

Sistem Distribusi Listrik pada Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Yenni Arnas¹ Zulina Kurniawati²

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten, Indonesia^{1,2}
Email: zulina.kurniawati@ppicurug.ac.id²

Abstrak

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug (PPI Curug) berlangganan daya dari PLN sebesar 3 Mega Watt. Sejak awal sistem kelistrikan di Kampus PPI Curug diimplementasikan, belum pernah dilakukan penyesuaian-penyesuaian. Penambahan-penambahan sistem distribusi baru tidak melalui perencanaan yang matang, hal ini dapat ditunjukkan dengan data bahwa sampai saat ini masih ada bangunan di PPI Curug yang disuplai tegangan 110 V per phase. Upgrade sistem kelistrikan pada beberapa bangunan yang disuplai tegangan 110 V per fase pernah dilakukan secara perlahan-lahan melalui mekanisme penyesuaian instalasi listrik pada bangunan tersebut, dan belum menyentuh pada sistem distribusinya. Jumlah trafo daya yang banyak ternyata tidak sebanding dengan suplai daya yang ditanggung oleh masing-masing trafo, bahkan secara keseluruhan tidak ada trafo yang terbebani lebih dari 40% dari beban nominalnya. (Salsa, 2019) Pada sisi lain jumlah tagihan langganan daya listrik yang dibayar oleh PPI Curug dari tahun ke tahun mengalami peningkatan.

Kata Kunci: Daya, Distribusi Tagihan, Trafo

Abstract

Indonesian Aviation Polytechnic of Curug (PPI Curug) uses power from PLN of 3 Mega Watts. Since the beginning implementation of the electrical system at the PPI Curug Campus, adjustments have never been made. The additions of a new distribution system did not go through careful planning, this can be shown by the data that until now there are still buildings at PPI Curug which are supplied with a voltage of 110 V per phase. Upgrading the electrical system in several buildings that are supplied with a voltage of 110 V per phase has been carried out slowly through the adjustment mechanism of the electrical installation in these buildings, and has not yet touched on the distribution system. The large number of power transformers turned out to be not proportional to the power supply borne by each transformer, and overall none of the transformers was burdened more than 40% of the nominal load. (Salsa, 2019) On the other hand, the number of electricity subscription bills paid by PPI Curug has increased from year to year.

Keywords: Bill, Distribution, Power, Transformer



This work is licensed under a [Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug (PPI Curug) memiliki luas wilayah 85 Ha dan berlangganan daya jasa listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebesar 3 Mega Watt (MW) yang terbagi dalam 5 incoming. Masing-masing jalur incoming dari PLN tersebut terbagi ke dalam 6 buah Gardu dan didistribusikan melalui 10 tranformator daya yang kemudian menyuplai daya listrik ke beban-beban yang tersebar pada bagunan-bangunan di Kampus PPI Curug. Sejak awal sistem kelistrikan di Kampus PPI Curug diimplementasikan, belum pernah dilakukan penyesuaian-penyesuaian. Penambahan beban atau bangunan baru selalu diikuti dengan membuat jalur distribusi baru yang terpisah dari jalur distribusi listrik yang sudah ada sebelumnya. Proses ini menambah daftar panjang jumlah trafo dan generator set / genset yang dirancang sebagai back-up system apabila terjadi kegagalan suplai daya listrik dari PLN.

Jumlah trafo daya yang banyak ternyata tidak sebanding dengan suplai daya yang ditanggung oleh masing-masing trafo. Salsa, dkk, (2019) menyampaikan bahwa konsumsi daya listrik pada masing-masing trafo distribusi di PPI Curug masih sangat jauh dari kapasitas

nominalnya, bahkan secara keseluruhan tidak ada trafo yang terbebani lebih dari 40% dari beban nominalnya. (Salsabila 2019)

Tabel 1. Konsumsi Daya Listrik Rata-Rata Trafo Distribusi di PPI Curug

No	Gardu	Merk / Daya Trafo	Konsumsi Daya Rata-Rata (%)	Konsumsi Daya Maksimum (%)	Konsumsi Daya Minimum (%)
1	Gardu 1A	Centrado / 630 kVA	23.85	28.14	20.7
		Sintra / 630	22,08	25,96	20.8
2	Gardu 1B	Unindo / 630 kVA			
		Unindo / 500 kVA*	6,14	7.83	3.59
3	Gardu 2	Ocean Vikara / 630 kVA	35.86	38.48	33.47
4	Gardu 5	Trafindo / 250 kVA	2.22	4.19	0
		Rawa Buaya / 160 kVA**	2.36	3.97	1.09
5	Gardu Hangar 1 TPU	Sintra / 1.000 kVA	19.83	23.29	15.84
6	Gardu Simulator	Unindo/ 630 Kva	22.97	24.79	16.78

(Sumber: Penulis, 2019)

Jumlah tagihan langganan daya listrik yang dibayar oleh PPI Curug dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Pada tahun 2019, tagihan langganan daya listrik PPI Curug dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Biaya Langganan Per Bulan pada Tahun 2019 (dalam ribuan)

No	Bulan	Langg. 1 (Rp)	Langg. 2 (Rp)	Langg. 3 (Rp)	Langg. 4 (Rp)	Langg. 5 (Rp)	Langg. 6 (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Jan.	217.055	13.515	61.141	88.474	42.781		
2	Feb.	251.661	11.766	69.262	85.221	64.308		482.22
3	Mar.	251.399	12.731	63.636	82.781	62.534		473.083
4	April	258.76	20.594	53.119	85.051	54.058		471.585
5	Mei	251.277	19.89	81.269	89.418	64.547		506.405
6	Juni	259.456	19.361	72.179	88.954	70.72		510.672
7	Juli	202.389	13.364	57.363	73.778	49.382		396.277
8	Agust.	253.97	27.061	76.72	91.175	74.89		523.817
9	Sept.	198.013	16.382	58.772	80.631	49.509		403.308
10	Okt.	224.109	20.322	69.048	80.366	44.943		438.789
11	Nov.	271.113	18.746	80.366	98.197	54.668	9.16	532.259
12	Des.	251.219	25.158	81.78	88.059	54.326	15.6	516.119
	Jumlah	2890.421	218.89	824.655	1032.1	686.666	24.7	5254.53

(Sumber : Sub Bagian Keuangan dan BMN PPI Curug)

Dari saluran distribusi primer gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke pelanggan konsumen. Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, harus menggunakan tegangan yang setinggi mungkin, dengan menggunakan transformator step-up (Bambang Winardi, Agung Warsito, and Meigy Restanaswari Kartika, 2015). Sistem suplai listrik di kampus PPI Curug masih menjadi masalah yang belum terselesaikan. Penelitian serupa telah banyak dilakukan, namun demikian belum ada yang melakukan penelitian secara mendetil terhadap sebuah kondisi sistem jaringan distribusi sejak dari beban terpasang sampai dengan pengaruhnya pada trafo distribusi dan dampaknya pada pembiayaan/pembayaran rekening listrik setiap bulannya. Penelitian ini diharapkan tidak saja berkontribusi secara ilmu pengetahuan, namun juga diharapkan mampu menggambarkan, menganalisa, dan mengevaluasi kondisi sistem instalasi dan distribusi yang ada di Politeknik Penerbangan Indonesia Curug sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran lebih utuh terhadap kelebihan dan kekurangannya untuk dapat dilakukan

perbaikan-perbaikan dalam rangka efisiensi tanpa mengurangi efektifitas sistem instalasi dan distribusi daya listrik itu sendiri.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kualitatif evaluatif yang akan mendeskripsikan kondisi sistem distribusi dan instalasi di Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, kemudian mengevaluasi berdasarkan standar-standar yang ada.

Lokasi dan Seting Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PPI Curug, dengan cara mendata ulang daya listrik terpasang beserta klasifikasi beban, mengukur konsumsi daya pada masing-masing trafo distribusi, menghitung kembali faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan kapasitas sistem proteksi dan atau trafo distribusi, serta penggunaan standar-standar keselamatan dan kualitas distribusi listrik. Kegiatan penelitian ini akan dilakukan selama 3 bulan mulai bulan Juli sampai dengan September 2021.

Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

1. Mengumpulkan data detil dari seluruh beban yang membutuhkan suplai tenaga listrik di PPI Curug;
2. Mendata dan merekam pengukuran konsumsi daya semua trafo distribusi digunakan sebagai sampel;
3. Data akan diolah di dalam laboratorium / kelas untuk dianalisa dan dihitung nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum dari masing-masing trafo secara statistik.
4. Data hasil statistik dianalisis menggunakan formula yang ada untuk dilihat bagaimana efisiensi trafo
5. Menganalisa dampak efisiensi trafo distribusi terhadap biaya tagihan listrik PPI Curug
6. Menganalisa penyebab inefisiensi trafo daya sebagai mitigasi terhadap rencana perbaikan sistem distribusi listrik di PPI Curug

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan selama dua bulan yaitu bulan Juni dan Juli tahun 2021. Selama bulan juni, peneliti melakukan pendataan beban di setiap gedung PPI Curug. Selama bulan juli, peneliti melakukan pengukuran pada setiap gardu selama seminggu. Untuk pengambilan data menggunakan power quality analyzer dan tang ampere. Pendataan yang dilakukan merupakan jumlah beban terpasang beserta ukuran dari setiap beban. Data yang diukur merupakan data nilai arus sekunder pada transformator dan data tegangan pada transformator. Berikut adalah beberapa contoh data beban terpasang pada yang ada di PPI Curug

1. Gedung Auditorium mendapatkan suplai tenaga listrik dari gardu 1A Trafo B

Tabel 3. Konsumsi Daya Listrik Rata-Rata Trafo Distribusi di PPI Curug

Beban	Total (Ampere)	Beban	Total (Ampere)
Lampu TL 58 W	34.8	AC 20 PK	669.09
Lampu Biasa	8.51	AC 3700 W	16.82
AC 1/2 PK	3.35	Exhaust fan	0.38
AC 1 PK	117.09	Dispenser	1.14
AC 3 PK	40.15	Proyektor	1.23

AC 5 PK	133.82	Speaker	17.72
AC 12 PK	120.44		
Total 1164.54			

2. Gedung Utama mendapatkan suplai tenaga listrik dari Gardu 2

Tabel 4. Data Beban Terpasang di Gedung utama

Beban	Total (Ampere)	Beban	Total (Ampere)
Lampu TL 18 W	2.37	Dispenser	11.36
Lampu TL 36 W	14.56	Printer	99.23
Lampu Biasa	12.98	Magic com	5.45
Lampu LED	0.38	Penghancur Kertas (145 W)	1.98
AC 1/2 PK	28.44	Proyektor	1.23
AC 1 PK	3.35	Microwave	2.27
AC 2 PK	40.12	Speaker	1.36
Exhaust fan	0.27	Scanner	6.73
PC (Komputer)	45.68	Pompa Akuarium	20.4
TV	3.18	Kompur Listrik	20
Kulkas	5.8	Heater	4.54
Total 331.68			

3. Hangar 3 dan 4 dari Gardu 5 Trafo A

Tabel 5. Data Beban Terpasang di Hanggar 3 dan 4

Beban	Total (Ampere)	Beban	Total (Ampere)
Lampu TL 36 W	1.96	AC 2 PK	80.24
Lampu Biasa	0.11	Kompresor 20A	40
Lampu Halogen	54.55		
Total 176.86			

4. Unit Kesehatan dari Gardu 5 Trafo B

Tabel 6. Data Beban Terpasang di Gedung Unit Kesehatan

Beban	Total (Ampere)	Beban	Total (Ampere)
Lampu Biasa	2.89	Dispenser	15.91
TL 18 W	0.57	Printer	6.73
TL 36 W	20.95	Kipas	2
AC 1/2 PK	5.02	Kulkas	1.02
AC 1 PK	53.53	Blower	0.05
TV	0.45	Mesin Cuci	2.27
1 Set Alat LAB	25	Lampu Sorot 50 W	0.23
Komputer	4.09	Pompa 400 W	1.82
Total 142.53			

5. Gedung Simulator dari Gardu Simulator

Tabel 7. Data Beban Terpasang di Gedung Simulator

Beban	Total (Ampere)	Beban	Total (Ampere)
Lampu TL 36 W	60.87	UPS 10KVA	9.09
Lampu Biasa	7.04	Heater	2.27
AC 1 PK	10.04	Microwave	2.27
AC 2 PK	193.9	Halogen 100 W	1.36
AC 3 PK	40.15	AC 30PK	301.09
PC (Komputer)	28.64	Motion (Penggerak Simulator) 70A	70
TV	0.45	Pompa 7,5 KW	34.09

Kulkas	1.02	Pompa 37 KW	168.18
Dispenser	1.14	Pompa 10,8 A	18.8
Printer	10.09	Pompa 400 W	1.82
Proyektor	2.45		
Total 964.76			

6. Hanggar Teknik Pesawat Udara dari Gardu TPU

Tabel 8. Data Beban Terpasang di Hanggar Teknik Pesawat Udara

Beban	Total (Ampere)	Beban	Total (Ampere)
Lampu TL 36 W	150.54	Modul Hidraulic (16 A)	160
Lampu Biasa	12.54	Pompa Hidrolik 3,5 KW	119.318
AC 1 PK	3.34	Pompa 3,7 KW	42.04
AC 2 PK	434.61	Pompa 2,10 KW	59.65
PC (Komputer)	84.54	Pompa 1,5 KW	17.04
Kulkas	0.68	Modul GWS (32 A)	64
Dispenser	4.54	Blower	60
Printer	11.77	Modul Sheet Metal (6A)	6
Wind Tunel (3,7 Kw)	21.022	Modul CNC (26A)	104
Proyektor	1.227	Modul Welding (33 A)	99
Modul Lab Helicopter (10 A)	60		
Total 1515.857			

Pembahasan

Hasil Pengukuran Beban

Pengukuran setiap trafo diambil menggunakan alat *power quality analyzer* setiap seminggu sekali yaitu pada trafo A di gardu 1A, trafo B di gardu 1A, trafo A di gardu 2 (arah GSG), trafo A di gardu 2 (arah Barak), trafo A di Gardu Hanggar TPU, dan trafo A Gardu Simulator. Sedangkan pengukuran pada trafo A dan trafo B di Gardu 5 menggunakan tang ampere. Setelah dilakukan pengukuran pada Power Quality Analyzer, data akan dicatat menggunakan aplikasi Microsoft Excel untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan beban.

Pengolahan Data

1. Persentase beban terpasang dan langganan daya

Berikut ini adalah hasil pembagian beban dari setiap trafo :

Tabel 9. Pembagian Beban Setiap Trafo

No	Pembagian Beban	Total (ampere)	No	Pembagian Beban	Total (ampere)
1	Gardu 1 A Trafo B	3089,01	4	Gardu 5 Trafo B	142.53
2	Gardu 2	2104.91	5	Gardu Simulator	1466.07
3	Gardu 5 Trafo A	176.85	6	Gardu TPU	3860.54
Total 10829,91					

Sedangkan tabel dibawah ini merupakan daya langganan PPI Curug Agustus 2019 :

Tabel 10. Daya Langganan PPI Curug Agustus 2019

No.	ID PEL	Nama K Whmeter	Daya
1	546100475086	STPI CURUG TANGERANG	1040000
2	546202092615	RAST PENDIDIKAN PUSBANG	105000
3	546700462084	STPI CURUG	1040000
4	546202395520	SIMULATOR PESAWAT STPI	630000
5	546202801848	GD ASRAMA REGULER STPI	197000
6	546202092698	ASRAMA RAST PUSBANG SDM	147000

7	546700414673	RUMDIN ALPHA PUSDIKLAT	41500
Total			3.200.500 VA

Jumlah daya listrik langganan PPI Curug sebesar 3.200.500 VA

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3200500}{400 \times \sqrt{3}} = 4619,254 \text{ A}$$

$$I_{\text{beban terpasang}} = 10829,91 \text{ A}$$

$$I_{\text{beban tersedia}} = 4619,254 \text{ A}$$

Persentase beban terpasang

$$= \frac{I_{\text{beban terpasang}}}{I_{\text{beban tersedia}}} \times 100\%$$

$$= \frac{10829,91 \text{ A}}{4619,254 \text{ A}} \times 100\%$$

$$= 2,34 \times 100\% = 234\%$$

2. Analisis Pembebanan pada transformator

Berdasarkan hasil pengukuran dari lapangan yang diambil merupakan arus yang tertinggi selama satu minggu pada masing-masing trafo di setiap gardu. Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan nilai persentase pembebanan pada salah satu trafo yaitu pada Trafo A Gardu Hanggar 1 TPU :

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{172,71 + 206,81 + 214}{3} \quad I_{\text{Rata-rata}} = \frac{593,52}{3} \quad I_{\text{Rata-rata}} = 197,84 \text{ A}$$

Nilai arus beban maksimal :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad I_{FL} = \frac{1.000.000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400} \quad I_{FL} = 1.443,37 \text{ A}$$

Persentase pembebanan transformator :

$$\% \text{ Pembebanan Transformator} = \frac{I_{\text{Rata-rata}}}{I_{FL}} \times 100\% \quad \% \text{ Pembebanan Transformator} = \frac{197,84 \text{ A}}{1.443,37 \text{ A}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Pembebanan Transformator} = \{0,172 + 0,045 + 0,081\} \times 100\% = 13,7\%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh persentase pembebanan menunjukkan nilai persentase pembebanan pada trafo A Gardu Hanggar TPU sebesar 13,7% dari arus beban penuhnya yaitu sebesar 197,74 A. Berikut merupakan nilai persentase pembebanan pada transformator di setiap Gardu :

Tabel 11. Persentase Pembebanan Trafo

Persentase Pembebanan Transformator	Total Arus	Manajemen Trafo Distribusi PLN (maks 80%)
Trafo A Gardu Hanggar TPU	13,7%	197,74 A
Trafo A Gardu Simulator	13,87%	126,124 A
Trafo A Gardu 1A	12,41%	112,84 A
Trafo B Gardu 1A	12,3%	111,84 A
Trafo A Gardu 2 (Barak)	28,52%	909,32 A
Trafo A gardu 2 (GSG)	4,68%	909,32 A
Trafo A Gardu 5	4,51%	360,844 A
Trafo B Gardu 5	8,69%	230,94 A

3. Ketidakseimbangan beban Trafo A Gardu Hanggar TPU

$$a = \frac{I_R}{I_{Rata-rata}} \quad b = \frac{I_S}{I_{Rata-rata}} \quad c = \frac{214}{197,84}$$

$$a = \frac{172,71}{197,84} \quad b = \frac{206,81}{197,84}$$

$$a = 0,873 \quad b = 1,045$$

Persentase Ketidakseimbangan Beban :

$$= \{|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|\} \times 100\%$$

$$= \{|-0,127| + |0,045| + |0,081|\} \times 100\%$$

$$= \{|0,873 - 1| + |1,045 - 1| + |1,081 - 1|\} \times 100\% = \{0,298\} \times 100\% = \{0,298\} \times 100\% = 29,8\%$$

Berdasarkan acuan *Load Reading and Profiling* Persentase Ketidakseimbangan Arus Antar Fasa persentase ini dikategorikan *health index* nya yaitu buruk. Ini mengakibatkan semakin besar ketidakseimbangan beban pada trafo maka arus netral pada penghantar semakin besar

Tabel 12. Acuan Load Reading and Profiling Persentase Ketidakseimbangan Arus Antar Fasa

Karakteristik	Health Index			
	Baik	Cukup	Kurang	Buruk
Ketidakseimbangan Arus Antar Fasa	<10%	10%-<20%	20%-<25%	>=25%

Tabel 13. Persentase Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo PPI Curug

Persentase Ketidakseimbangan Beban	Health Index
Trafo A Gardu Hanggar TPU	29,8% Buruk
Trafo A Gardu Simulator	70,8% Buruk
Trafo A Gardu 1A	47,1% Buruk
Trafo B Gardu 1A	32,9% Buruk
Trafo A Gardu 2 (Barak)	20,7% Kurang
Trafo A gardu 2 (GSG)	180,5% Buruk
Trafo A Gardu 5	27,7% Buruk
Trafo B Gardu 5	182,8% Buruk

4. Analisis Rugi-rugi Daya Pada Penghantar Netral Trafo A Gardu Hanggar TPU

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan arus netral yang diambil merupakan arus netral tertinggi selama pengukuran dalam seminggu dan setelah dirata rata yaitu 0,36 ampere, maka didapatkan nilai rugi-rugi daya pada penghantar netral sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \times R_N \quad P_N = 0,36^2 \times 0,6482 \quad P_N = 0,13 \times 0,6482 \quad P_N = 0,09 \text{ Watt} \quad P_N = 0,09 \times 10^{-3} \text{ kW}$$

Dimana daya aktif Trafo (P) :

$$P = S \times \cos \varphi \quad P = 1000 \times 0,85 \quad P = 850 \text{ kW}$$

$$P_{out} = 106.336,68 \text{ watt} \quad P_{out} = (a + b + c) \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$P_{out} = (0,873 + 1,045 + 1,081) \times 210,850 \times 197,84 \times 0,85$$

Sehingga Persentase *Losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah:

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\%$$

$$\%P_N = \frac{0,09 \times 10^{-3} \text{ kW}}{850 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\%P_N = 0,0105 \times 10^{-6} \%$$

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$Efisiensi = \frac{106,336}{106,336} \times 100\%$$

$$Efisiensi = 100\%$$

$$Efisiensi = \frac{106,336}{106,336 + 0,09 \times 10^{-3}} \times 100\%$$

Tabel 14. Perhitungan Rugi-rugi Daya Trafo PPI Curug

Trafo	I_N (A)	P_N (Kw)	P_N (%)
Trafo A Gardu Hangar TPU	0,36	$0,09 \times 10^{-3}$	$0,0105 \times 10^{-6} \%$
Trafo A Gardu Simulator	0,38	$0,09 \times 10^{-3}$	$0,0168 \times 10^{-6} \%$
Trafo A Gardu 1A	9,74	$6,15 \times 10^{-2}$	$0,011 \times 10^{-3} \%$
Trafo B Gardu 1A	44,60	1,289	$0,24 \times 10^{-3} \%$
Trafo A Gardu 2 (Barak)	60,12	2,343	$0,437 \times 10^{-3} \%$
Trafo A gardu 2 (GSG)	42,57	1,174	$0,219 \times 10^{-3} \%$
Trafo A Gardu 5	8,60	$4,79 \times 10^{-2}$	$0,0225 \times 10^{-3} \%$
Trafo B Gardu 5	12,56	0,102	$0,075 \times 10^{-3} \%$

5. Analisis efisiensi pada transformator Tarfo A Gardu Hanggar TPU

Tabel 15. Persentase Efisiensi Trafo

Persentase Efisiensi Trafo	Nilai (%)
Trafo A Gardu Hangar TPU	100,0
Trafo A Gardu Simulator	100,0
Trafo A Gardu 1A	99,8
Trafo B Gardu 1A	97,9
Trafo A Gardu 2 (Barak)	98,3
Trafo A gardu 2 (GSG)	95,1
Trafo A Gardu 5	99,4
Trafo B Gardu 5	99,0

6. Perhitungan biaya tagihan listrik denga beban terpasang

Tabel 17. Pembagian Beban Setiap Trafo per 110/220 V

No	Pembagian Beban	Total (ampere)
1	Gardu 1 A Trafo B	3089,01
2	Gardu 5 Trafo B	142.53
3	Gardu Simulator	1466.07
4	Gardu TPU	3860.54
5	Gardu 2	2104.91
6	Gardu 5 Trafo A	176.85
	Total	10829,91

$$\begin{aligned}
 P &= I \cdot V \cdot \sqrt{3} \\
 &= 10829,91A \times 400 \sqrt{3} V \\
 &= 7503181,74 VA
 \end{aligned}$$

Tabel 18. Daya Langganan PPI Curug Agustus 2019

No	ID PEL	Nama KWhmeter	Daya (VA)
1	546100475086	STPI CURUG TANGERANG	1.040.000
2	546202124848	KAMPUS STPI CURUG II	197
3	546700462084	STPI CURUG	1.040.000
4	546202395520	SIMULATOR PESAWAT STPI	630
5	546202801848	GD ASRAMA REGULER STPI	197
Total			3.104.000 VA

Jumlah daya listrik langganan PPI Curug sebesar 3.104.000 VA

Tabel 19. KWhmeter di PPI Curug Agustus 2019

No	IDPEL	Nama KWh	Daya (VA)	Daya Terpakai		Tagihan (Rp)
				LWBP	WBP	
1	546100475086	STPI CURUG TANGERANG	1040000	187136	38704	253.970.970
2	546202124848	KAMPUS STPI CURUG II	197000	18439,20		27.061.469
3	546700462084	STPI CURUG	1040000	62784	7520	76.720.010
4	546202395520	SIMULATOR PESAWAT STPI	630000	69528	12328	91.175.356
5	546202801848	GD ASRAMA REGULER STPI	197000	51036		74.890.102
Total			3104000	388923,2	51032	523.817.907

$$\begin{aligned}
 \text{Daya terpakai} &= \text{LWBP} + \text{WBP} \\
 &= 239595,1 VA + 41368 VA \\
 &= 439955,2 VA
 \end{aligned}$$

Persentase daya terpakai dan daya langganan listrik :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Daya terpakai}}{\text{Daya langganan}} \times 100\% \\
 &= \frac{439955,2 VA}{3104000 VA} \times 100\% \\
 &= 0,1417 \times 100\% \\
 &= 14,17 \%
 \end{aligned}$$

Persentase daya terpakai dan daya terpasang :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Daya terpakai}}{\text{Daya terpasang}} \times 100\% \\
 &= \frac{439955,2 VA}{7503181,74 VA} \times 100\% \\
 &= 0,058 \times 100\% \\
 &= 5,8 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dari perbandingan daya terpakai dengan daya tersedia maupun dengan daya terpasang untuk bulan Agustus 2019 masih dibawah 20%. Ini membuktikan bahwa KWHmeter masih efektif dalam penggunaannya.

Tabel 20. KWhmeter di PPI Curug Agustus 2021

No	IDPEL	Nama KWh	Daya (VA)	Daya Terpakai		Tagihan (Rp)
				LWBP	WBP	
1	546100475086	STPI CURUG TANGERANG	1040000	110606	30384	161.782.263
2	546202092615	RAST PENDIDIKAN PUSBANG	105000	9966		-
3	546700462084	STPI CURUG	1040000	41600		43.098.448
4	546202395520	SIMULATOR PESAWAT STPI	630000	54486	10984	73.513.092
5	546202801848	GD ASRAMA REGULER STPI	197000	12402,6		17.928.036
6	546202092698	ASRAMA RAST PUSBANG SDM	147000	8874,5		12.830.990
7	546700414673	RUMDIN ALPHA PUSDIKLAT	41500	1660		2.638.022
Total			3200500	239595,1	41368	311.790.851

$$\begin{aligned} \text{Daya terpakai} &= \text{LWBP} + \text{WBP} \\ &= 239595,1 \text{ VA} + 41368 \text{ VA} \\ &= 280963,1 \text{ VA} \end{aligned}$$

Persentase daya terpakai dan daya langganan listrik :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Daya terpakai}}{\text{Daya langganan}} \times 100\% \\ &= \frac{280963,1 \text{ VA}}{3200500 \text{ VA}} \times 100\% \\ &= 0,0877 \times 100\% \\ &= 8,77 \% \end{aligned}$$

Persentase daya terpakai dan daya terpasang :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Daya terpakai}}{\text{Daya terpasang}} \times 100\% \\ &= \frac{280963,1 \text{ VA}}{7503181,74} \times 100\% \\ &= 0,0374 \times 100\% = 3,74 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dari perbandingan daya terpakai dengan daya tersedia maupun dengan daya terpasang untuk bulan Agustus 2021 masih dibawah 10%. Ini membuktikan bahwa KWhmeter masih efektif dalam penggunaannya.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan pengolahan data yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: Nilai persentase beban terpasang dengan daya listrik yang tersedia di PPI Curug adalah 234 %. Ini menunjukkan bahwa beban terpasang lebih besar dari daya listrik yang tersedia. Namun tidak menjadi hambatan untuk supply energi listrik terhadap seluruh beban yang ada. Nilai tertinggi terdapat di trafo A Gardu 2 (Barak) sebesar 28,52%, maka nilai pembebanan trafo pada setiap gardu masih dibawah nilai batas maksimum yang ditentukan. Rata-rata persentase ketidakseimbangan beban *health index* nya dikategorikan dalam kondisi yang buruk sesuai acuan *Load Reading and profiling* persentase ketidakseimbangan arus antar fasa. Nilai P_N (%) tertinggi yaitu pada Trafo A Gardu 2 (Barak) sebesar $0,437 \times 10^{-3} \%$ dengan I_N sebesar 60,12 A. Semakin besar arus Netral yang mengalir di penghantar netral trafo I_N maka semakin besar Losses pada pengantar netral trafo P_N demikian pula sebaliknya. Ditinjau dari hasil persentase efisiensi trafo pada perhitungan, nilai persentase terendah terdapat di trafo A Gardu 2 (GSG) sebesar 95,1% dan nilai persentase tertinggi terdapat di 2 trafo yaitu trafo A Gardu Hangar TPU dan trafo A Gardu Simulator sebesar 100%. Nilai persentase efisiensi dari seluruh trafo lebih dari 95%. Ini membuktikan bahwa efisiensi trafo di PPI Curug masih bagus. Berdasarkan persentase daya terpakai dengan daya langganan listrik yang tersedia maupun persentase daya terpakai dengan beban yang

terpasang untuk bulan Agustus 2021 masih dibawah 10%. Ini membuktikan bahwa KWHmeter masih efektif dalam penggunaannya. Berdasarkan perbandingan yang didapat untuk tagihan listrik bulan Agustus 2019 dan bulan Agustus 2021 terjadi penurunan biaya tagihan listrik. Penurunan penggunaan beban akibat dari pandemic Covid-19. Tidak ditemukan kondisi bahwa langganan Listrik PPI Curug tinggi, karena pemakaian masih dibawah kapasitas, namun kondisi bahwa masih terdapat daya yang tidak terpakai sangat besar ini perlu diantisipasi penggunaan daya listrik di luar kebutuhan.

Adapun saran yang kami sampaikan adalah: Sebaiknya pada trafo yang bernilai kecil dapat digabungkan dengan trafo yang lainnya. Perlu dilakukan kajian terhadap arus netral agar tidak terjadi *losses* ataupun meminimalisir *losses* yang ada. Bahwa pemakaian beban hanya 14% (2019) dari daya yang tersedia menunjukkan bahwa langganan daya Listrik PPI Curug masih sangat jauh dari efisiensi, sehingga diperlukan penggabungan beban pada trafo2 terdekat dan penjadualan/Manajemen kelas/lab dengan baik antar prodi.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada: Direktur PPI Curug yang telah memberikan ijin pelaksanaan dan juga membantu pendanaan penelitian. Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (PPM) PPI Curug yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian. Seluruh civitas akademika PPI Curug yang telah mendukung hingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonov, Mirtha Isnay Samindha. 2017. "Studi Analisa Kinerja Trafo Pemakaian Sendiri PT. PLN (Persero) Sektor Bukittinggi PLTA Batang Agam Dengan Menggunakan ESA."
- Dimiyati, Mohamad Ali and Muhammad Taqiyudin Alawy. n.d. "Studi Analisa Evaluasi Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Transformator Distribusi Area Crusher Di PT . Semen Indonesia (Persero) Tbk ." 12-18.
- Direksi PT PLN (Persero). 2010. "Buku 1: Kriteria Disain Enjineriing Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik." Jakarta.
- Electric, Schneider. n.d. *Electrical Installation Guide*. 2016th ed.
- Gultom, Perlindungan, Danial, dan Managam Simanjuntak. 2021. "Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20Kv Akibat Pembebanan Lebih Di PT. PLN (Persero) Kota Pontianak." 1-7.
- Hidayat, Syarif, Supridi Legino, and Nurun Fatimah Mulyanti. 2018. "PENYEIMBANGAN BEBAN PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH GARDU DISTRIBUSI CD 33 PENYULANG SAWAH DI PT PLN (PERSERO) AREA BINTARO." 8(1):21-27.
- Jurusan, Mahasiswa, Teknik Elektro, and Politeknik Negeri. n.d. "Pengaruh Penyeimbangan Beban Trafo Distribusi Terhadap Arus Netral." 1-8.
- Kadir, Abdul. 2000. "Distribusi dan Utilitas Tenaga Listrik." Jakarta : Universitas Indonesia.
- Kadir, Abdul. 2010. "Transformator." Jakarta : Universitas Indonesia.
- Kusiyah, Kalbuana, N., Rusdiyanto (2022). Pengaruh Narsisme Ceo Dan Arus Kas Bebas Terhadap Kinerja Perusahaan. *Jurnal Riset Akuntansi Politala*, 5(1), 36-45.
- Ketidakseimbangan, Analisis, Beban Dan, I. Wayan Yoga Prasetya, I. Nyoman Setiawan, and I. Gede Dyana Arjana. 2020. "HARMONISA PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI MI 0096 PENYULANG ABIANBASE." 7(1):109-15.
- Persero, P. L. N. and Gardu Induk. n.d. "PERHITUNGAN EFISIENSI TRANSFORMATOR 60 MVA DI PT . Dosen Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang." 29-38.
- Salsabila, Khairunnisa. 2019. "ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR TENAGA PADA GARDU LISTRIK DI SEKOLAH TINGGI PENERBANGAN INDONESIA." Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia.

- Setiadji, Julius Sentosa, Tabrani Machmudsyah, Yanuar Isnanto, and Ji Siwalankerto. 2006. "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi." 6(1):68-73.
- Siburian, M. Jhonson, Thamrin Siahaan, dan Johannes Sinaga. 2020. "Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Diatribusi 20KV Dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (Persero) ULP Medan Baru." Medan
- Sudiartha, I. Wayan, I. Putu Sutawinaya, I. Ketut Ta, dan Ardy Firman. 2016. "MANAJEMEN TRAF0 DISTRIBUSI 20KV ANTAR GARDU BL031 DAN BL033 PENYULANG LILIGUNDI DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PROGRAM ETAP." 16(3):166-71.
- Sumanto. (1996). "Teori Transformator." Yogyakarta.
- Suripto, Slamet. 2017. "Buku Ajar Sistem Tenaga Listrik." Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Suswanto, Daman. 2009. "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."
- Syufrijal and Readysal Monantun. 2014. *Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*.
- Tambunan, Juara Mangapul, Agung Hariyanto, dan Wahyu Kurniadi Tindra. 2015. "KERJA PEMBEBANAN DAN TEMPERATUR TERHADAP SUSUT UMUR." 5(2).
- Tanamal, Hendro, Afriyastuti Herawati, Novalio Darath, dan Ika Novia Anggraini. 2020. "Analisis Pengaruh Beban Tak Seimbang Terhadap Arus Netral Pada Trafo IV GI Sukamerindu Bengkulu." 9(2):7-13.
- Teknika, Jurnal Qua. 2017. "No Title." 7(2):1-15.
- Wardi, Epo. 2015. "Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 1000 kva 20 kv / 400 kV." Skripsi. Palembang. Politeknik Negeri Sriwijaya