

ANALISIS RUGI DAYA TRAFO DISTRIBUSI PADA PENYULANG TAMANSARI KOTA TASIKMALAYA

Muhammad Aris Risnandar¹, Linda Faridah², Rian Nurdiansyah³
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia^{1,2,3}
email: aris_elektro@unsil.ac.id

Abstract

Power losses due to transformers in an electric power system are unavoidable. Therefore PT. PLN (Persero) sets a standard that the power loss due to the distribution transformer should be no more than 2%. To see the extent of power losses due to transformers in an electric power distribution system, further studies should be carried out. This study focuses on one of the feeders in the UP3 Tasikmalaya area, namely the Tamansari feeder (TMSR), where this feeder has 42 distribution transformers with a total transformer capacity of 6,400 kVA. Data measurement in this research uses secondary data obtained from UP3 Tasikmalaya based on measurement data in 2022 which is then processed based on the relevant simulation calculations. Based on the results of the analysis, the power loss due to the transformer is obtained at % where this figure is still within the standard limits that apply according to the SPLN 50:2017.

Keywords: feeder, transformer losses

Abstrak

Rugi daya akibat trafo pada suatu sistem tenaga listrik tak dapat dihindari. Oleh karena itu PT. PLN (Persero) menetapkan standar bahwa rugi daya akibat trafo distribusi tersebut hendaknya tidak lebih dari 2%. Untuk melihat sejauh mana rugi daya akibat trafo pada suatu sistem distribusi tenaga listrik hendaknya perlu dilakukan kajian lebih lanjut. Penelitian ini berfokus pada salah satu penyulang di area UP3 Tasikmalaya yaitu penyulang Tamansari (TMSR), dimana penyulang ini memiliki 41 buah trafo distribusi dengan total kapasitas trafo terpasang sebesar 6.400 kVA. Data pengukuran pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari UP3 Tasikmalaya berdasarkan data pengukuran pada tahun 2022 yang kemudian diolah berdasarkan simulasi perhitungan yang relevan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, rugi daya akibat trafo diperoleh sebesar % dimana angka tersebut masih dalam batasan standar yang berlaku sesuai SPLN 50:2017.

Kata Kunci: penyulang, rugi daya trafo

I. PENDAHULUAN

Peran trafo pada suatu sistem distribusi tenaga listrik memiliki peran yang sangat penting, dimana trafo tersebut digunakan untuk menurunkan tegangan sistem agar dapat digunakan oleh konsumen sesuai dengan tegangan nominal peralatan-peralatan listrik yang digunakannya.

Secara umum, penyaluran daya listrik tersebut selalu menimbulkan rugi-rugi daya (*losses*), tak terkecuali pada trafo distribusi. Rugi-rugi pada trafo distribusi disebabkan oleh rugi-rugi tembaga (*copper losses*) dan rugi-rugi inti besi (*core losses*) [1]. Rugi-rugi daya tersebut berbanding lurus dengan kuadrat nominal arus dan impedansi, sehingga semakin tinggi arus yang mengalir, maka semakin tinggi pula rugi daya pada komponen listrik tersebut [2].

Karena rugi daya tersebut tidak dapat dihindari, maka PT. PLN (Persero) melalui SPLN 50:1997 menetapkan standar rugi daya pada trafo distribusi sebesar $\leq 2\%$ [3].

Penyulang TMSR yang berada pada pengawasan UP3 Tasikmalaya memiliki 41 buah trafo dengan total kapasitas terpasang sebesar 6.400 kVA perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait pemenuhan standar tersebut. Hal ini didasari hasil analisis data awal terdapat 2 buah trafo distribusi dengan kondisi overload dan 16 buah trafo dengan kondisi *underload*.

Kondisi *underload* mengakibatkan kerugian di sisi ekonomis, sedangkan kondisi *overload* mengakibatkan terganggunya kontinuitas penyaluran daya listrik yang secara tidak langsung mengurangi umur trafo tersebut selain rugi daya yang lebih tinggi [4].

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Pembebanan Trafo

Kondisi pembebanan trafo distribusi hendaknya berada pada nilai 40 – 80%. Jika prosentase pembebanan $<40\%$, dinyatakan dengan *underload* dan $>80\%$ dinyatakan dengan *overload* atau *overblast* jika pembebanan $>100\%$. Dimana prosentase pembebanan tersebut merupakan standar pembebanan yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) [5].

Pembebanan Trafo distribusi tersebut diperoleh melalui persamaan:

$$\%beban_{trafo} = \frac{S_{beban}}{S_{trafo}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

$$S_{beban} = \sum_{F=1}^3 I_F \times V_{FN} \quad (2)$$

S_{beban} = daya pengukuran pada sisi sekunder (kVA)

S_{trafo} = daya nominal trafo (kVA)

I_F = arus fasa sekunder I_R, I_S, I_T (A)

V_{FN} = tegangan fasa netral sekunder V_{RN}, V_{SN}, V_{TN} (V)

B. Rugi Daya pada Trafo

Secara ideal, daya listrik yang diserap pada sisi primer akan sama besarnya dengan daya listrik yang dihasilkan pada sisi sekunder trafo. Namun dalam kenyataannya, hal tersebut tidak akan sama. Hal inilah yang disebut dengan adanya rugi daya pada transformator [1].

Rugi daya pada trafo terdiri dari rugi inti dan rugi tembaga, dimana secara umum rugi daya pada trafo ditulis:

$$P_{loss} = P_{cu} + P_{core} \quad (3)$$

dimana:

P_{loss} = rugi daya total trafo (W)

P_{cu} = rugi tembaga trafo (W)

P_{core} = rugi inti besi (W)

1) *Rugi Tembaga (Copper Losses)*

Rugi tembaga disebabkan oleh arus yang mengalir pada kumparan trafo, baik di sisi primer maupun sisi sekunder. Rugi tembaga ini berbanding lurus dengan beban sehingga dengan peningkatan arus beban tersebut mengakibatkan rugi tembaga yang semakin besar. Adapun pendekatan untuk memperoleh rugi tembaga yaitu:

$$P_{cu} = I_p^2 \times R_p + I_s^2 \times R_s \tag{4}$$

dimana:

P_{cu} = rugi tembaga (W)

I_p, I_s = arus primer dan arus sekunder (A)

R_p, R_s = resistansi kumparan primer dan sekunder (Ω)

2) *Rugi Inti Besi (Core Losses)*

Rugi inti besi disebabkan oleh rugi hysteresis dan arus eddy yang dapat diukur melalui pengujian tanpa beban. Rugi hysteresis disebabkan oleh fluks bolak-balik yang terdapat pada inti besi. Sehingga rugi hysteresis dapat dinyatakan melalui persamaan:

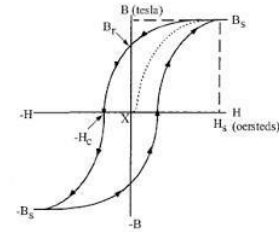
$$P_h = K_h f B_m^2 \tag{5}$$

dimana:

K_h = konstanta hysteresis

f = frekuensi (Hz)

B_m = kerapatan fluks maksimum (Tesla)

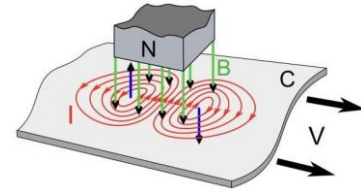


Gbr 1. Kurva Hysteresis [1]

Rugi arus eddy disebabkan oleh pemanasan pada inti besi oleh arus yang terinduksi pada inti sehingga perbedaan tegangan antar sisinya menyebabkan arus putar pada sisi yang lebih luas. Rugi arus eddy ini dinyatakan melalui persamaan:

$$P_e = K_e f^2 B_m^2 \tag{6}$$

dimana K_e adalah konstanta arus eddy.



Gbr 2. Ilustrasi Arus Eddy [1]

Karena rugi inti besi diperoleh dari penjumlahan rugi hysteresis dan rugi arus eddy, maka dapat kita jumlahkan persamaan (5) dan (6) sehingga rugi inti besi dapat dinyatakan:

$$P_{fe} = K_h f B_m^2 + K_e f^2 B_m^2 \tag{7}$$

III. METODE

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari UP3 Tasikmalaya. Adapun data pengukuran yang digunakan yaitu data pengukuran siang hari pada bulan Mei 2022.

A. Tahapan Penelitian

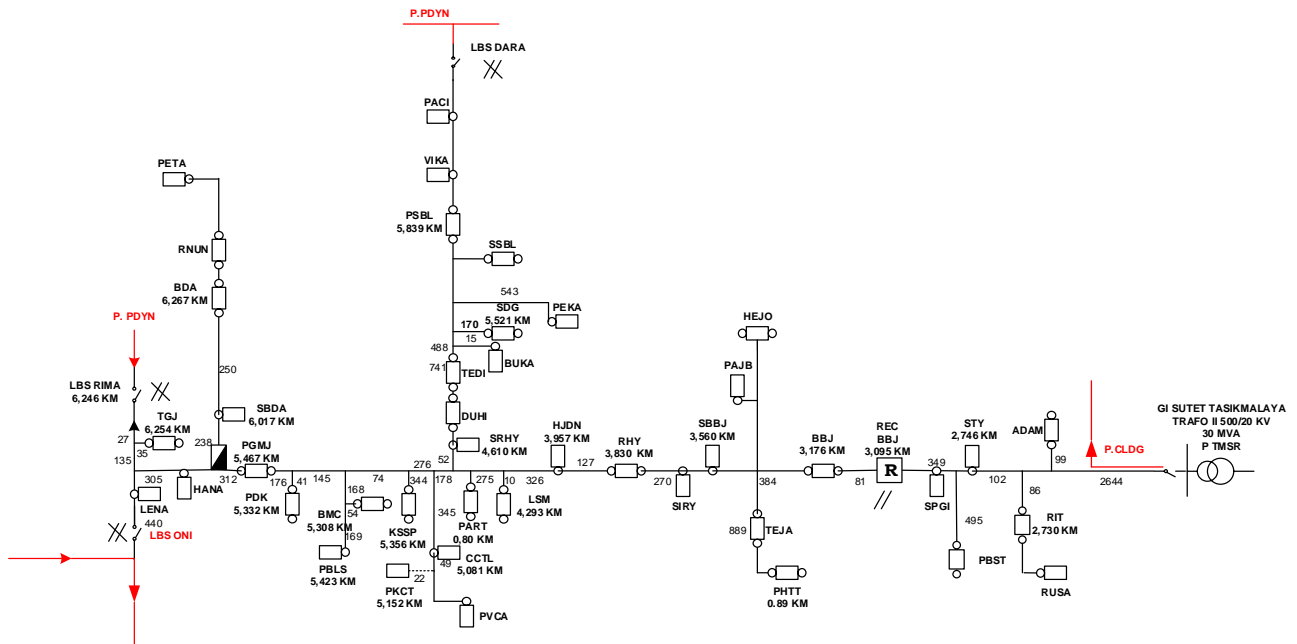
Tahapan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

Tbl 1. Tahapan Penelitian

No.	Tahapan	Penjelasan	Hasil yang Diperoleh
1	Pengumpulan Data	Pengumpulan data sekunder dari UP3 Tasikmalaya (Penyulang TMSR) berupa jumlah trafo, spesifikasi trafo, data pengukuran arus dan tegangan sekunder.	- Data jumlah dan kapasitas trafo; - Data spesifikasi trafo; - Data pengukuran arus sekunder masing-masing trafo; - Data pengukuran tegangan sekunder masing-masing trafo.
2	Pengolahan data pembebanan trafo	Perhitungan data pembebanan trafo berdasarkan data arus dan tegangan sekunder trafo.	- Data beban masing-masing trafo; - Prosentase pembebanan masing-masing trafo.
3	Pengolahan data rugi-rugi daya trafo	Perhitungan rugi-rugi daya trafo berdasarkan data spesifikasi trafo dan data pengukuran arus dan tegangan sekunder trafo.	- Data rugi-rugi daya masing-masing trafo.
4	Penyusunan Kesimpulan	Analisis penyebab terjadinya rugi-rugi daya trafo distribusi di penyulang TMSR.	- Kesimpulan penelitian.

B. Single Line Diagram

Penyulang TMSR disuplai oleh GI Tasik Baru Tasikmalaya, tepatnya Trafo II 150/20 kV berkapasitas 30 MVA. Adapun total kapasitas trafo terpakai pada penyulang ini sebesar 6.400 kVA atau 21,33% dari kapasitas trafo gardu induk. Jumlah bus pada penyulang TMSR yaitu sebanyak 59 bus termasuk bus GI dengan 41 buah trafo distribusi 20/0,4 kV.



Gbr 3. Single Line Diagram Penyulang TMSR

C. Peta Penyulang

Agar dapat memperoleh gambaran lebih jelas, maka peta penyulang TMSR ditunjukkan Gbr 4.



Gbr 4. Peta Penyulang Tamansari

D. Penghantar

Jenis penghantar yang digunakan pada penyulang TMSR yaitu AAAC 3x70 mm². Adapun jarak penghantar antar masing-masing bus ditunjukkan Tbl 2.

Tbl 2. Panjang Penghantar

Penghantar	Bus Kirim	Bus Terima	Panjang Saluran (km)
1	1	2	1,920
2	2	3	0,084
3	2	4	0,251
4	4	5	0,100
5	5	6	0,103
6	4	7	0,101
7	7	8	0,548
8	8	9	0,150
9	8	10	0,165
10	10	11	0,175
11	11	12	0,352
12	12	13	0,553
13	13	14	0,558
14	12	15	0,289
15	12	16	0,082
16	16	17	0,195
17	17	18	0,120
18	18	19	0,325
19	19	20	0,026
20	20	21	0,196
21	20	22	0,080
22	22	23	0,087
23	22	24	0,042
24	24	25	0,337
25	25	26	0,024

Penghantar	Bus Kirim	Bus Terima	Panjang Saluran (km)
26	26	27	0,040
27	27	28	0,020
28	28	29	0,221
29	28	30	0,028
30	30	31	0,118
31	31	32	0,236
32	31	33	0,680
33	33	34	0,221
34	33	35	0,063
35	35	36	0,008
36	36	37	0,235
37	36	38	0,112
38	38	39	0,185
39	24	40	0,356
40	40	41	0,016
41	41	42	0,322
42	42	43	0,162
43	40	44	0,313
44	44	45	0,084
45	44	46	0,149
46	46	47	0,061
47	47	48	0,164
48	47	49	0,185
49	46	50	0,043
50	50	51	0,189
51	50	52	0,108
52	52	53	0,211
53	53	54	0,239
54	54	55	0,068
55	55	56	0,419
56	56	57	0,290
57	57	58	0,116
58	54	59	0,252

E. Data Kapasitas Trafo

Total kapasitas trafo yang digunakan untuk melayani beban sebesar 6.400 kVA dari 7.500 kVA trafo terpasang. Adapun data trafo pada penyulang TMSR ditunjukkan Tbl 3.

Tbl 3. Data Trafo

No.	Bus	Trafo	Kapasitas (kVA)	Status
1	3	ADAM	100	In Service
2	5	RIT	200	In Service
3	5	RUSA	100	In Service
4	6	STY	100	In Service
5	8	PBST	250	In Service
6	9	SPGI	100	In Service
7	10	BBJ	250	In Service
8	12	TEJA	200	In Service
9	13	PHTT	250	In Service
10	14	HEJO	250	In Service
11	15	SBBJ	100	In Service
12	16	SIRY	160	In Service
13	17	RHY	250	In Service
14	18	HJDN	100	In Service
15	20	LSM	200	In Service
16	22	PART	100	In Service
17	24	SRHY	160	In Service
18	25	DUHI	160	In Service
19	26	TEDI	100	In Service
20	28	BARU	100	Out Service
21	29	BUKA	50	In Service
22	31	SDG	250	In Service

No.	Bus	Trafo	Kapasitas (kVA)	Status
23	33	PEKA	160	In Service
24	34	SSBL	250	In Service
25	36	PSBL	200	In Service
26	37	VIKA	100	In Service
27	38	PACI	100	In Service
28	40	CCTL	160	In Service
29	41	PKCT	1000	Out Service
30	42	PVCA	100	In Service
31	44	KSSP	250	In Service
32	47	BMC	200	In Service
33	48	PBLS	100	In Service
34	50	PDK	250	In Service
35	51	PGMJ	200	In Service
36	52	HANA	100	In Service
37	54	SBDA	100	In Service
38	55	RNUN	250	In Service
39	55	BDA	250	In Service
40	56	PETA	100	In Service
41	58	LENA	100	In Service

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Beban Trafo

Berdasarkan hasil perhitungan, pembebanan pada masing-masing trafo ditunjukkan:

Tbl 4. Data Pembebanan Trafo

No.	Trafo	Kapasitas (kVA)	Pembebanan
1	ADAM	100	20.04%
2	RIT	200	52.45%
3	RUSA	100	3.05%
4	STY	100	65.35%
5	PBST	250	6.83%
6	SPGI	100	60.65%
7	BBJ	250	59.47%
8	TEJA	200	33.51%
9	PHTT	250	38.15%
10	HEJO	250	42.59%
11	SBBJ	100	47.30%
12	SIRY	160	69.93%
13	RHY	250	85.96%
14	HJDN	100	66.55%
15	LSM	200	35.09%
16	PART	100	9.63%
17	SRHY	160	63.08%
18	DUHI	160	19.18%
19	TEDI	100	59.11%
20	BARU	100	Tidak Terukur
21	BUKA	50	8.66%
22	SDG	250	68.06%
23	PEKA	160	40.41%
24	SSBL	250	42.34%
25	PSBL	200	26.05%
26	VIKA	100	21.63%
27	PACI	100	20.15%
28	CCTL	160	35.24%
29	PKCT	1000	Tidak Terukur
30	PVCA	100	10.45%
31	KSSP	250	78.79%
32	BMC	200	56.48%
33	PBLS	100	10.06%
34	PDK	250	47.24%
35	PGMJ	200	58.38%
36	HANA	100	1.81%

No.	Trafo	Kapasitas (kVA)	Pembebanan
37	SBDA	100	73.63%
38	RNUN	250	24.89%
39	BDA	250	60.58%
40	PETA	100	65.68%
41	LENA	100	81.81%

B. Rugi Daya Trafo

Berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan data pengukuran siang hari pada Bulan Mei 2022, maka diperoleh rata-rata rugi daya pada masing-masing trafo sebesar atau sebesar .

Tbl 5. Data Rugi Daya Trafo

No.	Trafo	Losses (kW)	% Losses	Standar
1	ADAM			Sesuai
2	RIT			Sesuai
3	RUSA			Sesuai
4	STY			Sesuai
5	PBST			Sesuai
6	SPGI			Sesuai
7	BBJ			Sesuai
8	TEJA			Sesuai
9	PHTT			Sesuai
10	HEJO			Sesuai
11	SBBJ			Sesuai
12	SIRY			Sesuai
13	RHY			Dibawah
14	HJDN			Sesuai
15	LSM			Sesuai
16	PART			Sesuai
17	SRHY			Sesuai
18	DUHI			Sesuai
19	TEDI			Sesuai
20	BARU			Sesuai
21	BUKA			Sesuai
22	SDG			Sesuai
23	PEKA			Sesuai
24	SSBL			Sesuai
25	PSBL			Sesuai
26	VIKA			Sesuai
27	PACI			Sesuai
28	CCTL			Sesuai
29	PKCT			Sesuai
30	PVCA			Sesuai
31	KSSP			Sesuai
32	BMC			Sesuai
33	PBLS			Sesuai
34	PDK			Sesuai
35	PGMJ			Sesuai
36	HANA			Sesuai
37	SBDA			Sesuai
38	RNUN			Sesuai
39	BDA			Sesuai
40	PETA			Sesuai
41	LENA			Dibawah

Berdasarkan paparan rugi-rugi daya pada masing-masing trafo, maka rugi daya akibat trafo pada penyulang TMSR yaitu sebesar % dari total seluruh rugi-rugi daya pada sistem distribusi tersebut.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang digunakan, maka rugi-rugi daya pada trafo distribusi di penyulang TMSR yaitu sebesar atau sebesar % dari rugi daya pada penyulang yang diakibatkan rugi daya penghantar dan trafo. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa rugi daya pada penyulang TMSR ini masih dalam kondisi standar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Universitas Siliwangi melalui LP2M-PMP yang telah mendanai penelitian ini yang berjudul: "Optimasi Penempatan Trafi Untuk Meminimalisir Rugi Daya Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO)".

REFERENSI

- [1] H. Elnizar, H. Gusmedi, and O. Zebua, "Analisis Rugi-Rugi (Losses) Transformator Daya 150/20 KV di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sutami ULTG Tarahan," *Electr. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 116–126, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n2.2197.
- [2] D. W. Sasongko, M. Suyanto, and Mujiman, "Analisis Terjadinya Losses Pada Transformator Daya 20 KV Jaringan Distribusi di Gardu Induk Wonosari Surakarta," *J. Elektr.*, vol. 4, no. 1, pp. 74–82, 2017.
- [3] PT. PLN (Persero), "SPLN 50:1997 Spesifikasi Transformator Distribusi." PT. PLN (Persero), Jakarta, pp. 1–20, 1997.
- [4] I. W. Sudiarta, I. P. Sutawinaya, I. K. TA, and A. Firman, "Manajemen Trafo Distribusi 20Kv Antar Gardu B1031 Dan B1033 Penyulang Liligundi Dengan Menggunakan Simulasi Program Etap," *J. Log.*, vol. 16, no. 3, pp. 166–171, 2016.
- [5] C. Arifin, B. S. Purwito, and A. Sholihuddin, "Studi Analisa Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Beban Lebih di PT. PLN (Persero) Area Kediri Upj Rayon Srengat Blitar," *J. Qua Tek.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–15, 2017, doi: 10.35457/quateknika.v7i2.238.

BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Aris Risnandar, lahir di Ciamis, 10 April 1988. Penulis lulus sarjana Pendidikan Teknik Elektro pada tahun 2013 di UPI Bandung serta lulus magister Teknik Elektro pada tahun 2015 di ITB. Riset penelitian yang dilakukan pada bidang sistem tenaga listrik khususnya sistem distribusi tenaga listrik.



Linda Faridah, lahir di Bandung, 17 Maret 1995. Penulis lulus sarjana Pendidikan Teknik Elektro pada tahun 2016 di UPI Bandung serta lulus magister Teknik Elektro pada tahun 2018 di ITB. Riset penelitian yang dilakukan pada bidang sistem tenaga listrik khususnya konversi energi listrik.



Rian Nurdiansyah, lahir di Ciamis, 20 September 1988. Penulis lulus sarjana Teknik Elektro pada tahun 2012 di Unsil Tasikmalaya serta lulus magister Teknik Elektro pada tahun 2019. Riset penelitian yang dilakukan pada bidang tenaga listrik khususnya material tegangan tinggi.