Volume 4 Nomor 2 Juli 2022 JJEEE e-ISSN :2715-0887
p-ISSN : 2654-7813

Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering

Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249

Syukri
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Iskandar Muda
Aceh, Indonesia
syukrie0383@gmail.com

Teuku Murisal Asyadi
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Iskandar Muda
Aceh, Indonesia
teukumurisal@gmail.com

Muliadi
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Iskandar Muda
Aceh, Indonesia
muliadi.tripa@gmail.com

Firwan Moesnadi
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Iskandar Muda
Aceh, Indonesia
firwan_nad@pln.co.id

Diterima : Mei 2022
Disetujui : Juli 2022
Dipublikasi : Juli 2022

Abstrak*—Jaringan sistem distribusi tenaga listrik merupakan media untuk mendistribusikan energi listrik baik kepada industri, maupun pelanggan rumah tangga. Bertambahnya pertumbuhan penduduk maka pengguna atau pelanggan energi listrik juga bertambah sehingga dapat berdampak terhadap pembebanan pada setiap transformator distribusi. Apabila pembebanan pada setiap transformator meningkat maka dapat menyebabkan kelebihan beban (*overload*), ketidakseimbangan beban dan rugi-rugi daya (*losses*) serta kerusakan terhadap transformator. Oleh sebab itu, untuk menjaga agar transformator distribusi dapat beroperasi dengan baik maka PLN telah menetapkan standar pembebanan pada transformator distribusi yaitu tidak boleh melebihi 80%. Tujuan penelitian ini yaitu untuk melakukan pengukuran pembebanan pada transformator distribusi Gardu LSA 249 dan menganalisis terjadinya rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *clamp meter* dan *eart tester* untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan serta nilai tahanan dari *grounding*. Selanjutnya, dilakukan perhitungan pembebanan transformator, ketidakseimbangan beban, serta rugi-rugi daya pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249. Hasilnya, pengukuran dari ketidakseimbangan beban yang terjadi ketika pagi hari sebesar 15 %, siang hari sebesar 26 %, dan malam hari sebesar 22%. Rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh adanya arus yang mengalir melalui netral transformator ketika pagi hari 0,0088 kW dengan 0,02 %, siang hari sebesar 0,06291 kW dengan 0,15 %, dan malam hari sebesar 0.02462 kW dengan 0,061%.

***Kata Kunci*—Pembebanan; Transformator distribusi; Penyulang; Ketidakseimbangan beban; Rugi-rugi daya**

Abstract*—The electric power distribution system network is a medium for distributing electrical energy to both industry and household customers. With increasing population growth, users or customers of electrical energy also increase so that it can have an impact on the load on each distribution transformer. If the load on each transformer increases, it can cause overload, load imbalance and power losses and damage to the transformer. Therefore, to ensure that the distribution transformer can operate properly, PLN has set a standard loading on the distribution transformer, which should not exceed 80%. The purpose of this study is to measure the load on the LSA 249 substation distribution transformer and analyze the occurrence of power losses caused by load imbalances. Measurements are made using a clamp meter and an earth tester to get the current and voltage values as well as the resistance value from grounding. Furthermore, the calculation of transformer loading, load imbalance, and power losses at the LS5 Substation LSA 249 feeder. As a result, the measurement of the load imbalance that occurs in the morning is 15%, during the day is 26%, and at night is 22%. Power losses caused by the current flowing through the transformer neutral in the morning were 0.0088 kW with 0.02%, during the day 0.06291 kW with 0.15%, and at night 0.02462 kW with 0.061%.

***Keywords*—Loading; Distribution transformer; Feeder; Unbalance load, Power losses**

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan pengguna energi listrik atau konsumen dinamakan dengan sistem distribusi yang memiliki fungsi sebagai sarana penting dalam pendistribusian energi listrik [1]. Pada sistem tersebut terdapat transformator distribusi yang bertugas untuk mengkonversi tegangan dari tegangan menengah (20 kV) ke tegangan rendah antar fasa (380V - 400V) dan fasa netral (220V) yang selanjutnya dimanfaaatkan untuk kebutuhan industri kecil, perkantoran, dan kebutuhan rumah tangga [2]. Oleh sebab itu, pada transformator distribusi perlu dilakukan pembagian beban yang merata supaya tidak ada arus pada netral dan tidak menimbulkan rugi-rugi daya (*losses*) sehingga kualitas listrik yang dikirim ke pelanggan menjadi baik.

Terjadinya arus pada netral transformator sangat sulit untuk dihindari. Hal tersebut dikarenakan pertumbuhan penduduk di suatu daerah layanan dan pemakaian beban listrik oleh konsumen yang beragam[3]. Menurut standar Perusahaan Listrik Negara (PLN), pembebanan pada transformator distribusi tidak melebihi dari 80%. Jadi, apabila kondisi pembebanan tinggi maka transformator akan berakibat menjadi kelebihan beban (*overload*) sehingga dapat mengurangi umur dari transformator dan juga dapat menyebabkan kerusakan akibat panas yang berlebih [4].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengukuran pembebanan pada transformator distribusi Gardu LSA 249 dan menganalisis rugi-rugi daya (*losses*) yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban. Adapun metode yang digunakan yaitu dengan melakukan pengukuran menggunakan *clamp meter* dan *eart tester*. Selanjutnya dillakukan perhitungan pembebanan transformator, ketidakseimbangan beban, dan rugi-rugi daya pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249.

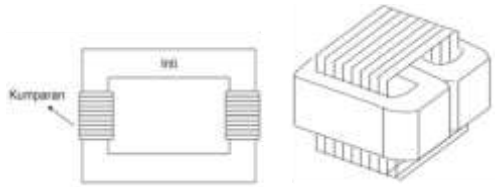
Manfaat penelitian ini yaitu agar dapat mengetahui jumlah beban transformator distribusi pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249 sehingg dapat mengurangi terjadinya rugi-rugi daya serta drop tegangan juga dapat menjaga umur trasformator.

II. METODE

Analisa pembebanan transformator distribusi 20 kV pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249 bertempat di Perumahan BTN Sungai Pauh Kota Langsa Aceh Timur. Adapun untuk mendapatkan hasil penelitian, maka digunakan metode pengukuran langsung ke lapangan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *clamp meter* dan *eart tester* untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan serta nilai tahanan dari *grounding*. Dari hasil pengukuran tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan beberapa parameter seperti pembebanan transformator, ketidakseimbangan beban, serta rugi-rugi daya pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249.

A. Pembebanan Transformator

Transformator merupakan sesuatu perlengkapan listrik yang bisa memindahkan serta mengonversikan tenaga listrik dari satu maupun beberapa rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya dengan sesuatu gandengan magnet yang berlandaskan kepada prinsip induksi elektromagnet. Pemanfaatan transformator pada sistem tenaga listrik perlu disesuaikan dengan kebutuhan, baik dalam hal tegangan tinggi, menengah, juga rendah [5].



(a) (b)

Gambar 1. Jenis transformator (a) inti dan (b) cangkang [5]

Daya kerja pada tranformator menandakan kapasitas transformator dengan menggunakan persamaan [6],

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

dengan:

S = Daya pada transformator (kVA)

V = Tegangan transformator pada sisi sekunder (kV)

I = Arus listrik pada jala-jala (Amp)

Jadi, untuk dapat menghitung nilai persentase pembebanan pada transformator menggunakan persamaan sebagai berikut [7],

$$\%b = \frac{\text{Irata-rata}}{I_{FL}} \times 100\% \quad (2)$$

dengan:

%b = Persentase pembebanan pada trafo (%)

$I_{rata\text{-}rata}$ = Arus rata-rata pada ketiga fasa (Amp)

I_{FL} = Arus beban ketika *full* (Amp)

B. Rugi –rugi Daya

Beban yang tidak seimbang atau sering disebut dengan ketidakseimbangan beban terjadi apabila pembagian beban pada setiap fasa R, S, dan T yang terlayani tidak sama besar sehingga terindikasi adanya arus pada netral trafo yang mengakibatkan terjadinya rugi-rugi daya [8]. Adapun persamaan dari rugi-rugi daya yang terjadi pada netral transformator yaitu:

$$P_N = I_N^2 \text{ x } R_N \quad (3)$$

dengan:

P_N = Rugi-rugi daya pada netral trafo (W)

I_N^2 = Arus yang mengalir pada netral trafo (Amp)

R_N = Tahanan penghantar netral trafo (Ω)

Selanjutnya, rugi-rugi daya yang diakibatkan karena arus netral yang menuju ke tanah dapat digunakan persamaan:

$$P_G = I_G^2 \text{ x } R_G \quad (4)$$

dengan:

P_G = Losses pada penghantar netral trafo (W)

I_G^2 = Arus yang mengalir pada netral trafo (Amp)

R_G = Tahanan penghantar netral trafo (Ω)

C. Daya Pada Saluran Transformator

Besarnya daya yang melewati suatu saluran netral transformator pada keadaan seimbang dapat dihitung menggunakan persamaan (5). Daya pada sisi terima lebih kecil dari daya kirim, hal ini dikarenakan mengalami penyusutan pada saluran saat dilakukan proses penyaluran [9]:

$$P = 3 \text{ x } V \text{ x } I \text{ x } \cos\varphi \quad (5)$$

dengan:

P = Daya kirim (W)

V = Tegangan kirim (Volt)

cos φ = Faktor daya

Pada keadaan seimbang, nilai arus fasa (*I*) sama besar dengan daya (*P*). Namun, pada kondisi tidak seimbang nilai arus-arus fasa dapat ditentukan menggunakan persamaan koefisien a, b, serta c [10]:

$$[I_R] = a\,[I]$$
$$[I_S] = b\,[I] \quad (6)$$
$$[I_T] = c\,[I]$$

dimana I_R adalah arus pada fasa *R*, I_S adalah arus pada fasa *S*, serta I_T adalah arus pada fasa *T*.

Apabila nilai faktor daya pada ketiga fasa diasumsukan sama meskipun besarnya nilai arus pada tiap fasa berbeda, maka dapat ditentukan besarnya daya dengan persamaan [11]:

$$P = (a + b + c) \text{ x } V \text{ x } I \text{ x } \cos\varphi \quad (7)$$

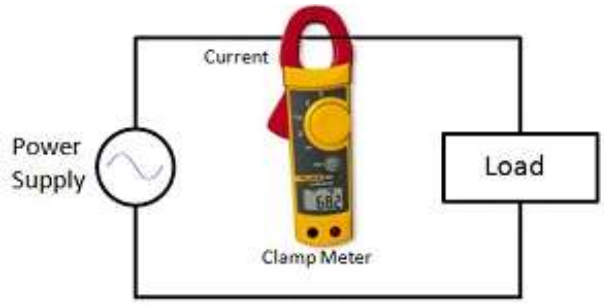
Selanjutnya bila daya dinyatakan sama besar, maka koefisien a, b, dan c didapatkan dari penggabungan persamaan (6) dan (7), yaitu [12][13] :

$$a + b + c = 3 \quad (8)$$

Jadi, dari persamaan (8) diketahui bahwa nilai a=b=c=1karena pada keadaan seimbang.

D. Clamp Meter

Clamp Meter merupakan salah satu peralatan instrumentasi yang difungsikan sebagai alat ukur arus listrik pada sebuah penghantar yang dialiri arus listrik dengan cara menjepit memakai dua angkupnya serta tidak perlu menghubungkan dengan kontak terminalnya. *Clamp Meter* juga bisa digunkan untuk mengukur nilai tahanan, tegangan AC, tegangan DC, dan lain sebagainya karena memiliki dua *probe* [14].



Gambar 2. Alat pengukuran arus

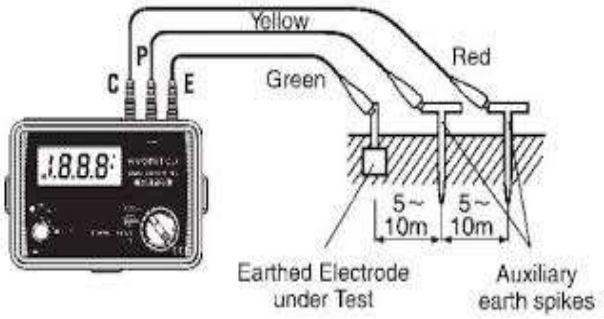
Pada dasarnya setiap arus listrik yang melalui penghantar akan memproduksikan medan magnet, dimana arus bolak balik (AC) adalah arus yang dapat menyebabkan terjadinya fluktuasi medan magnet yang ekivalen dengan pergerakan arus listriknya.

Sehingga transformator akan merasakan fluktuasi medan magnet tersebut kemudian mengkonversikannya pada layar *clamp meter*. Cara pengukuran ini dapat membuat seseorang lebih mudah dalammelakukan pengukuran arus listrik terutama pada arus listrik yang tinggi.

E. Earth Tester

Earth tester merupakan salah satu peralatan instrumentasi yang dipergunakan untuk mengukur nilai tahanan tanah (*grounding*). Tinggi rendahnya nilai tahanan tanah sangat berperan penting dalam melakukan suatu instalasi listrik baik untuk bangunan, peralatan dalam ataupun luar bangunan. *Earth tester* memilki tiga buah batang elektroda yang ditancapkan ke tanah ketika dilakukan proses pengukuran, yaitu elektroda E (*Earth*), elektroda P (*Potensial*) dan elektroda C (*Current*).

Pada *earth* tester juga memiliki diagram rangkaian osilator, tegangan input, arus input dan mikrokontroler, serta *liquid crystal display* (LCD). Mikrokontroler memiliki fungsi sebagai sarana untuk mengolah data sebelum dimunculkan di LCD. Dalam hal ini nilai tahanan tanah sangat bergantung terhadap kondisi tanah pada saat dilakukan pengukuran [15].



Gambar 3. Alat pengukuran tahanan pentanahan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Pembebanan Transformator

Perhitungan pembebanan transformator yaitu dengan menghitung arus beban penuh pada sisi sekunder.

TABEL 1. DATA TRANSFORMATOR LSA 249

Data Teknis	Keterangan
Kode gardu	LSA 249
Penyulang	LS-5
Merk	STW
Tipe tiang	Tiang Portal
Daya	50 KVA
Fasa	3 Fasa
Arus (A) High Voltage/Primer	1,4 A
Arus (A) Low Voltage/Skunder	72 A
Tegangan (KV) primer	20 KV
Tegangan (V) skunder	400 V
Jenis Penampang (mm)2	
Kabel induk	*Out Going*
TIC 3 x 70 + 50	NYY 4 x 25

$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}.V} = \frac{50\ KVA}{\sqrt{3}.400V}$ = 72,25 Amp

$I_{\text{rata-rata pagi}} = \frac{I_R+I_S+I_T}{3} = \frac{47+48+42}{3}$ = 45,66 Amp

$I_{\text{rata-rata Siang}} = \frac{I_R+I_S+I_T}{3} = \frac{53+23+39}{3}$ = 38,33 Amp

$I_{\text{rata-rata Malam}} = \frac{I_R+I_S+I_T}{3} = \frac{139+131+140}{3}$ = 136,66 Amp

1. Beban pada pagi hari

$$\frac{\text{Irata-rata Pagi}}{I_{FL}} = \frac{45{,}66\ \text{A}}{72{,}25\ \text{A}} \text{ x } 100\% = 63{,}19\ \%$$

2. Beban pada siang hari

$$\frac{\text{Irata-rata Siang}}{I_{FL}} = \frac{38{,}33\ \text{A}}{72{,}25\ \text{A}} \text{ x } 100\% = 53{,}05\ \%$$

3. Beban pada malam hari

$$\frac{\text{Irata-rata Malam}}{I_{FL}} = \frac{136{,}66\ \text{A}}{72{,}25\ \text{A}} \text{ x } 100\% = 189\ \%$$

TABEL 2. HASIL PEMBEBANAN TRANSFORMATOR PERJAM

Jam	I Phasa (Amp)			$I_{rata-rata}$ (Amp)	Persentase (%)
	R	*S*	*T*		
00.00	34	17	29	26,66	36,78
01.00	32	14	25	23,66	32,64
02.00	31	13	23	22,33	30,75
03.00	29	13	22	21,33	29,42
04.00	30	13	24	22,33	30,8
05.00	36	19	29	28	38,62
06.00	47	38	42	42	58,39
07.00	53	42	49	48	66,2
08.00	58	47	52	52,33	72,18
09.00	68	51	63	60,66	83,66
10.00	92	84	89	88,33	102
11.00	96	86	91	91	125
12.00	51	39	43	44,33	61,14
13.00	53	23	39	38,33	53,09
14.00	70	59	68	65,66	90,57
15.00	89	71	79	79,66	109
16.00	98	85	91	91,33	125,97
17.00	102	91	99	97,33	134
18.00	110	109	108	109	72,5

Jam	I Phasa (Amp)			$I_{rata-rata}$ (Amp)	Persentase (%)
	R	*S*	*T*		
19.00	138	127	132	132,33	182
20.00	139	131	140	136,66	188
21.00	141	133	147	140,33	193
22.00	107	93	98	99,33	137
23.00	63	49	56	56	77

B. Perhitungan Ketidakseimbangan Beban

1. Ketidakseimbangan beban pada pagi hari

a $= \frac{I_R}{Irata-rata} = \frac{47\ A}{45{,}66\ A} = 1{,}02$ Amp

b $= \frac{I_S}{Irata-rata} = \frac{38\ A}{45{,}66\ A} = 0{,}83$ Amp

c $= \frac{I_T}{Irata-rata} = \frac{42\ A}{45{,}66\ A} = 0{,}91$ Amp

Untuk nilai koefisien a, b, dan c pada keadaan seimbang adalah 1, persentase ketidakseimbangan beban didapatkan:

$= \left\{\frac{|a-1|+|b-1|+|c-1|}{3}\right\} x\ 100\%$

$= \left\{\frac{|1.02-1|+|0{,}83-1|+|0{,}91-1|}{3}\right\} x\ 100\%$

$= \left\{\frac{|0{,}2|+|0{,}17|+|0{,}09|}{3}\right\} x\ 100\% = 15\ \%$

2. Ketidakseimbangan beban pada siang hari

a $= \frac{I_R}{Irata-rata} = \frac{53\ A}{38{,}33\ A} = 1{,}38$ Amp

b $= \frac{I_S}{Irata-rata} = \frac{23\ A}{38{,}33\ A} = 0{,}60$ Amp

c $= \frac{I_T}{Irata-rata} = \frac{39\ A}{38{,}33\ A} = 1{,}01$ Amp

Untuk nilai koefisien a, b, dan c pada keadaan seimbang adalah 1, persentase ketidakseimbangan beban didapatkan:

$= \left\{\frac{|a-1|+|b-1|+|c-1|}{3}\right\} x\ 100\%$

$= \left\{\frac{|1.38-1|+|0{,}60-1|+|1.01-1|}{3}\right\} x\ 100\%$

$= \left\{\frac{|0{,}38|+|0{,}40|+|0{,}01|}{3}\right\} x\ 100\% = 26\ \%$

3. Ketidakseimbangan beban pada malam hari

a $= \frac{I_R}{Irata-rata} = \frac{139\ A}{136{,}66\ A} = 1{,}01$ Amp

b $= \frac{I_S}{Irata-rata} = \frac{131\ A}{136{,}66\ A} = 0{,}95$ Amp

c $= \frac{I_T}{Irata-rata} = \frac{140\ A}{136{,}66\ A} = 1{,}02$ Amp

Untuk nilai koefisien a, b, dan c pada keadaan seimbang adalah 1, persentase ketidakseimbangan beban didapatkan:

$= \left\{\frac{|a-1|+|b-1|+|c-1|}{3}\right\} x\ 100\%$

$= \left\{\frac{|1{,}01-1|+|0{,}95-1|+|1.02-1|}{3}\right\} x\ 100\%$

$= \left\{\frac{|0{,}09|+|0{,}05|+|0{,}08|}{3}\right\} x\ 100\% = 22\ \%$

TABEL 3. HASIL KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PERJAM

Jam	I Phasa (Amp)			I Netral (Amp)	$I_{rata-rata}$ (Amp)	Ketidakseimbangan Beban (%)
	R	*S*	*T*			
00.00	34	17	29	12	26,66	24
01.00	32	14	25	11	23,66	27
02.00	31	13	23	9	22,33	25
03.00	29	13	22	13	21,33	26
04.00	30	13	24	9	22,33	27
05.00	36	19	29	19	28	21
06.00	47	38	42	3	42	7
07.00	53	42	49	12	48	8,3
08.00	58	47	52	5	52,33	7,3
09.00	68	51	63	7	60,66	10,33
10.00	92	84	89	6	88,33	3
11.00	96	86	91	3	91	3,6
12.00	51	39	43	5	44,33	10,6
13.00	53	23	39	8	38,33	26
14.00	70	59	68	26	65,66	32,66
15.00	89	71	79	14	79,66	7,6
16.00	98	85	91	6	91,33	5
17.00	102	91	99	3	97,33	4
18.00	110	109	108	2	109	1
19.00	138	127	132	4	132,33	15
20.00	139	131	140	3	136,66	3
21.00	141	133	147	5	140,33	3,33
22.00	107	93	98	4	99,33	5,3
23.00	63	49	56	17	56	8,1

C. Perhitungan Rugi-rugi Daya

Diketahui penghantar kabel Saluran JTR memiliki jenis penghantar kabel TIC 3 x 35 + 50 mm^2 dengan panjang 1.417 m atau 1,417 km. Untuk penghantar netral mempunyai ukuran kabel 50 mm^2, maka R = 0,695 x 1,417 km = 0,9848 Ω.

Jadi, rugi-rugi daya transformator akibat arus netral dapat diketahui sebesar:

1. Pagi hari

$P_N = I_N^2 \times R_N$

$P_N = (3)^2 \times 0{,}9848 = 8{,}8632$ Watt ≈ 0,0088 kW

Daya aktif transformator, dimana cos ø di asumsikan 0

P = 50 x 0,8 = 40 kW

Jadi, persentase rugi-rugi daya pada pagi hari yaitu:

$\%P = \frac{P_N}{P} x\ 100\% = \frac{0{,}0088\ kW}{40\ kW} x\ 100\% = 0{,}02\ \%$

2. Siang hari

$P_N = I_N^2 \times R_N$

$P_N = (8)^2 \times 0{,}9848 = 62{,}91$ Watt ≈ 0,06291 kW

Jadi, persentase rugi-rugi daya pada siang hari yaitu:

$\%P = \frac{P_N}{P} x\ 100\% = \frac{0{,}06291\ kW}{40\ kW} x\ 100\% = 0{,}15\ \%$

3. Malam hari

$P_N = I_N^2 \times R_N$

$P_N = (5)^2 \times 0{,}9848 = 24{,}62$ Watt ≈ 0.02462 kW

Jadi, persentase rugi-rugi daya pada malam hari yaitu:

$\%P = \frac{P_N}{P} x\ 100\% = \frac{0.02462\ kW}{40\ kW} x\ 100\% = 0{,}061\ \%$

TABEL 4. HASIL RUGI-RUGI DAYA PERJAM

Jam	I Phasa (A)			I Netral (Amp)	$I_{rata-rata}$ (Amp)	Rugi-rugi daya (%)
	R	*S*	*T*			
00.00	34	17	29	12	26,66	0,037
01.00	32	14	25	11	23,66	0,029
02.00	31	13	23	9	22,33	0,019

Jam	I Phasa (A)			I Netral (Amp)	$I_{rata-rata}$ (Amp)	Rugi-rugi daya (%)
	R	*S*	*T*			
03.00	29	13	22	13	21,33	0,041
04.00	30	13	24	9	22,33	0,019
05.00	36	19	29	19	28	0,088
06.00	47	38	42	3	42	0,00021
07.00	53	42	49	12	48	0,037
08.00	58	47	52	5	52,33	0,00061
09.00	68	51	63	7	60,66	0,0012
10.00	92	84	89	6	88,33	0,00085
11.00	96	86	91	3	91	0,00021
12.00	51	39	43	5	44,33	0,00061
13.00	53	23	39	8	38,33	0,0015
14.00	70	59	68	26	65,66	0,166
15.00	89	71	79	14	79,66	0,049
16.00	98	85	91	6	91,33	0,00085
17.00	102	91	99	3	97,33	0,00021
18.00	110	109	108	2	109	0,000098
19.00	138	127	132	4	132,33	0,00046
20.00	139	131	140	3	136,66	0,00021
21.00	141	133	147	5	140,33	0,00061
22.00	107	93	98	4	99,33	0,00046
23.00	63	49	56	17	56	0,0733

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa persentase pembebanan transformator distribusi 20 kV pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249 yang berada di perumahan BTN Sungai Pauh pada waktu pagi hari 63,19 %, siang hari 53,05 %, dan malam hari dapat dinyatakan sudah overload dikarenakan persentase pembebanan 189 % dengan nilai R sebesar 139 Amp, nilai S sebesar 131 Amp, dan nilai T sebesar 140 Amp. Hasil pengukuran dari ketidakseimbangan beban yang terjadi ketiga pagi hari yaitu 15 %, siang hari 26 %, dan malam hari 22%. Besarnya rugi-rugi daya yang melalui netral transformator masing-masing ketika pagi hari sebesar 0,0088 kW dengan 0,02 %, siang hari sebesar 0,06291 kW dengan 0,15 %, dan malam hari sebesar 0.02462 kW dengan 0,061 %.

REFFERENSI

[1] P. Gultom, I. Danial, and M. Rajagukguk, "Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 KV Akibat Pembebanan Lebih Di PT. PLN (PERSERO) Kota Pontianak," *Teknik Elektro*, 2018.

[2] R. Sutjipto, A. D. Novfowan, and R. Duanaputri, "Studi Perencanaan Peningkatan Kinerja Trafo Distribusi Dengan Relokasi Antara 2 Buah Trafo," *JurnalTeknik Elektro (ELTEK) Politeknik Negeri Malang*, vol. 17, no. 2, pp. 69, 2019, doi: 10.33795/eltek.v17i2.161.

[3] A.Sofwan, R. D. Tias, and N.Lubis, "Analisis Susut Umur Transformator Akibat Beban Lebih Dengan Penambahan Transformator Distribusi Sisipan," *Program Studi Teknik Elektro - ISTN*, vol. XX, no. 1, pp. 24–33, 2018.

[4] M. D. Tobi, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di PT PLN (Persero) Area Sorong," *Jurrnal Electro Luceat (JELC)*, vol. 4, no. 1, pp. 1-10, 2018, doi: 10.32531/jelekn.v4i1.80.

[5] S. Samsurizal and B. Hadinoto, "Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di PT. PLN(Persero) Up3 Pondok Gede," *Jurnal Kajian Ilmu Dan Teknologi (KILAT)*, vol. 9, no. 1, pp. 136–142, 2020, doi: 10.33322/kilat.v9i1.784.

[6] M. T. Nugraha,D. Fauziah, "Penanggulangan Overload Transformator Distribusi Dengan Metode Uprating di Gardu PNBS 20 KV ULP Pangandaran," *Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO 2021)*, pp. 293–304, 2021.

[7] Muliadi, Syukuri, and Teuku Murisal Asyadi, "Pengaruh Tingkat Kelembaban Terhadap Kinerja Pemisah (PMS) 150 kV Pada Gardu Induk," *Jambura Journalof Electrical and Electronics Engineering (JJEEE)*, vol. 4, no. 1, pp. 92–98, 2022.

[8] B. Sihotang and I. Handajadi, "Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi 20 Kv Rayon Yogyakarta," *Jurnal Elektrikal*, vol. 2, no. 2, pp. 43–43, 2015.

[9] J. Ohoiwutun, M. Dwiyanto, and T. Sogen, "Analsis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi 100 kVA pada PT. PLN (PERSERO) Unit Aimas," *Jurrnal Electro Luceat (JELC)*,vol. 5, no. 2, 2019.

[10] O. Priyono, "Analisa Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi," *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2017.

[11] R. Afrianda, S. Samsurizal, and A. A. Nurul, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efesiensi Transformator Distribusi Studi Gardu PT PLN (PERSERO) Area Bekasi," *Jurnal Ilmiah Sutet*, vol. 10, no. 1, pp. 29–38, 2021, doi: 10.33322/sutet.v10i1.1277.

[12] H. Gusmedi and F. Priliasari, "Studi Pengaruh Harmonisa pada Arus Listrik Terhadap Besarnya Penurunan Kapasitas Daya (Kva) Terpasang Transformator Distribusi (Studi Kasus : Trafo Distribusi PT. PLN (Persero) wilayah Bekasi Raya)," *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 43–49, 2007.

[13] E. Ediwan, M. Muliadi, M. Mahalla, N. Nazaruddin, and A. Mulkan, "The Reconfiguration of Network at 20 kV Distribution System Nagan Raya Substation with the Addition of the Krueng Isep Hydroelectric Power Plant," *Jurnal Nasional Teknik Elektro (JNTE)*, vol. 10, no. 2, pp. 62-70, 2021, doi: 10.25077/jnte.v10n2.888.2021.

[14] D. Apriliansyah, Purwito, and A. Gaffar, "Analisis Pengaruh Harmonisa Tehadap Rugi – Rugi Daya Pada Transformator Distribusi ULP Karebosi," *Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Informatika(SNETI 2021)*, no. September, pp. 178–184, 2021.

[15] R. Ondrialdi, U. Situmeang, and Zulfahri, "Analisis Pengujian Kualitas Isolasi Transformator Daya di PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang," *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri (SainETIn)*, vol. 4, no. 2, pp. 72–81, 2020, doi: 10.31849/sainetin.v4i2.6288.