

ANALISA PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DI APARTEMEN ROYAL CITYLOFT

Adiva Dwi Pamungkas¹, Gatut Budiono².
Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118
Telp.(031)5931800, Faks,(031)5927817.
E-mail: adivadwipamungkas@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian terhadap pembebanan transformator perlu dilakukan agar load (beban) yang terpasang tidak melebihi kapasitas transformator. Nilai standard pembebanan yang ditetapkan SPLN 17 : 1979 adalah minimal 40% dan maksimal 80%. Dan diharapkan nilai load (beban) pada (Fasa R, S, dan T) seimbang. Bila terjadinya ketidakseimbangan beban juga dianjurkan tidak melebihi 2%. Ketidakseimbangan beban tersebut mengakibatkan timbulnya arus pada penghantar netral (losses). Setelah melakukan perhitungan dan analisa transformator di Apartemen Royal Cityloft, persentase beban saat beban puncak adalah 11,3% (underload) pada pengukuran hari ke-3 pukul 19.00-20.00 dan untuk ketidakseimbangan beban tertinggi didapatkan pada hari ke-2 dan hari ke-5 dengan nilai 8,3% (melebihi standar). Untuk nilai rugi-rugi (losses) sebesar 2,3 kW dengan nilai persentase 0,19% pada hari ke-3 pukul 20.00 dan terdapat derating pada transformator sebesar 1,25kVa.

Kata kunci : Pembebanan, Ketidakseimbangan, Losses

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Apartemen Royal Cityloft adalah gedung tempat tinggal yang menggunakan energi listrik sangat besar. Dengan trafo berkapasitas 1250 kVA terletak dibelakang gedung. Oleh karena itu perlu adanya pengkajian terkait aliran daya pada transformator. Pengkajian ini bermaksud untuk mengkaji " Analisa Pembebanan Transformator di Apartemen Royal Cityloft Oleh karena itu, Perhitungan pembebanan pada transformator sangat penting untuk menjaga daya tahan peralatan listrik yang ada didalam gedung dan efektifitas sistem tenaga listrik. Sehingga kualitas listrik yang didistribusikan tetap terjaga dengan baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Transformator adalah alat listrik yang dapat memindahkan dan juga mengubah energi listrik dengan prinsip induksi elektromagnet. Maksud dari mengubah energi listrik adalah transformator dapat menaikkan dan menurunkan tegangan AC [1]. Transformator dipergunakan secara luas, baik pada bidang energi listrik juga elektronik.

Di dalam bidang teknik tenaga listrik penggunaan transformator dibagi sebagai berikut:

1. Trafo Daya
2. Trafo Distribusi
3. Trafo Pengukuran (trafo arus serta trafo tegangan).

2.2 Derating Transformator

Transformator dapat mengalami penurunan efisiensi pada kapasitasnya (derating) akibat dari beban yang berpolusi harmonik agar tidak mengalami *overheating*. Mencari nilai Derating pada transformator dapat dilakukan dengan cara

menghitung THDF (Transformator Harmonic Derating Factor) dapat digunakan [2].

Nilai THDF dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$KVA \text{ baru} = THDF \times KVA \text{ pengenal} \quad (1)$$

$$THDF = \frac{1,414 \times (\text{Arus Phase rms})}{(\text{Arus puncak phase sesaat})} \times 100\%$$

$$THDF = \frac{1,414 \times (\frac{1}{3} \times (Ir + Is + It) \text{rms})}{(\frac{1}{3} \times (Ir + Is + It) \text{puncak})} \times 100\% \quad (2)$$

THDF adalah derating factor akibat harmonisa. Dalam keadaan ideal (gelombang sinusoidal murni) yang tidak terdapat gangguan harmonisa, THDF bernilai 1 sehingga tidak ada penurunan kapasitas pada transformator.

2.3 Pembebanan Transformator

Berdasarkan SPLN 17 : 1979, transformator distribusi tidak diperkenankan diberi load (beban) lebih dari 80% dan kurang dari 40%. Apabila lebih atau kurang dari nilai itu maka transformator dapat dikatakan overload (melebihi standar SPLN) atau underload (kurang dari standar SPLN) [2]. Sehingga penggunaan transformator disarankan diberi load (beban) tidak keluar dari batas tersebut.

Sedangkan untuk menghitung persamaan persentase pembebanan dapat menggunakan rumus :

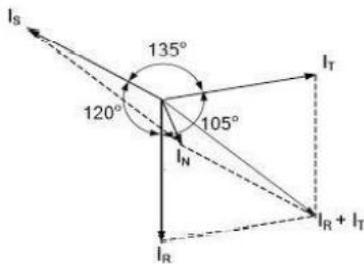
$$\%b = \frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \times 100\% \quad (3)$$

$$I_{rata-rata} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \quad (4)$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (5)$$

2.4 Ketidakseimbangan beban

Dalam keadaan seimbang penjumlahan ketiga vektor arus (I_R , I_S , dan I_T) adalah 0. Bila nilainya tidak 0 maka akan muncul arus netral (I_N) yang nilainya tergantung pada ketidakseimbangannya. Arus netral ini dapat dihitung dengan hukum kirchhoff[3].



Gambar 1 Diagram Vektor Arus Keadaan Tidak Seimbang

Untuk mencari nilai ketidakseimbangan beban dapat menggunakan persamaan :

$$I_R = a \cdot I \quad \text{jadi } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} \quad (6)$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{jadi } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} \quad (7)$$

$$I_T = c \cdot I \quad \text{jadi } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} \quad (8)$$

Saat keadaan *load*(beban) seimbang nilai dari koefisien a, b, dan c adalah 1[4]. Sehingga persentase (%) ketidakseimbangan *load*(beban) menggunakan rumus atau persamaan :

$$\% = \frac{(|a-1| + |b-1| + |c-1|)}{3} \times 100\% \quad (9)$$

2.5 Losses (Rugi - rugi) Karena Adanya Arus di Penghantar Netral

Akibat dari ketidakseimbangan *load*(beban) antara masing-masing fasa (fasa R, fasa S, fasa T) keluarlah arus pada penghantar netral trafo. Arus yang keluar dan mengalir pada kawat penghantar netral trafo ini mengakibatkan *losses* (rugi daya)[5]. Untuk mendapatkan nilai *losses*(rugi daya) ini dapat dicari dengan persamaan berikut:

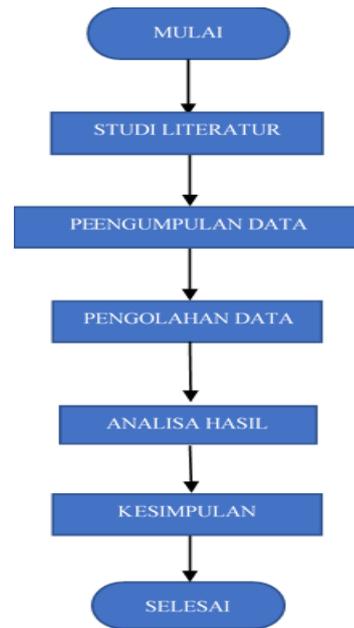
$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \quad (10)$$

Sehingga persentase rugi-rugi (*losses*) akibat adanya karena munculnya arus yang mengalir pada kawat penghantar netral trafo dapat dicari dengan persamaan :

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% \quad (11)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Flowchart Penelitian



Gambar 2 Flowchart Penelitian

3.2 Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengamatan dan pengukuran langsung ke lapangan. Pengukuran dilakukan pada transformator distribusi 1250 kVa di Apartemen Royal Cityloft selama beberapa hari dan diukur dalam waktu 7 jam dan pengukuran dilakukan dalam rentang waktu satu jam untuk mengetahui arus per fasanya.

Tabel 1 Name Plate Transformator

Starlite TRANSFORMATOR			
MACAM TRAFO	T 1250 N 54	SERI NO	1525972053- 006
DAYA / kVA	1250 kVa	FASA	3
BEBAN	KONTINU	FREKUENSI	50 Hz
STANDAR	IEC 76	KEL. VEKTOR	Dyn 5
PENDINGIN	ONAN	PASANGAN	LUAR / DALAM
BERAT OLI	885 KG	BERAT TOTAL	2850 KG

KENAIKAN SUHU OLI MAKSIMUM	50 C	KENAIKAN SUHU BELITAN MAKS.	55 C
T.I.D	Li 125 AC / Li - AC 3	TAHUN PRODUKSI	03-2016
JENIS & MERK OLI	MINERAL OIL DAN NYNAS		

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran

Pengukuran dan pengumpulan data selama 5 hari di Panel Utama Tegangan Rendah (PUTR) / LVMDP pada sore hingga malam hari untuk melihat pembebanan pada transformator.

4.2 Pengukuran Derating pada Transformator

Mencari nilai THDF (*Transformator Harmonic Derating Factor*) dengan menggunakan persamaan (1) dan (2)

$$\begin{aligned} \text{THDF} &= \frac{1,414 \times \left(\frac{1}{3} \times (I_R + I_S + I_T) \text{rms}\right)}{\left(\frac{1}{3} \times (I_r + I_s + I_t) \text{peak}\right)} \times 100\% \\ &= \frac{1,414 \times \left(\frac{1}{3} \times (112 + 88 + 89) \text{rms}\right)}{\left(\frac{1}{3} \times (158,3 + 124,4 + 125,8) \text{peak}\right)} \times 100\% \\ &= \frac{136,21}{136,16} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kVa baru} &= \text{THDF} \times \text{kVa pengenal} \\ &= 99,9\% \times 1250 \text{ kVa} \\ &= 1248,75 \text{ kVa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Derating Trafo (kVa)} &= 1250 \text{ kVa} - 1248,75 \text{ kVa} \\ &= 1,25 \text{ kVa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Derating Trafo (\%)} &= \frac{1,25}{1250} \times 100\% \\ &= 0,01\% \end{aligned}$$

4.3 Analisa Pembebanan Transformator

Untuk menentukan persentase pembebanan pada trafo kita harus mengetahui/menghitung arus *full load* (IFL). Dapat dicari dengan menggunakan persamaan (5)

$$\begin{aligned} I_{FL} &= \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \\ I_{FL} &= \frac{1248,75 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1802,4 \text{ A} \end{aligned}$$

4.3.1 Persentase Pembebanan Hari Ke-1

Untuk mencari persentase beban digunakan lah persamaan (3) dan (4)

$$\frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \times 100\%$$

$$\text{I rata-rata pukul 14.00} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{112+88+89}{3} = 96,3A$$

$$\text{I rata-rata pukul 15.00} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{93+84+79}{3} = 80,1A$$

$$\text{I rata-rata pukul 16.00} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{129+98+103}{3} = 110A$$

$$\text{I rata-rata pukul 17.00} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{138+112+117}{3} = 122,3A$$

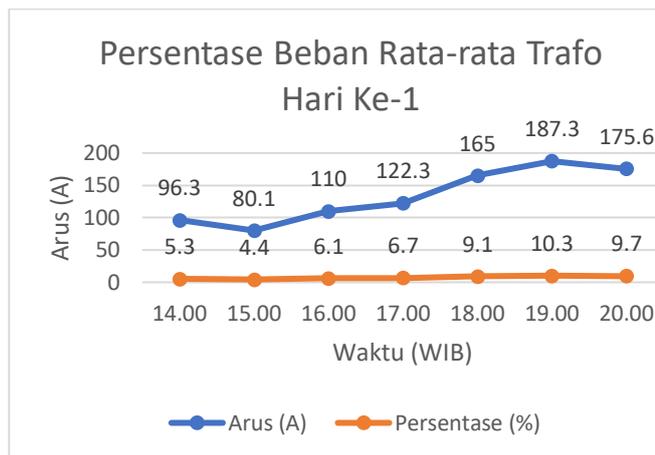
$$\text{I rata-rata pukul 18.00} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{174+153+168}{3} = 165A$$

$$\text{I rata-rata pukul 19.00} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{203+176+183}{3} = 187,3A$$

$$\text{I rata-rata pukul 20.00} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{198+152+177}{3} = 175,6A$$

Jadi

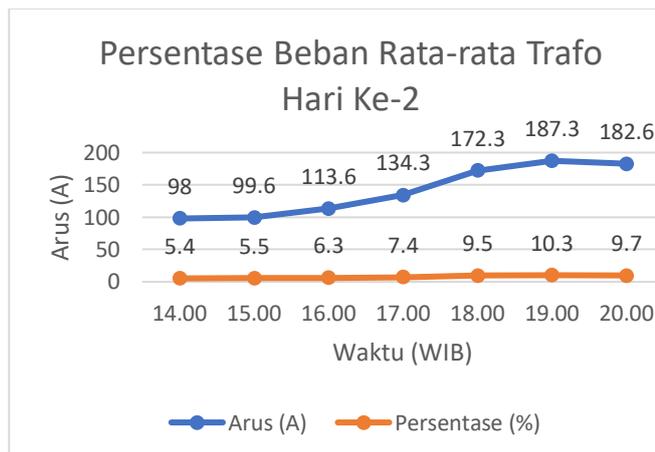
- Persentase beban pada pukul 14.00 : $\frac{96,3}{1802,4} \times 100\% = 5,3\%$
- Persentase beban pada pukul 15.00 : $\frac{80,1}{1802,4} \times 100\% = 4,4\%$
- Persentase beban pada pukul 16.00 : $\frac{110}{1802,4} \times 100\% = 6,1\%$
- Persentase beban pada pukul 17.00 : $\frac{122,3}{1802,4} \times 100\% = 6,7\%$
- Persentase beban pada pukul 18.00 : $\frac{165}{1802,4} \times 100\% = 9,1\%$
- Persentase beban pada pukul 19.00 : $\frac{187,3}{1802,4} \times 100\% = 10,3\%$
- Persentase beban pada pukul 20.00 : $\frac{175,6}{1802,4} \times 100\% = 9,7\%$



Gambar 3 Grafik Persentase Beban Rata-rata Hari Ke-1

Grafik diatas adalah persentase beban rata-rata pada hari ke-1. Beban dangan nilai puncak terjadi pukul 19.00 senilai 10,3% dan nilai terendah pukul 15.00 yaitu 4,4%.

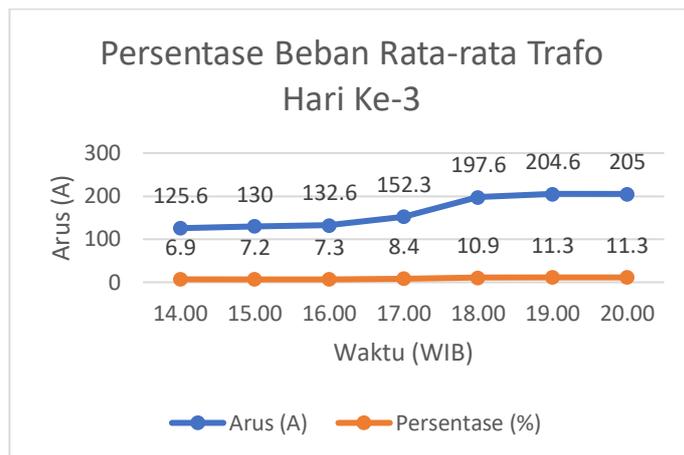
4.3.2 Persentase Pembebanan Hari Ke-2



Gambar 4 Grafik Persentase Beban Rata-rata Hari Ke-2

Grafik diatas adalah persentase beban rata-rata pada hari ke-2. dangan nilai puncak terjadi pukul 19.00 senilai 10,3% dan nilai terendah pukul 14.00 yaitu 5,4%.

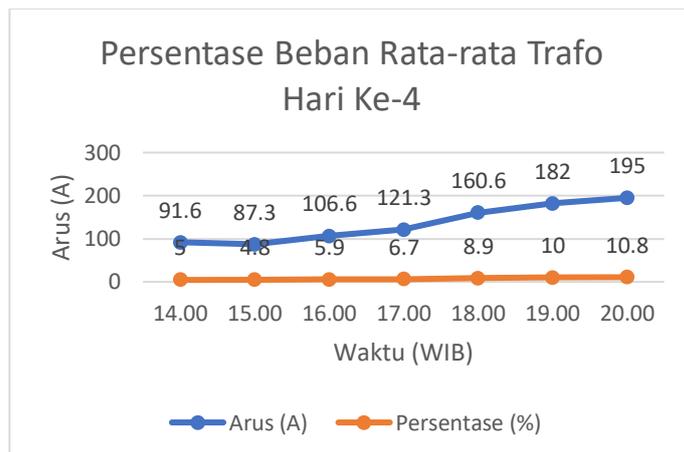
4.3.3 Persentase Pembebanan Hari Ke-3



Gambar 5 Grafik Persentase Beban Rata-rata Hari Ke-3

Grafik diatas adalah persentase beban rata-rata pada hari ke-3. dangan nilai puncak terjadi pukul 20.00 senilai 11,3% dan nilai terendah pukul 14.00 yaitu 6,9%.

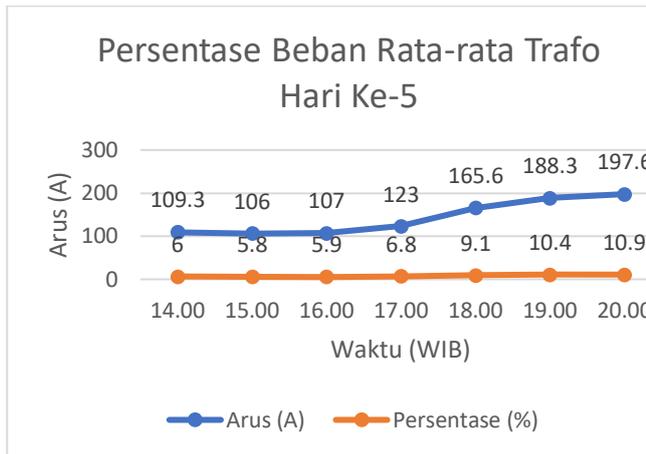
4.3.4 Persentase Pembebanan Hari Ke-4



Gambar 6 Grafik Persentase Beban Rata-rata Hari Ke-4

Grafik diatas adalah persentase beban rata-rata pada hari ke-4. Beban dangan nilai puncak terjadi pukul 20.00 senilai 10,8% dan nilai terendah pukul 15.00 yaitu 4,8%.

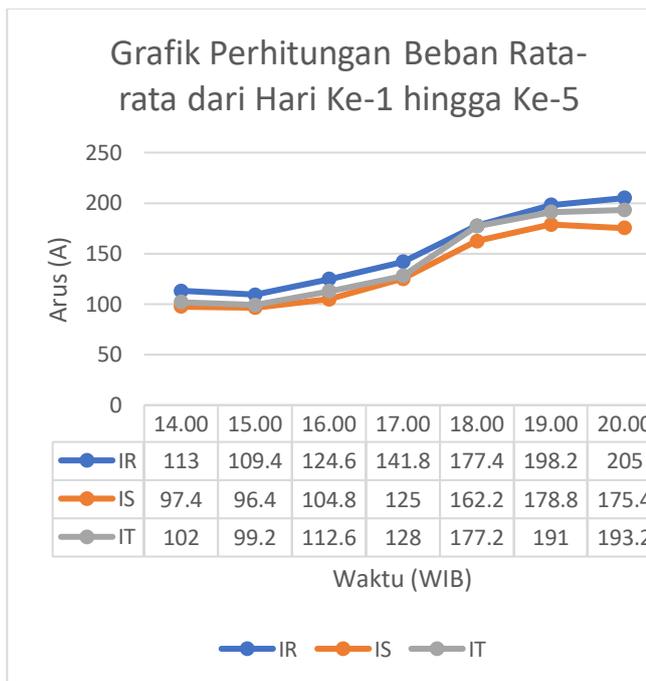
4.3.5 Persentase Pembebanan Hari Ke-5



Gambar 7 Grafik Persentase Beban Rata-rata Hari Ke-5

Grafik diatas adalah persentase beban rata-rata pada hari ke-5. Beban dengan nilai puncak terjadi pukul 20.00 senilai 10,9% dan nilai terendah pukul 14.00 yaitu 5,3%.

4.3.6 Persentase Pembebanan Hari Ke-5



Gambar 8 Grafik Persentase Beban Rata-rata Hari Ke-1 hingga Ke5

Dari grafik diatas dapat ditemukan rata - rata beban tertinggi/beban puncak terjadi pada pukul 20.00.

Fasa R = 205A, Fasa S = 175,4A, Fasa T = 193,2A

Untuk mencari persentase beban digunakan lah persamaan (2,15)

$$\frac{I_{rata - rata}}{I_{FL}} \times 100\%$$

$$I_{rata-rata} = \frac{205+175,4+193,2}{3} = 191,2A$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

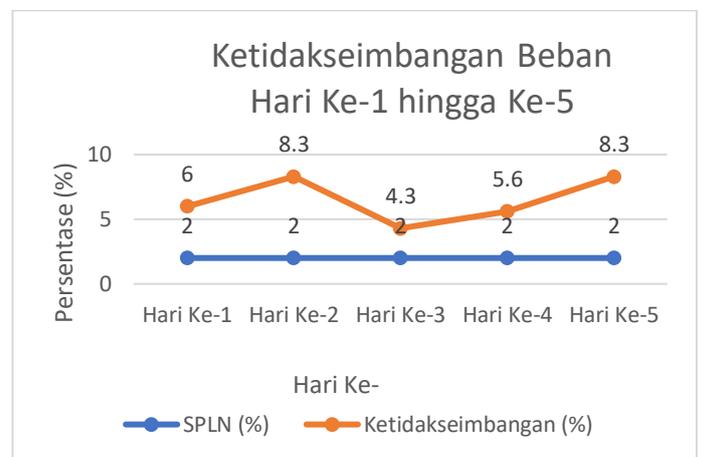
$$I_{FL} = \frac{1248,75 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1802.4 \text{ A}$$

Jadi nilai persentase pembebanan dari hari ke-1 hingga ke-5 adalah :

$$\frac{191,2}{1802,4} \times 100\% = 10,6\%$$

Beban puncak dari perhitungan diatas menunjukkan nilai persentase 10,6%.

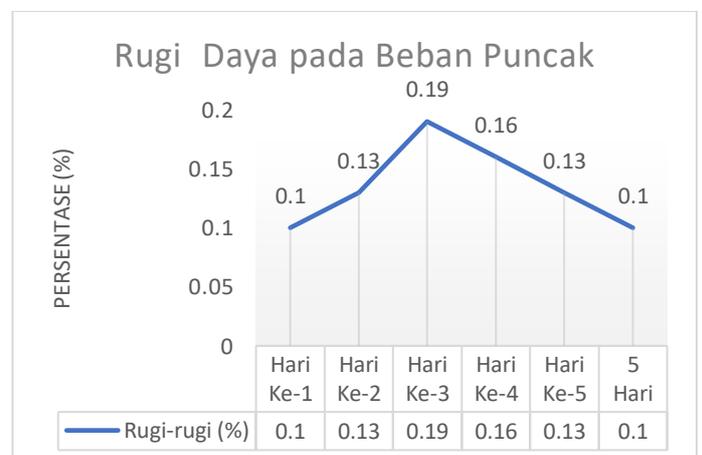
4.4 Analisa Ketidakseimbangan Beban Trafo



Gambar 9 Grafik Ketidakseimbangan beban pertama hingga terakhir

Dari hasil perhitungan ketidakseimbangan beban didapatkan nilai tertinggi di hari ke-2 dan ke-5 yaitu 8,3%.

4.5 Analisa Rugi-rugi Daya Akibat Adanya Arus di Pengantar Netral Trafo



Gambar 10 Grafik Rugi-rugi Daya Pada Saat Beban Puncak

Dari data diatas dapat diketahui bahwa transformator memiliki rugi-rugi (*Losses*) terbesar dengan persentase 0,19% pada hari ke-3 pukul 18.00. Dan rugi-rugi terkecil pada hari ke-1 dengan persentase 0,10%. Sedangkan persentase rata-rata *losses* dalam 5 hari adalah 0,10%.

4.6 Rekomendasi

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa pembebanan pada transformator di Apartemen Royal Cityloft didapatkan kesimpulan bahwa pembebanan masih underload dari batas pembebanan yaitu 11,3%. Oleh karena itu penambahan beban masih bisa dilakukan sampai batas minimal 40% dan maksimal 80% dari kVA transformator.

5. KESIMPULAN

1. Hasil dari perhitungan dan analisa terdapat *derating* senilai 1,25 kVa.
2. Hasil dari perhitungan dan analisa nilai persentase pembebanan pada transformator sebesar 11,3% yang terjadi pada hari Ke-3 pukul 19.00 dan 20.00. Dapat disimpulkan bahwa pembebanan masih underload dan masih bisa dilakukan penambahan beban.
3. Dari hasil perhitungan dan analisa ketidakseimbangan beban dengan persentase tertinggi 8,3%. Nilai itu sudah melebihi standar yang seharusnya 2%. Hal itu juga akan menyebabkan keluar/munculnya arus di kawat penghantar netral yang akan menyebabkan rugi daya dan kualitas tenaga yang kurang maksimal.
4. Hasil analisa perhitungan nilai *losses* (rugi-rugi) karena munculnya arus di kawat penghantar netral disaat beban tertinggi memiliki nilai 2,3 kW ataupun dengan persentase 0,19% pada hari ke-3 pukul 20.00.

6. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya diharap dapat membahas atau mengukur harmonisa. Adapun saran untuk perusahaan agar lebih memperhatikan keseimbangan beban antar fasa. Pengecekan berkala akan sangat berguna, karena beban masing – masing fasa pada transformator distribusi akan terpantau dengan baik sehingga apabila kemudian terjadi ketidakseimbangan beban yang cukup signifikan, beban pada masing-masing fasa tersebut dapat lebih mudah diseimbangkan dengan pemerataan beban.

PUSTAKA

- [1] A. Herawati and Sofyan, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi dan Usia Transformator (Studi Kasus Transformator IV Gardu Induk Sukamerindu Bengkulu) Berdasarkan Standar IEC 60076-7," *Amplifier*, vol. 5, no. 2, pp. 76–81, 2015.
- [2] V. Afriyan, A. L. Wardani, and G. B. Gatut Budiono, "Analisa Pembebanan Transformator di PT.Henson Farma," *El Sains J. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 45–52, 2021, doi: 10.30996/elsains.v2i2.4772.
- [3] R. E. Izzaty, B. Astuti, and N. Cholimah, "濟無No Title No Title No Title," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., pp. 5–24, 1967.
- [4] M. D. Tobi, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong," *Electro Luceat*, vol. 4, no. 1, p. 5, 2018, doi: 10.32531/jelekn.v4i1.80.
- [5] D. Kongah, M. Sarjan, and B. Mukhlis, "Analisis Pembebanan Transformator Gardu Selatan Kampus Universitas Tadulako," *Mektrik*, vol. 1, no. 1, pp. 11–19, 2014.