

Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) UP3 Garut

Iqbal Fadilah^{1*}; M. Reza Hidayat¹; Christiono¹; Handoko Rusiana Iskandar¹; Een Taryana¹

1. Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani, Jl. Terusan Jend. Sudirman, Cimahi, Jawa Barat 40525, Indonesia

**Email: iqbalfadilah9991@gmail.com*

Received: 3 Januari 2023 | Accepted: 9 Desember 2023 | Published: 2 Januari 2024

ABSTRACT

Transformer efficiency is defined as the ratio of the incoming power to the outgoing electric power. Even so the ideal transformer has 100% efficiency, this ideal transformer does not exist, because the energy that goes out is always less than the energy that goes in, meaning that there is energy loss. Load imbalance in an electric power distribution system always occurs and the imbalance is in single-phase loads in low-voltage network subscribers. Due to the load imbalance, a current appears in the neutral of the transformer. Perform analysis and compare efficiency. Analysis of used load capacity is not efficient. Analysis of the results of current and voltage measurements at the substation to obtain efficiency, and transformer losses in day and night conditions using LWBP and WBP methods. In this study, observations were made regarding the transformer efficiency analysis using the Outside Peak Load Time (LWBP) and Peak Load Time (WBP) methods. The LWBP method is carried out during the day for 20 hours, while the WBP method is carried out at night for 4 hours, from 18.00 to 22.00. Then measurements were made at PT. PLN (Persero) UP3 Garut. For the highest percentage of loading which is close to the standard of 80%, namely the afternoon loading at the PDDK substation, which is 50.93%, the load used is 50.93 kVA. The night load at the CITL substation is 77.49%, the load used is 77.49 kVA. For the lowest percentage of loading that deviates from the standard 80%, namely the daytime loading at the SJRK substation, which is 16.32%, the load used is 16.32 kVA. The night load at the SJRK substation is 21.52%, the load used is 21.52 kVA. Based on observations, it is not efficient because the unused load is very large, it is recommended to use a smaller transformer capacity. The highest efficiency in the LWBP method is at the CITK substation 97.87%, the lowest at the PDDK substation 94.55%. The highest efficiency in the WBP method is at SJRK substations 95.5%, the lowest at PDDK substations is 92.1%.

Keywords: Transformer efficiency, Unbalance, LWBP, Transformer, WBP

ABSTRAK

Efisiensi transformator didefinisikan sebagai perbandingan tenaga yang masuk sama dengan yang daya listrik yang keluar. Meskipun begitu transformator yang ideal memiliki efisiensi 100%, transformator ideal ini tidak ada, dikarenakan energi yang keluar selalu lebih kecil dari energi yang masuk, artinya ada energi yang hilang. Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa di pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban maka muncul arus di netral trafo. Melakukan analisis serta membandingkan efisiensi. Analisis kapasitas beban yang terpakai tidak efisien. Analisis hasil pengukuran arus dan tegangan di gardu untuk mendapatkan efisiensi, dan rugi-rugi transformator kondisi siang, malam metode LWBP dan WBP. Pada penelitian ini dilakukan

pengamatan terkait analisis efisiensi transformator dengan metode Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) dan Waktu Beban Puncak (WBP). Metode LWBP ini dilakukan pada siang dengan waktu selama 20 jam, sedangkan metode WBP ini dilakukan pada malam dengan waktu selama 4 jam yaitu pada pukul 18.00 sampai dengan 22.00. Lalu dilakukan pengukuran di PT. PLN (Persero) UP3 Garut. Untuk persentase pembebanan tertinggi yang mendekati standar 80% yaitu pembebanan siang pada gardu PDDK yaitu 50,93%, pembebanan yang terpakai yaitu 50,93 kVA. Pembebanan malam pada gardu CITL yaitu 77,49%, pembebanan yang terpakai yaitu 77,49 kVA. Untuk persentase pembebanan terendah yang menjauhi standar 80% yaitu pada pembebanan siang pada gardu SJRK yaitu 16,32%, pembebanan yang terpakai yaitu 16,32 kVA. Pembebanan malam pada gardu SJRK yaitu 21,52%, pembebanan yang terpakai yaitu 21,52 kVA. Berdasarkan pengamatan maka tidak efisien dikarenakan besar beban yang tidak terpakai sangat besar maka direkomendasikan memakai kapasitas transformator yang lebih kecil. Efisiensi tertinggi pada metode LWBP pada gardu CITK 97,87%, terendah pada gardu PDDK 94,55%. Efisiensi tertinggi pada metode WBP pada gardu SJRK 95,5%, terendah pada gardu PDDK 92,1%.

Kata kunci: Efisiensi transformator, Ketidakseimbangan, LWBP, Transformator, WBP

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, salah satu negara berkembang, pertumbuhan penduduk dan industri yang pesat akan meningkatkan beban listrik, dan PLN harus memasok listrik secara terus menerus [1]. Dalam menyeimbangkan beban-beban satu fasa atau per-fasa sedemikian rupa agar dapat mengalirkan arus seimbang pada salurannya, namun dalam mengalirkan tenaga listrik tersebut terjadi pembagian beban-beban yang pada awalnya merata tetapi karena ketidakserempakan waktu pemakaian atau penyalaan beban-beban tersebut maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik, ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T), inilah yang menyebabkan mengalirnya arus di netralnya transformator, arus netral inilah yang menimbulkan rugi-rugi pada transformator sehingga kemampuannya dalam melayani beban menurun. Oleh karena itu diperlukan data untuk mengetahui seberapa besar pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap rugi-rugi pada transformator [2].

Adanya kasus kerusakan di daerah kabupaten Rembang, Jawa Tengah untuk masyarakat Rembang diimbau untuk lebih menghemat penggunaan listrik seperlunya. Pasalnya, sejak saat berlakunya kebijakan bekerja maupun belajar dari rumah, konsumsi listrik meningkat tajam. Bahkan 40 unit trafo milik PLN meledak pada hari Kamis, 14 Mei 2020 karena *overload* pemakaian [3]. Transformator yang digunakan di gardu induk biasanya adalah trafo step-up (menaikkan tegangan). Dan pada gardu distribusi, trafo yang digunakan adalah trafo step down (menurunkan tegangan). Transformator distribusi digunakan untuk menurunkan saluran udara tegangan menengah (SUTM) dari 20 kV menjadi tegangan rendah 400 V [4]. Transformator adalah perangkat listrik yang dapat mentransfer dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih sirkuit ke sirkuit lain melalui kopling magnetik, berdasarkan prinsip elektromagnetik [5]. Umumnya, arus yang mengalir melalui transformator tidak diharapkan melebihi arus pengenalnya. Jika arus yang ditarik melebihi nilai nominal, transformator akan rusak. Ini sama sekali tidak diinginkan [6].

Berdasarkan uraian tentang betapa pentingnya mengetahui efisiensi suatu transformator, maka kita harus memperhatikan kinerja transformator tersebut. Terdapat beberapa penelitian, dan hasil dari penelitian ini berupa faktor beban variabel besar pada efisiensi dan kehilangan umur transformator 6kV/70kV, untuk mencapai efisiensi tertinggi dan meminimalkan kehilangan umur transformator [7]. Selanjutnya, dari penelitian ini, didapatkan hasil berupa membahas keseimbangan beban pada sistem tiga fasa terjadi ketika beban pada masing-masing fasa berbeda besarnya baik secara magnitude, maupun secara sudut listriknya [8]. Selanjutnya dari penelitian ini diperoleh hasil dari segi efisiensi dengan menggunakan metode DEA. Metode ini merupakan metode nonparametrik berbasis program linier yang secara efisien menggunakan atau menghasilkan satuan yang sesuai dengan inputnya dengan outputnya efektif [9]. Lalu Penelitian ini kemudian menghasilkan hasil berupa pembahasan tentang pengukuran dan analisis efisiensi unit layanan jaringan dengan input dan output yang berbeda [10].

Oleh karena itu, tugas akhir ini juga membahas studi efisiensi transformator. Tepatnya pada gardu distribusi, data arus dan tegangan terukur dianalisis dan data yang dihasilkan dihitung untuk menentukan persentase rugi-rugi yang disebabkan oleh data arus dan tegangan. Waktu pengumpulan data untuk luar waktu beban puncak siang hari dan waktu beban puncak malam hari, penulis melakukan penelitian dengan judul "Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) UP3 Garut".

2. METODE PENELITIAN

2.1. Transformator

Apabila dilihat dari sisi tegangan tinggi trafo (primer) untuk menghitung persentase pembebanan transformator daya tersebut bisa dirumuskan dengan rumus, sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3} V I \quad (1)$$

Mengetahui arus beban penuhnya (full load) pada transformator adalah:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2)$$

Jika untuk menentukan persentase pembebanan transformator distribusi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\%b = \frac{I_{ph}}{I_{FL}} \times 100 \% \quad (3)$$

Dimana %b persentase pembebanan transformator sebagai berikut:

$$\%b = \frac{\%bR + \%bS + \%bT}{3} \quad (4)$$

Daya keluaran transformator ketika arus fasa dikatakan sama atau seimbang, maka dapat menghitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P = 3 \times V \times I \times \cos \phi \quad (5)$$

Jika arus fasa tidak sama atau tidak seimbang, daya dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P = (a + b + c) \times V \times I \times \cos \phi \quad (6)$$

Untuk menghitung arus fasa tidak seimbang [11].

2.2. Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator menghasilkan rugi-rugi pada kabel netral karena pembangkitan arus pada kabel netral, dan kerugian ini mengurangi efisiensi transformator. output saat ini tidak sama dengan input saat ini. Bisa dirumuskan dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (7)$$

$$P_{in} = P_{out} + \Sigma_{rugi-rugi} \quad (8)$$

Didapat rumus untuk menghitung efisiensi transformator sebagai berikut:

$$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Sigma_{rugi-rugi}} \times 100\% \quad (9)$$

Untuk menghitung efisiensi transformator [12].

2.3. Rugi-Rugi Transformator

Dengan menggunakan data nilai rugi – rugi pada transformator distribusi yang digunakan pada suatu gardu distribusi berdasarkan acuan pada standar dari SPLN 50, 1997 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data nilai rugi-rugi pada transformator distribusi [13]

Kva	P_i (W)	P_{cu} (W)
25	75	700
50	150	1100
100	300	1750
160	400	2000
250	550	2850
315	770	3900
400	930	4600
680	1300	6500
800	1950	10200
100	2300	12100
1250	2700	15000

Tingkat rugi-rugi trafo distribusi meliputi nilai rugi besi (rugi tanpa beban) dan rugi tembaga (rugi akibat beban). Nilai rugi-rugi besi (kerugian tanpa beban) adalah nilai tetap, dan nilai rugi-rugi tembaga (kerugian beban) berubah dengan perubahan beban, maka dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Rugi - rugi transformator} = P_B + ((b^2 \times P_{CU})) \quad (10)$$

Untuk menghitung rugi-rugi transformator [14].

Saluran udara tegangan rendah menggunakan data penghantar netral yang digunakan untuk gardu distribusi berdasarkan besar luas penampang dengan nilai resistansi mengacu dengan standar SPLN 41-1:1-1991, maka untuk SPLN nya adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Data penghantar netral

Penghantar		Luas	Resistansi
Jenis	Jenis	Penampang	(ohm)
Material	Kabel	(mm)	
NYY	Cu	50	0,387
NYY	Cu	70	0,268
NYY	Cu	95	0,193
NYY	Cu	100	0,124

maka untuk pengukuran nantinya harus berpacu dengan landasan standar SPLN ini agar hasilnya sesuai [15].

Karena beban yang tidak seimbang pada fase R, S, dan T, arus menyebabkan arus mengalir di penghantar netral. Dimana arus di netral menghasilkan panas dan menj (11)
Kerugian untuk kawat netral ini adalah maka dirumuskan dengan rumus sebagai berikut.

$$P_N = I_N^2 \times R_N$$

Untuk menghitung rugi-rugi arus [16].

2.4. Ketidakseimbangan Beban

Sebelum menghitung ketidakseimbangan, simetri, arus rata-rata (I) harus dihitung terlebih dahulu maka dengan rumus sebagai berikut.

$$I_{rata-rata} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \quad (12)$$

Besarnya arus fasa dalam keadaan simetris (I) sama dengan arus rata-rata yang dilambangkan dengan koefisien a, b dan c yang diperoleh maka dengan rumus sebagai berikut. (13)

$$I_R = a \times I$$

$$a = \frac{I_R}{I} \quad (14)$$

$$I_S = b \times I$$

$$a = \frac{I_S}{I} \quad (15)$$

$$I_T = c \times I$$

$$a = \frac{I_T}{I}$$

Di keadaan seimbang, koefisien a, b, c besarnya adalah 1 dengan demikian didapat % ketidakseimbangan beban sebagai berikut. Untuk menghitung persentase ketidakseimbangan [17].

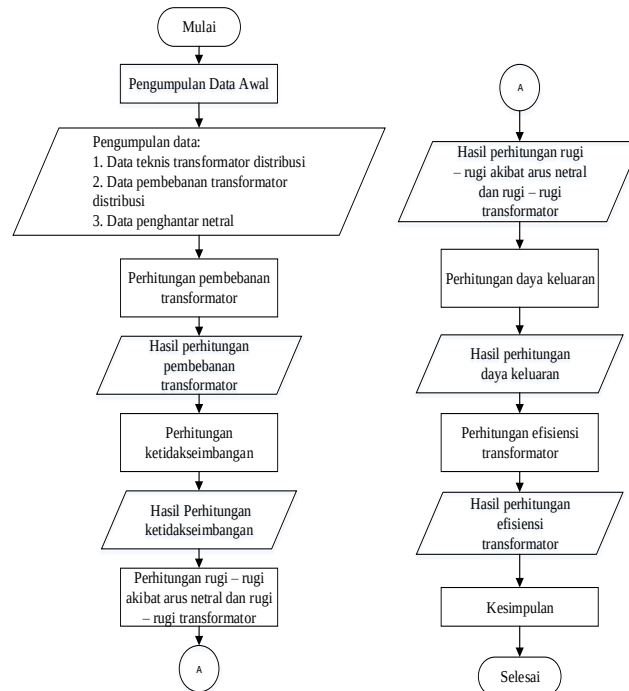
$$\% \text{Ketidakseimbangan} = \frac{\{|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|\}}{3} \times 100\% \quad (16)$$

2.5. Diagram Alir Penelitian

Pembuatan diagram alir penelitian ini dibuat agar penelitian berjalan dengan semestinya dan tidak keluar dari jalur yang sudah ditentukan, berikut ini merupakan diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1.

Untuk memudahkan dalam penyusunan Tugas Akhir penulis memakai beberapa tahapan dalam mengumpulkan data-data yang diperlukan diantaranya melakukan studi literatur atau pengumpulan data primer dengan cara mencari jurnal-jurnal serta penelitian yang berkaitan dengan efisiensi transformator. Data yang dipakai di penelitian ini yaitu data teknis dari gardu distribusi data arus setiap fasanya (R, S, T) di Transformator Distribusi, Spesifikasi Transformator dan Tahanan penghantar. Metode yang dipakai pada penelitian ini yaitu metode penelitian kuantitatif. Pengambilan data ini dilaksanakan dengan metode pengamatan langsung yaitu terlibat dalam pengukuran beban pada transformator di gardu distribusi, yang dimana dalam penelitian ini yaitu untuk menghasilkan perhitungan nilai ketidakseimbangan beban, rugi-rugi, daya keluaran sehingga melihat seberapa besar pengaruh terhadap efisiensinya. Dari data-data yang telah didapat, data tersebut dilakukan

perhitungan persentase ketidakseimbangan, rugi-rugi, daya keluaran dan efisiensi pada transformator tersebut. Kemudian setelah diperoleh hasil perhitungan secara matematis kemudian ditarik kesimpulan sehingga diketahui nilai efisiensi transformator pada gardu distribusi di UP3 Garut.



Gambar 1. Diagram penelitian analisis pengaruh pembebanan terhadap efisiensi transformator distribusi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Teknis Transformator Distribusi

Data Transformator Gardu Sumber Jati Residence (SJRK) dengan merk adalah NN, konstruksi gardu portal, nomor seri 164301887, tahun 2016, tipe transformator OD, dengan kapasitas transformator 100 kVA. Data Transformator Gardu Perum Diamond Dream (PDDK) dengan merk adalah trafindo, konstruksi gardu portal, nomor seri 13430751, tahun 2013, tipe transformator OD, dengan kapasitas transformator 100 kVA. Data Transformator Gardu Ciateul (CITL) dengan merk adalah unindo, konstruksi gardu portal, nomor seri 56118, tahun 2018, tipe transformator OD, dengan kapasitas transformator 100 kVA. Data Transformator Gardu Ciateul Kota (CITK) dengan merk adalah B & D, konstruksi gardu portal, nomor seri 1508792, tahun 2015, tipe transformator OD, dengan kapasitas transformator 100 kVA.

3.2. Data Pengukuran Beban Pada Saat Siang Hari**Tabel 3.** Data Pembebanan Transformator Gardu Sumber Jati Residence (SJRK), Gardu Perum Diamond Dream (PDDK)

Hari	Beban (A)								Tegangan (V)			
	R		S		T		N		V_{LN}		V_{LL}	
1.	34	88	19	89	14	42	25	68	233	231	404,3	401,3
2.	35	91	20	90	15	45	27	69	230	232	405	402
3.	39	90	21	87	18	44	23	65	231	234	403	403
4.	37	87	18	88	13	41	24	66	232	230	401	400
Rata-rata	36,2	89	19,5	88,5	15	43	24,7	67	231,5	231,7	403,3	401,5

Tabel 4. Data Pembebanan Transformator Gardu Ciateul (CITL)

Hari	Beban (A)								Tegangan (V)			
	R		S		T		N		V_{LN}		V_{LL}	
1.	128	48	74	25	62	20	81	6	217	231	386	402,3
2.	125	45	75	23	64	21	83	7	219	233	388	402
3.	127	46	77	24	65	24	85	8	218	230	387	404
4.	124	45	73	26	61	22	84	6	217	232	384	403
Rata-rata	126	46	74,7	24,5	63	21,7	83,2	6,7	217,7	231,5	386,2	402,8

3.3. Data Pengukuran Beban Pada Saat Malam Hari**Tabel 5.** Data Pembebanan Transformator Gardu Sumber Jati Residence (SJRK), Perum Diamond Dream (PDDK)

Hari	Beban (A)								Tegangan (V)			
	R		S		T		N		V_{LN}		V_{LL}	
1.	46	92	30	29	16	45	36	76	233	231	404,3	401,3
2.	45	93	31	25	17	47	34	74	235	234	405	405
3.	47	92	30	28	19	46	37	75	237	232	403	402
4.	48	91	29	26	15	44	35	77	234	230	406	401
Rata-rata	46,5	92	30	27	16,7	45,5	35,5	75,5	234,7	231,7	404,5	402,3

Tabel 6. Data Pembebanan Transformator Gardu Ciateul (CITL), Ciateul Kota (CITK)

Hari	Beban (A)								Tegangan (V)			
	R		S		T		N		V_{LN}		V_{LL}	
1.	146	56	101	20	86	23	84	45	217	231	386	402,3
2.	149	54	100	19	88	25	89	46	216	230	389	401
3.	147	58	103	23	87	22	85	49	215	233	387	400
4.	148	59	102	26	85	24	86	47	216	234	385	402
Rata-rata	147,5	56,7	101,5	22	86,5	23,5	86	46,7	216	232	386,7	401,3

3.4. Menghitung Persentase Pembebanan Transformator Distribusi

Untuk menentukan presentase pembebanan transformator distribusi terlebih dahulu menghitung arus full load pada trafo, menggunakan rumus (2) serta data yang digunakan pada data spesifikasi transformator. Dengan S adalah 100.000 dengan satuan volt ampere (VA), V adalah 400 dengan satuan volt (V). Maka hasil dari perhitungan I_{FL} adalah 144,3 A.

Dengan menggunakan arus beban penuhnya sesuai dengan rumus (3). Dengan I_R adalah 36,2 dengan satuan Ampere (A), I_S adalah 19,5 dengan satuan Ampere (A), I_T adalah 15 dengan satuan Ampere (A). Setelah diketahui persentase pembebanan tiap fasanya, dapat dihitung persentase pembebanan rata – ratanya dengan menggunakan rumus (4). Dengan %bR adalah 25,08 persen (%), 13,51 persen (%), 10,39n persen (%). Maka hasil dari nilai persentase pembebanan transformatornya %b adalah 16,32 %.

3.5. Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator

Sebelum menghitung ketidakseimbangan beban hitung terlebih dahulu arus beban rata – ratanya dengan menggunakan rumus (12), serta data yang digunakan terdapat pada tabel (3). Dengan I_r adalah 36,2 dengan satuan ampere (A), I_s adalah 19,5 dengan satuan ampere (A), I_t adalah 15 dengan satuan ampere (A). Maka hasil dari perhitungan $I_{rata - rata}$ adalah 23,56 A. Setelah didapat arus rata – ratanya, dapat diketahui nilai koefisien a, b, c dengan menggunakan rumus (13), (14), (15). Nilai koefisien a, b, c pada saat seimbang adalah bernilai 1. Dengan $I_{rata - rata}$ adalah 23,56 A. Maka hasil dari perhitungan koefisien a adalah 1,53, koefisien b adalah 0,82, koefisien c adalah 0,63. Sesudah didapatkan nilai koefisien a, b,c maka ditentukan persentase ketidakseimbangan bebannya dengan menggunakan rumus (16). Dengan koefisien a adalah 1,53, koefisien b adalah 0,82, koefisien c adalah 0,63. Maka hasil dari perhitungan % ketidakseimbangan adalah 36 %.

3.6. Rugi-Rugi Daya Akibat Arus Netral

Berdasarkan data pada tabel pembebanan transformator distribusi dan data tabel penghantar netral dapat dihitung berapa besarnya rugi – rugi daya akibat timbulnya arus pada penghantar netral dengan menggunakan rumus (11) dan tabel (2). Luas penampang penghantar netral pada masing – masing gardu, yaitu pada gardu Sumber Jati Residence (SJRK) (50 mm^2). Penjelasan dari rumus ini untuk menghitung nilai rugi-rugi daya akibat arus netral. Dengan I_N^2 adalah $24,7^2$ dengan satuan Ampere (A), R_N adalah 0,387 dengan satuan ohm. Maka hasil dari perhitungan P_N adalah 236,10 Watt.

3.7. Rugi-Rugi Pada Transformator

Nilai dari rugi besi (rugi tanpa beban) adalah bernilai tetap tergantung dari kapasitas transformator, dan nilai rugi tembaga (rugi berbeban) berubah – ubah mengikuti perubahan bebannya. Untuk menghitung nilai rugi-rugi transformator distribusi pada gardu SJRK menggunakan rumus (10) dan tabel (1). Dengan P_B adalah 300 dengan satuan watt (W), b^2 adalah $0,1632^2$ dengan satuan watt (W), P_{CU} adalah 1750 dengan satuan watt (W). Maka hasil dari perhitungan Rugi – rugi transformator adalah 346,60 Watt.

3.8. Daya Keluaran Transformator

Arus fasa pada transformator distribusi tidak seimbang, maka dari itu untuk menghitung daya keluaran dari transformator tersebut dapat menggunakan rumus (6) dan

tabel (3). Dengan nilai $\cos \phi$ yang digunakan adalah 0,85. Dengan a adalah 1,53, b adalah 0,82, c adalah 0,63, V adalah 231,5 dengan satuan volt (V), I adalah 23,56 dengan satuan Ampere (A), $\cos \phi$, adalah 0,85. Maka hasil dari perhitungannya P_{out} adalah 13815,33 Watt.

3.9. Efisiensi Transformator

Untuk menghitung besarnya efisiensi transformator yang dipengaruhi oleh rugi – rugi karena timbulnya arus netral dipenghantar netral trafo dan rugi yang diakibatkan karena belitan dan inti besi trafo, dapat dihitung menggunakan rumus (9). Dengan P_{out} adalah 13815,33 Watt (W), $P_{in} \Sigma_{rugi-rugi}$ adalah 346,60 + 236,10 Watt (W). Maka hasil dari perhitungan $\eta\%$ adalah 95,95%.

3.10. Hasil Pengolahan Data Efisiensi

Tabel 7. Data Hasil Pengolahan Siang

Gardu	%b	%TS	P_N (W)	PT (W)	$\eta\%$
SJRK	16,32%	36%	236,1	346,6	95,95
PDDK	50,93%	27,66%	1737,24	753,92	94,55
CITL	43,39%	29,33%	1855,16	629,47	95,12
CITK	21,29%	33,33%	12.03	379,32	97,87

Tabel 8. Data Hasil Pengolahan Malam

Gardu	%b	%TS	P_N (W)	PT (W)	$\eta\%$
SJRK	21,52%	33,33%	487,71	381,04	95,5
PDDK	37,99%	45,33%	2205,99	552,56	92,1
CITL	77,49%	21,33%	1982,12	1350,82	94,83
CITK	23,60%	44%	584,47	397,46	95,35

Untuk persentase pembebanan tertinggi yang mendekati standar 80% yaitu pembebanan siang pada gardu PDDK yaitu 50,93%, pembebanan yang terpakai yaitu 50,93 kVA. Pembebanan malam pada gardu CITL yaitu 77,49%, pembebanan yang terpakai yaitu 77,49 kVA. Untuk persentase pembebanan terendah yang menjauhi standar 80% yaitu pada pembebanan siang pada gardu SJRK yaitu 16,32%, pembebanan yang terpakai yaitu 16,32 kVA. Pembebanan malam pada gardu SJRK yaitu 21,52%, pembebanan yang terpakai yaitu 21,52 kVA. Berdasarkan pengamatan maka tidak efisien dikarenakan besar beban yang tidak terpakai sangat besar maka direkomendasikan memakai kapasitas transformator yang lebih kecil. Hasil efisiensi pada siang hari pada empat gardu terkecil pada gardu SRJK 95,95% sedangkan efisiensi terbesar pada gardu CITK 97,87%. Hasil efisiensi pada malam hari pada empat gardu terkecil pada gardu PDDK 92,1% sedangkan efisiensi terbesar pada gardu SJRK 95,5%. Banyak faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi suatu gardu distribusi yaitu beban tidak seimbang, rugi – rugi besi, rugi – rugi tembaga dan rugi – rugi arus netral. Makin besar rugi – rugi maka efisiensi transformator tersebut akan semakin kecil dan begitupun sebaliknya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Untuk persentase pembebanan tertinggi yang mendekati standar 80% yaitu pembebanan siang pada gardu PDDK yaitu 50,93%, pembebanan yang terpakai yaitu 50,93 kVA. Pembebanan malam pada gardu CITL yaitu 77,49%, pembebanan yang terpakai yaitu 77,49 kVA.

Untuk persentase pembebanan terendah yang menjauhi standar 80% yaitu pada pembebanan siang pada gardu SJRK yaitu 16,32%, pembebanan yang terpakai yaitu 16,32 kVA. Pembebanan malam pada gardu SJRK yaitu 21,52%, pembebanan yang terpakai yaitu 21,52 kVA. Berdasarkan pengamatan maka tidak efisien dikarenakan besar beban yang tidak terpakai sangat besar maka direkomendasikan memakai kapasitas transformator yang lebih kecil.

Efisiensi tertinggi pada metode LWBP pada gardu CITK 97,87%, terendah pada gardu PDDK 94,55%. Efisiensi tertinggi pada metode WBP pada gardu SJRK 95,5%, terendah pada gardu PDDK 92,1%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PLN (Persero) UP3 Garut dan dosen pembimbing Teknik Elektro Unjani yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suryana, Alvian J, "Analisis Keandalan Transformator Distribusi menggunakan Indikator Tegangan Regulasidan Efisiensi Transformator (Studi Kasus pada PT.PLN APJ Jember)", Universitas Jember, Mei 2012.
- [2] E. Julianto, " Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) Cabang Pontianak", 2017.
- [3] Z. Syaroni, "Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi 20 kV dan Solusinya Pada Jaringan Tegangan Rendah", J. Teknik Elektro, vol 08, no. 01, pp. 173-180, 2019.
- [4] Wiranto, Ikhsan M, "Analisis Kinerja Transformator Distribusi Kawanua Emerald City-Amethys", 2021.
- [5] Sumanto, "Teori Transformator", 1991.
- [6] Syafriyudin, "Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20 Kv di APJ Yogyakarta", 2011.
- [7] I. B. Tiasmoro, "Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi dan Susut Umur Transformator Step Up 6kV / 70kV di PLTU Sumbawa Barat Unit 1 dan 2 2x7 MW PT. PLN (PERSERO) UPK TAMBORA", 2021.
- [8] T. O. Priyono, "Analisa Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi", 2017.
- [9] S. Nugroho, W. P, Sriyanto, Nor Chasanah, "Analisis Efisiensi Distribusi Listrik Unit Pelayanan Jaringan Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) Studi Kasus di Area Pelayanan Jaringan Kudus, PT. PLN (Persero)", 2011.
- [10] M. I. Singgih, E. A. Anggraini, "Analisis Efisiensi Teknis Dari Distribusi Listrik Menggunakan Data Envelopment Analysis (DEA) dan Analisa Operasional", 2008.

-
- [11] W. H. Pareira, "Analisis Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Kualitas Daya pada Jaringan Distribusi Radial di Area Atambua Kabupaten Belu". Institut Teknologi Nasional, Malang, 2017.
- [12] Hastungkoro, P.H., Wicaksono, W., & Widodo, T.S. "Transformator", Klaten: Saka Mitra Kompetensi, 2019.
- [13] Afrianda, R., Samsurizal, S., & Nurul, A. A. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi Studi Gardu PT PLN (PERSERO) Area Bekasi. SUTET, 10(1), 29-38. 2020.
- [14] SPLN 50 1997, "Spesifikasi Transformator Distribusi", 1997.
- [15] S. Mochtar Wijaya, "Dasar-Dasar Mesin Listrik", Jakarta: Djambatan, 2001.
- [16] SPLN 41-1 1991, "Persyaratan Penghantar Tembaga dan Aluminium Untuk Kabel Listrik Berisolasi", 1991.
- [16] Sutjipto Rachmat, "Studi Pengaruh Pembebanan Sebagai Dasar Scheduling Maintenance untuk Meminimalisir Susut Umur Transformator 1 GI", J. Sistem Kelistrikan, vol 07, no. 03, pp. 2407-2338, 2020.
- [17] M. D. T. Sogen, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Transformator Gardu Distribusi JKL di PT. PLN (Persero) Area Ciputat", STT-PLN, Jakarta, 2018.