

Penyeimbangan Beban Transformator Distribusi PCC-007 Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Jaringan Pada Tegangan Menengah 20KV

Fadel Muhammad*), Parlin Siagian, Muhammad Fahreza

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi
Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambing, Medan-20122, Sumatera Utara, Indonesia
email: fadelmuhammad234@gmail.com

Abstract — *The distribution system of electrical power networks serves as a means to distribute electrical energy to both industrial and household consumers. With the increasing population growth, the number of electrical energy users or consumers also increases, potentially impacting the loading on each distribution transformer. If the loading on each transformer increases, it can lead to overload, load imbalance, power losses, and damage to the transformer. Therefore, to ensure the proper operation of distribution transformers, PLN (a state-owned electricity company in Indonesia) has set a standard for the loading on distribution transformers, which should not exceed 80%. This research aims to measure the loading on distribution transformers and analyze the occurrence of power losses caused by load imbalance. Measurements are conducted using a clamp meter and earth tester to obtain current and voltage values as well as the resistance value of grounding. Subsequently, calculations are performed for transformer loading, load imbalance, and power losses on the feeder.*

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 dan menganalisis terjadinya rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan clamp meter dan earth 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.*

Kata Kunci – Transformator, Overload Transformator, Ketidakseimbangan Beban, Sistem Distribusi

***) penulis korespondensi: Fadel Muhammad**
Email: fadelmuhammad234@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan kebutuhan utama baik untuk kebutuhan industri maupun untuk kehidupan sehari-hari. Hal itu disebabkan karena tenaga listrik mudah untuk di konversikan ke dalam bentuk energi lain [1]. Oleh karena itu, penyediaan listrik yang stabil dan kontinu adalah hal paling utama yang harus selalu dijaga. Untuk penyaluran energi listrik jaringan tegangan rendah, salah satu peralatan utama yang

digunakan adalah transformator distribusi [2]. Transformator distribusi ini berfungsi untuk menurunkan tegangan primer 20 KV menjadi tegangan sekunder 400 V (fase-fase) atau 220 V (fase-netral) sehingga tegangan tersebut dapat dipakai oleh konsumen pada jaringan tegangan rendah, seperti kebutuhan listrik industri dan kebutuhan listrik rumah tangga. Pembebanan transformator sebaiknya tidak melebihi 80% [3]. Kondisi pembebanan yang terlalu tinggi pada transformator akan berakibat transformator tersebut *overload* dan berimbas mengurangi umur dari transformator dan dapat menyebabkan kerusakan pada transformator akibat panas yang berlebih. Ketidakseimbangan beban mengakibatkan timbulnya arus pada penghantar netral transformator, arus yang mengalir di netral transformator ini dikatakan sebagai rugi-rugi daya (*losses*) [4]. Yaitu rugi-rugi akibat adanya arus pada penghantar netral dan rugi-rugi akibat arus mengalir ke tanah [5].

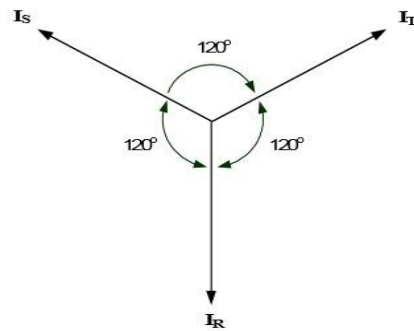
Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan laju pembangunan di Kabupaten Gayo Lues khususnya Desa Pantan Cuaca, akan menuntut kebutuhan energi listrik yang semakin besar dan lebih baik. Sehingga kapasitas transformator juga harus disesuaikan agar mampu melayani beban dengan optimal. Dari data timbangan beban trafo milik PT. PLN ditemukan pembebanan yang sangat tinggi pada transformator PCC-007 di Desa Pantan Cuaca.

Berdasarkan data dari PT. PLN tersebut, pada studi ini dilakukan pengukuran beban pada transformator distribusi PCC-007 dan membahas rugi-rugi daya (*losses*). Sehingga penulis mengangkat judul “Penyeimbangan Beban Transformator Distribusi PCC-007 Untuk Mengurangi Rugi-rugi Jaringan Pada Tegangan Menengah 20KV”.

II. METODE PENELITIAN

Beban seimbang adalah keadaan dimana jika memenuhi syarat ketiga arus dari masing-masing fase (R, S, T) mempunyai nilai yang sama besar.

Perbedaan sudut dari ketiga vektor fase adalah masing-masing berbeda 120°.

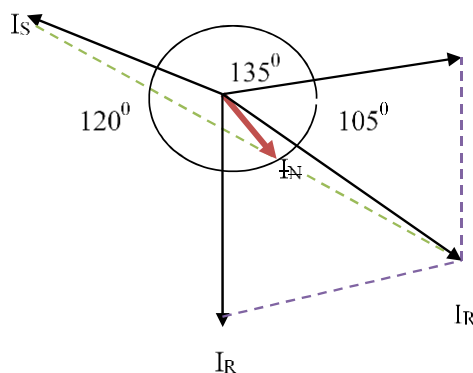


Sumber: Tobi, 2018

Gbr. 1 Diagram Vektor Arus kondisi seimbang

Gambar 1 di atas menunjukkan vektor diagram dalam keadaan seimbang, dapat dilihat dari ketiga vektor sama besar atau ketiga vektor saling membentuk sudut 120° , dan penjumlahan ketiga vektor arus (I_R , I_S , dan I_T) adalah sama dengan nol sehingga arus netral (I_N) tidak ada yang muncul. Hal ini juga menunjukkan bahwa hukum Kirchoff berlaku, yaitu jumlah arus yang mengalir di semua sisi adalah nol.

Pada sistem yang tidak seimbang, arus setiap komponen dapat memberikan kenaikan arus atau tegangan urutan komponen yang lain.



Sumber: Tobi, 2018

Gbr 2. Diagram vektor arus tidak seimbang

Gambar 2. di atas adalah contoh keadaan tidak seimbang. Sudut antar fasenya juga tidak membentuk 120° . Keadaan ini akan memunculkan arus netral (I_N) dan besar dari arus netral ini berpengaruh pada besar dari faktor ketidakseimbangannya.

A. Data Teknis Transformator Distribusi

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengukuran trafo di gardu distribusi PT.PLN (Persero) ULP Gayo Lues.

Gardu trafo distribusi 50 kVA.

Lokasi	: Desa Pantan Cuaca
Kode Gardu	: PCC-007
Daya (kVA)	: 50 kVA
Merek	: VOLTRA
Tegangan Primer	: 20 KV
Tegangan Sekunder	: 400 V
Arus Primer	: 1,36A
Arus Sekunder	: 71,2 A

B. Data Pengukuran Pembebanan Pada Transformator Distribusi

Pada pengukuran pembebanan transformator dilakukan di tiga tempat yang berbeda. Berikut adalah hasil dari pengukuran di setiap transformator distribusi.

TABEL I
DATA PENGUKURAN PEMBEBANAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 50KV GAYO LUES

Arus (Ampere) LWBP				Faktor Daya (cos phi)			Tegangan sekunder (Volt)
R	S	T	N	R	S	T	
8	6	11	12	0,95	0,98	0,96	R-N = 220
							S-N = 222
							T-N = 224
Arus (Ampere) WBP				Faktor Daya (cos phi)			Tegangan sekunder (Volt)
R	S	T	N	R	S	T	
14	24	49	22	0,95	0,96	0,98	R-N= 220
							S-N =224
							T-N =224

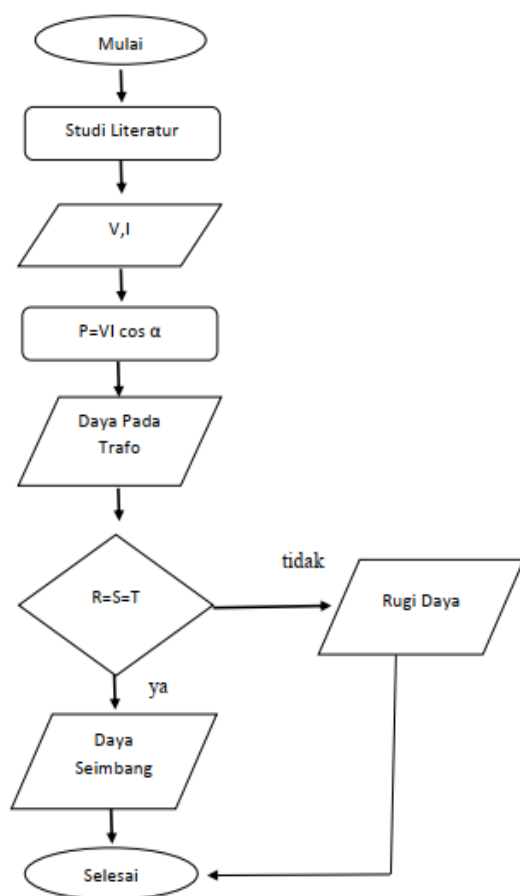
Sumber: (PT.PLN (Persero) ULP Gayo Lues, 2023)

C. Data Tahanan Kawat Penghantar Netral Transformator Distribusi

Ukuran kawat untuk penghantar netral transformator distribusi yang digunakan oleh PT.PLN (Persero) adalah 50 mm² dengan $R = 0,6842$ ohm/Km, untuk ukuran kawat penghantar fasenya adalah 70 mm² dengan $R = 0,5049$ ohm/Km. Sedangkan panjang kawat penghantar netral trafo untuk jaringan tegangan rendah di asumsikan 1 Km. Dengan demikian $R_N = 0,6842$ ohm.

D. Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, tahapan-tahapan yang dilakukan disusun secara sistematis. Secara garis besar diagram alir penelitian dapat digambarkan sebagai berikut



Gbr. 3 Diagram Alir Penelitian

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase pembebanan transformator distribusi yang dianalisis di PT.PLN (Persero) ULP Blangkejeren terdiri dari transformator distribusi 50 kVA

$$I_{rata - rata LWBP} = \frac{8 + 6 + 11}{3} = 8,33 \text{ A}$$

$$I_{rata - rata WBP} = \frac{14 + 24 + 49}{3} = 29 \text{ A}$$

$$\% \text{pembebanan} = \frac{I_{rata - rata LWBP}}{IFL} \times 100\%$$

$$\% \text{pembebanan} = \frac{8,33 \text{ A}}{71,2 \text{ A}} \times 100\% = 11,53\%$$

$$\% \text{pembebanan} = \frac{I_{rata - rata WBP}}{IFL} \times 100\%$$

$$\% \text{pembebanan} = \frac{29 \text{ A}}{71,2 \text{ A}} \times 100\% = 40\%$$

Ini berarti transformator dapat dipasang/penambahan pelanggan dengan tidak melebihi arus beban penuh transformator yaitu : 71,2 A – 29 A = 42,3 A.

Persentase ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi 50 kVA.

LWBP

$$a = \frac{IR}{I} = \frac{8}{8,33} = 0,96$$

$$b = \frac{IS}{I} = \frac{6}{8,33} = 0,72$$

$$c = \frac{IT}{I} = \frac{11}{8,33} = 1,32$$

Pada keadaan seimbang, koefisien a, b, dan c adalah sama dengan 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (%) adalah

$$\% \text{ketidak seimbangan beban} = \frac{\{[a - 1] + [b - 1] + [c - 1]\}}{3} \times 100\%$$

$$\% \text{ketidak seimbangan beban} = \frac{\{[0,96 - 1] + [0,72 - 1] + [1,32 - 1]\}}{3} \times 100\%$$

$$\% \text{ketidak seimbangan beban} = 5\%$$

WBP

$$a = \frac{IR}{I} = \frac{14}{29} = 0,48$$

$$b = \frac{IS}{I} = \frac{24}{29} = 0,82$$

$$c = \frac{IT}{I} = \frac{49}{29} = 1,75$$

$$\% \text{ketidak seimbangan beban} = \frac{\{[a - 1] + [b - 1] + [c - 1]\}}{3} \times 100\%$$

$$\% \text{ketidak seimbangan beban} = \frac{\{[0,48 - 1] + [0,82 - 1] + [1,75 - 1]\}}{3} \times 100\%$$

$$\% \text{ketidak seimbangan beban} = 32\%$$

Persentase Rugi-rugi Transformator Distribusi 50kVA

LWBP

IN=12A

RN=0,6842 ohm

Dengan menggunakan persamaan (2.25) rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator dapat dihitung besarnya, yaitu :

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

$$P_N = (12)^2 \times 0,6842$$

$$P_N = 0,098 \text{ kW}$$

Untuk menghitung persentase rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator harus diketahui terlebih dahulu daya aktif transformator (P).

$$P = V I \cos \theta$$

$$P_{R-N} = 220 \times 8 \times 0,95 = 1,672 \text{ KW}$$

$$P_{S-N} = 222 \times 6 \times 0,98 = 1,305 \text{ KW}$$

$$P_{T-N} = 224 \times 11 \times 0,96 = 2,365 \text{ KW}$$

Maka

$$P_{total} = 5,342 \text{ KW}$$

Dengan demikian, persentase rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator adalah

$$\% \text{Rugi daya} = \frac{0,098 \text{ KW}}{5,342 \text{ KW}} \times 100\%$$

$$\% \text{Rugi daya} = 1,82\%$$

WBP

IN=22A

RN=0,6842 ohm

Dengan menggunakan persamaan (2.25) rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator dapat dihitung besarnya, yaitu :

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

$$P_N = (22)^2 \times 0,6842$$

$$P_N = 0,33 \text{ kW}$$

Untuk menghitung persentase rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator harus diketahui terlebih dahulu daya aktif transformator (P).

$$P = V I \cos \theta$$

$$P_{R-N} = 220 \times 14 \times 0,95 = 2,672 \text{ KW}$$

$$P_{S-N} = 224 \times 24 \times 0,98 = 5,305 \text{ KW}$$

$$P_{T-N} = 224 \times 49 \times 0,96 = 10,365 \text{ KW}$$

Maka

$$P_{\text{total}} = P_{R-N} + P_{S-N} + P_{T-N}$$

$$P_{\text{total}} = 2,672 + 5,305 + 10,365$$

$$P_{\text{total}} = 18,342 \text{ KW}$$

Dengan demikian, persentase rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator adalah

$$\% \text{Rugi daya} = \frac{0,33 \text{ KW}}{18,342 \text{ KW}} \times 100\%$$

$$\% \text{Rugi daya} = 1,79\%$$

IV.KESIMPULAN

1. Semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka arus yang mengalir pada penghantar netral transformator (*In*) semakin besar dan rugi-rugi (*losses*) yang ditimbulkan juga semakin besar..
2. Berdasarkan dari hasil analisis diatas dari data-data yang ada, maka dapat disimpulkan : Pada transformator distribusi 50 kVA di Desa Pantan Cuaca ketidakseimbangan bebannya sebesar (32%) karena pembebanan yang tidak merata pada Waktu Beban Puncak dan 5 % di Luar Waktu Beban Puncak.
3. persentase rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus yang mengalir pada penghantar netral transformator pada Waktu Beban Puncak adalah 0, 33 KW (1,79%) dan 0,098 KW (0,018%) di Luar Waktu Beban Puncak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. F. Prawira, "Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi 20 KV Dan Sistem Pentanahan." Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2021.
- [2] I. W. Y. Prasetya, I. N. Setiawan, and I. G. D. Arjana, "Analisis Ketidakseimbangan Beban dan Harmonisa pada Transformator Distribusi MI 0096 Penyulang Abianbase," *J. Spektrum*, vol. 7, no. 1, 2020.
- [3] A. Darwanto, "ANALISIS KETIDAK SEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI Di PT. PLN (Persero) RAYON CEPU," *SIMETRIS*, vol. 15, no. 1, pp. 35–42, 2021.
- [4] R. Afrianda, S. Samsurizal, and A. A. Nurul, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi Studi Gardu PT PLN (PERSERO) Area Bekasi," *Sutet*, vol. 10, no. 1, pp. 29–38, 2020.
- [5] M. D. T. Sogen and M. T. ST, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong," *J. Electro Luceat*, vol. 4, no. 1, 2018.