak} - \text{Biaya Manajemen Transformator}) + (\text{Rp. ENS} \\
 &\quad \text{Gangguan} - \text{Rp. ENS Manajemen Transformator}). \\
 &= (178.928.060 - 6.668.060) + (64.904.134 - 21.634.711) \\
 &= (172.260.000 + 43.269.423) \\
 &= 215.529.423
 \end{aligned}$$

Dengan estimasi atau asumsi sebagai berikut :

1. Umur atau life time dari transformator distribusi yang terbebani diperkirakan selama lima belas tahun.
2. Lama padam pada transformator saat gangguan selama 3 jam sesuai standar KPI SAIDI dan SAIFI.
3. Lama padam transformator saat pemeliharaan selama 1 jam sesuai standar KPI SAIDI dan SAIFI.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan bahwa sebelum dilakukan manajemen transformator diperoleh hasil persentase pembebanan rata-rata di gardu distribusi BL268, BL231 dan BR154 masing-masing sebesar 99,72%, 109,31% dan 103,48%. Sedangkan setelah dilakukan manajemen transformator, presentase pembebanan menjadi 50,53%, 67,39% dan 66,12%. Dan hasil persentase tersebut sudah memenuhi standar yaitu dibawah 80% sesuai Edaran Direksi PT PLN (Persero). Manfaat kegiatan manajemen transformator terhadap kinerja operasi di PT PLN (Persero) ULP Singaraja adalah sangat berdampak positif, dimana tahun 2019 gangguan transformator terjadi sebanyak 11 kali sedangkan di tahun 2020 setelah dilakukan kegiatan manajemen transformator, jumlah gangguan sebanyak 1 kali (turun 90,9%) dan itupun disebabkan oleh gangguan petir. Sementara itu, Manfaat finansial dari manajemen transformator di gardu distribusi BL268, BL231 dan BR154 yaitu penghematan biaya sebesar Rp. 215.529.423 yang terdiri dari penghematan biaya jasa dan material sebesar Rp. 172.260.000 dan rupiah kWh ENS sebesar Rp. 43.269.423

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besar kami ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini terutama kepada Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Pendidikan Nasional Denpasar dan Bapak Lutfi Abdilah selaku PLH Manager PT. PLN (Persero) ULP Singaraja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Slamet Suropto, *Buku Ajar Sistem Tenaga Listrik*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [2] Choirur Rochman, Ontoseno Penangsang, Ni Ketut Aryani, "Manajemen Gangguan Jaringan Distribusi 20 KV Kota Surabaya Berbasis Geographic Information System (GIS) Menggunakan Metode Algoritma Genetika", *Jurnal Teknik Elektro*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, 2015.
- [3] PT. PLN (Persero), *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*, Jakarta Selatan, 2010.

- [4] Yessi Marniati, Amira Fahirahanisa, Evaluasi Penambahan Step Relay Sbef Bay Transformator Daya 60 MVA GI Mariana Palembang Dengan Etap 12.6.0, *Jurnal Teknik Elektro ITP Padang*, 2021.
- [5] Antonov Bactiar, Doni Aprinaldo, Optimasi Penyeimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Terhadap Susut Energi, *Jurnal Teknik Elektro ITP Padang*, 2020 .
- [6] Abdul Kadir, *Transformator*, Jakarta : Universitas Indonesia, 1977.
- [7] Frank D, Petruzella, *Elektronik Industri*, Jakarta: Andi, 2001.
- [8] Drs Yon Rijono, *Dasar Teknik Tenaga Listrik Ed. III*, Yogyakarta: Andi, 1997.
- [9] Koes Indrakoesoema, *Pengaruh Kapasitor Bank Pada Busbar BHA, BHB dan BHC Di Pusat Reaktor Serba Guna GA, Siwabessy*, Jurnal Forum Nuklir (JFN), 2013.
- [10] Adiaktis Wiras Windaru, *Audit Energi Pada Pendistribusian Listrik Di PT. PLN Distribusi APJ X dengan Metode Manajemen Trafo*, ITS, Surabaya, 2011.
- [11] Julius Sentosa Setiadji, *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Trafo Distribusi*, Jurnal Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2006.
- [12] Surat Edaran Direksi PT PLN (Persero) No. 0017.E/DIR/2014, *Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset*, PT PLN (Persero), 2014.