

ANALISIS RUGI-RUGI DAYA AKIBAT ADANYA ARUS PADA TITIK NETRAL TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV - PT. PLN (PERSERO) UP3 MEDAN

Arsita Devi Tambunan¹, Rudi Salman²

^{1,2} Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan

Surel: arsitadevitambunan@gmail.com

ASBTRAK

Penelitian ini dilakukan karena pada setiap sistem distribusi tenaga listrik akan mengalami ketidakseimbangan beban. Akhirnya akan menyebabkan mengalirnya arus pada titik netral transformator distribusi maka, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui persentase pembebanan transformator distribusi di PLN UP3 Medan, untuk mengetahui nilai arus netral dan rugi-rugi daya pada titik netral yang mengalir pada transformator distribusi, dan untuk mengetahui cara mengatasi agar tidak terjadi arus yang mengalir pada titik netral transformator distribusi. Penelitian ini merupakan penelitian riset dengan metode studi pustaka, metode dokumentasi, dan metode survei. Subjek penelitian ini adalah transformator distribusi di PT. PLN (Persero) UP3 Medan. Hasil analisis rata-rata rugi-rugi daya pada transformator distribusi 100 kVA adalah 1.418 KW pada siang hari dan 1.313 KW pada malam hari. Sedangkan pada transformator distribusi 315 kVA (homogen) adalah 0,573 KW pada siang hari dan 0,335 KW pada malam hari. Dapat kita lihat dari analisis rugi-rugi daya pada transformator distribusi 100 kVA terdapat arus netral (arus bocor) yang mengalir pada titik netral terlalu besar, sehingga rugi daya yang muncul akan semakin besar dan terjadi ketidakseimbangan beban. Sedangkan pada transformator distribusi 315 kVA dapat kita lihat rugi-rugi daya hanya terjadi pada saluran fasa R, S, dan T saja. Akibatnya arus yang mengalir di titik netral transformator ini mengakibatkan rugi-rugi (*losses*) yang akan merugikan PLN sebagai penyuplai tenaga listrik.

Kata kunci : Arus N, Ketidakseimbangan Beban, PLN, Rugi-Rugi Daya, Transformator

ASBTRACT

*This research was conducted because every electric power distribution system will experience a load imbalance. Finally, the flow of current will flow at the distribution transformer neutral point, then, a study is carried out that aims to see the proportion of distribution transformer loading at PLN UP3 Medan, to see the value of neutral currents and power losses at the neutral point flowing in the distribution transformer, and to see how to overcome them. so there is no current flowing at the neutral point of the distribution transformer. This research is a research research using literature study method, documentation method, and survey method. The subject of this research is the distribution transformer at PT. PLN (Persero) UP3 Medan. The results of the analysis of power losses on a 100 kVA transformer distribution are 1,418 KW during the day and 1,313 KW at night. Whereas the 315 kVA (homogeneous) distribution transformer is 0.573 KW during the day and 0.335 KW at night. We can see from the analysis of power losses on a 100 kVA distribution transformer that there is a neutral current (leakage current) that flows at the neutral point too large, so that the resulting power loss will be even greater and load imbalance occurs. Whereas in the 315 kVA distribution transformer, we can see that the power loss only occurs in the R, S, and T phase channels. As a result, the current flowing at the neutral point of the transformer results in losses (*losses*) which will harm PLN as an electricity supplier.*

Keywords: Current N, Load Imbalance, PLN, Power Losses, Transformer.

1. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) adalah sebuah badan usaha milik negara yang bergerak dibidang ketenagalistrikan, yang salah satu sub unit usahanya adalah PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Medan yang bergerak pada bidang penyediaan, pengadaan dan pendistribusian tenaga listrik kepada masyarakat atau pelanggan. Indikator kinerja utama di PT. PLN (Persero) Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Medan adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan gangguan di jaringan tegangan menengah (JTM) dan gardu distribusi (Trafo) dimulai sejak padam sampai dengan penyelesaian gangguan (menyala kembali). Namun dalam pemenuhan kebutuhan listrik tersebut, sering terjadi pembagian beban oleh Transformator Distribusi yang tidak merata/seimbang dan pemakaian beban non linier seperti peralatan elektronik oleh konsumen memberikan andil terhadap tingginya arus netral. Arus netral ini menyebabkan panas. Panas tersebut merupakan rugi-rugi secara teknis. Dan bila arus netral (arus bocor) yang mengalir pada penghantar netral terlalu besar, sehingga rugi-rugi daya yang akan di timbulkan akan semakin besar. Menurut standard ketidakseimbangan beban yang diijinkan adalah maksimal 20% (IEEE STD 446-1980) dengan tingginya ketidakseimbangan beban berpengaruh terhadap besarnya arus netral, di mana arus netral yang besar mengakibatkan losses bertambah dan kualitas daya menjadi rendah sehingga berpengaruh terhadap kualitas sistem penyaluran tenaga listrik. Seharusnya bila keadaan sistem benar-benar seimbang, maka rugi-rugi daya yang ada hanyalah pada saluran R,S, dan T saja.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Transformator Distribusi

Transformator distribusi merupakan tegangan distribusi yaitu untuk distribusi tegangan menengah (TM) dan distribusi tegangan rendah (TR). Trafo distribusi digunakan mendistribusikan energi listrik langsung ke pelanggan.

Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator *step-down* 20kV/400V. Tegangan phasa ke phasa sistem jaringan tegangan rendah adalah 380V.

2.2 Arus Beban Penuh Transformator

Daya transformator tiga fasa bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) maupun tegangan rendah (sekunder) dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

di mana :

S : Daya transformator (kVA)

V : Tegangan sisi primer transformator (kV)

I : Arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus:

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

di mana :

I_{FL} : Arus beban penuh (A)

S : Daya transformator (kVA)

V :Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Dalam menghitung persentase pembebanan suatu transformator dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{Pembelian} = \frac{V \times I \times \sqrt{3}}{\text{Daya Transformator}} \times 100 \quad (3)$$

dimana:

V : Tegangan fasa-fasa (V)

I : Arus rata-rata (A)

Rugi-rugi daya pada penghantar netral transformator ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 . R_N \quad (4)$$

dimana :

P_N : Rugi-rugi daya pada penghantar netral transformator (watt)

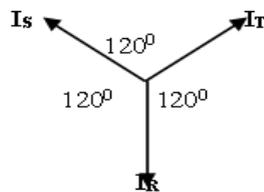
I_N :Arus yang mengalir pada netral transformator (A)

R_N :Tahanan penghantar netral transformator (Ω)

2.3 Beban seimbang dan tidak seimbang

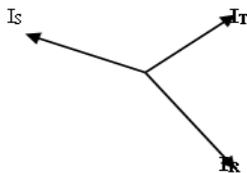
Keadaan seimbang adalah suatu keadaan yang terjadi apabila syarat-syarat berikut terpenuhi: (a) ketiga vektor arus / tegangan

sama besar; dan (b) ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain.



Gambar 1. Diagram Vektor Arus Beban Seimbang

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu: (a) ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain; (b) ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain; dan (c) ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain. Dapat kita lihat pada Gambar 2.3 dibawah ini .



Gambar 2. Diagram Vektor Arus Beban Tidak Seimbang

2.4 Penyaluran dan Susut Daya

Misalnya daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Apabila pada penyaluran daya ini arus- arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P = 3 \cdot |V| \cdot |I| \cdot \cos \varphi \quad (5)$$

Dimana:

P : daya pada ujung kirim

V : tegangan pada ujung kirim

$\cos \varphi$: faktor daya

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan dalam saluran. Jika [I] adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tidak

seimbang besarnya arus- arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a, b dan c sebagai berikut:

$$\begin{aligned} [I_R] &= a [I] \\ [I_S] &= b [I] \\ [I_T] &= c [I] \end{aligned} \quad (6)$$

dengan I_R , I_S dan I_T berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T. Bila faktor daya di ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda, besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai:

$$P = (a + b + c) \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \varphi \quad (7)$$

Apabila Persamaan (7) menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari persamaan itu dapat diperoleh persyaratan untuk koefisien a, b, dan c yaitu :

$$a + b + c = 1 \quad (8)$$

dimana :

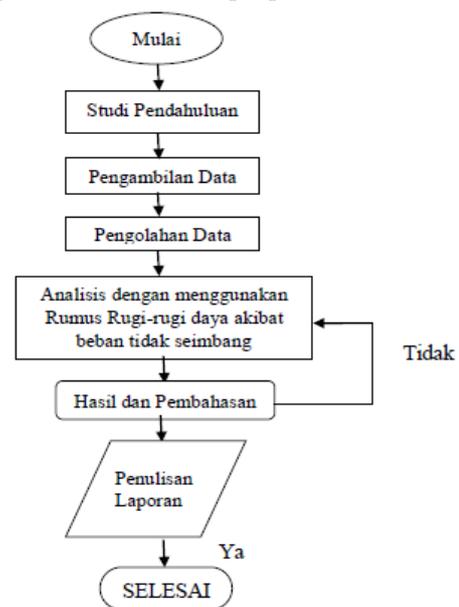
pada keadaan seimbang: nilai $a = b = c = 1$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Medan.

3.1 Alat Dan Bahan Penelitian

Dalam melakukan penelitian digunakan alat dan bahan yaitu: (1) Trafo 3 fasa , 100 KVA; (2) Tang Ampere Meter dan (3) Tabel Pengukuran; dan (4) Laptop



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Trafo Distribusi Daya 100 kVA Sebagai Trafo yang Diuji Terletak di Jalan Bintang

4.1 Data Transformator distribusi 100 kVA

- Merek Trafo :Voltra
- Daya :100 kVA
- Kabel optik masuk :NYY 95 mm dengan Tahanan R=0,193Ω/Km
- Kabel optik keluar :NYY 70 mm dengan Tahanan R=0,5049Ω/Km
- Cos φ :0,9

Tabel 1. Data Pengukuran Trafo Distribusi (Perphasa) yang menggunakan 2 Jenis Konsumen

Pengukuran siang hari	Pengukuran malam hari
Arus fasa R : 60 A	Arus fasa R : 73 A
Arus fasa S : 54 A	Arus fasa S : 61A
Arus fasa T : 92 A	Arus fasa T : 127 A
Arus fasa N : 53 A	Arus fasa N : 51 A

4.2 Analisa Data Penelitian

a. Daya transformator distribusi adalah 100 kVA, tegangan 400 V.

Di ketahui : S = 100kVA,
 $V_{L-L} = 400 V$

Besar arus sekunder pada beban penuh :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}, I_{FL} = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 400}$$

$$I_{FL} = 144,34 A$$

$$I_{rata-rata\ siang} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$= \frac{60 + 54 + 92}{3}$$

$$= 68,66 A$$

$$I_{rata-rata\ malam} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$= \frac{73 + 61 + 127}{3}$$

$$= 87 A$$

Jadi persentase beban adalah :

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

$$= \frac{68,66}{144,34}$$

$$\times 100\%$$

$$= 47,57\%$$

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

$$= \frac{87}{144,34} \times 100\%$$

$$= 60,27\%$$

a. Ketidakseimbangan beban siang hari

- 1) $\frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{60}{47,57} = 1,26$
- 2) $\frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{54}{47,57} = 1,13$
- 3) $\frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{92}{47,57} = 1,93$

$$\text{Rata-rata ketidakseimbangan} = \frac{a+b+c}{3} = \frac{1,26+1,13+1,93}{3} = 1,44$$

Jadi persentase ketidakseimbangan beban adalah :

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

$$= \frac{\{|1,26-1|+|1,13-1|+|1,93-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= 44\%$$

b. Ketidakseimbangan beban malam hari

- 1) $\frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{73}{60,27} = 1,21$
- 2) $\frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{61}{60,27} = 1,01$
- 3) $\frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{127}{60,27} = 2,10$

$$\text{Rata-rata ketidakseimbangan} = \frac{a+b+c}{3} = \frac{1,21+1,01+2,10}{3} = 1,44$$

Jadi persentase ketidakseimbangan beban adalah :

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

$$= \frac{\{|1,21-1|+|1,01-1|+|2,10-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= 46\%$$

Analisis Rugi-Rugi Daya Akibat Adanya Arus Pada Titik Netral Transformator Distribusi Di Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) UP3 Medan

c. Rugi-rugi daya

Pada siang hari

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

$$P_N = 53^2 \cdot 0,5049 = 1418,26 \text{ Watt} \\ = 1,418 \text{ KW}$$

Daya aktif trafo adalah:

$$P = S \cos \phi = 100 \cdot 0,9 = 90 \text{ KW}$$

Jadi persentase rugi-rugi daya akibat daya yang mengalir di netral trafo adalah

$$\frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{1418,26}{90000} \times 100\% = 1,57\%$$

Pada malam hari

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

$$P_N = 51^2 \cdot 0,5049 = 1313,24 \text{ Watt} = 1,313 \text{ KW}$$

Jadi persentase rugi-rugi daya akibat daya yang mengalir di netral trafo adalah:

$$\frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{1313,24}{90000} \times 100\% = 1,45\%$$

Pembahasan

Tabel 2. Data Beban Penuh

Trafo	Waktu	$I_R(A)$	$I_S(A)$	$I_T(A)$	$I_{rata-rata}(A)$	Persentase (%)
100 kVA, 2 jenis konsumen	Siang	60	54	92	68,66	47,57
	Malam	73	61	127	87	60,27
315 kVA, 1 jenis konsumen	Siang	249	271	283	267,67	58,87
	Malam	160	115	139	138	30,35

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa arus yang mengalir di fasa R, S dan T berbeda baik itu siang hari dan malam hari. Berdasarkan trafo yang pengguna 2 jenis konsumen ini dapat dikatakan bahwa beban trafo dalam keadaan tidak seimbang dan ketidakseimbangan lebih besar terjadi pada malam hari. Beban puncak terjadi pada malam hari yaitu sebesar 60,27%. Sedangkan trafo yang 1 jenis konsumen dapat dikatakan bahwa beban trafo dalam keadaan tidak seimbang dan ketidakseimbangan lebih besar terjadi pada siang hari. Beban puncak terjadi pada siang yaitu sebesar 58,87%.

Tabel 3. Data ketidakseimbangan Beban

Trafo	Waktu	a	b	c	Ketidakseimbangan rata-rata	Persentase (%)
100 kVA, 2 jenis konsumen	Siang	1,26	1,13	1,92	1,44	44
	Malam	1,21	1,01	2,10	1,44	46
315 kVA, 1 jenis konsumen	Siang	0,93	1,01	1,05	1	4,3
	Malam	1,16	0,83	1	1	11

Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa pada 2 jenis konsumen ketidakseimbangan beban rata-rata sama sebesar 1,44 dan persentase ketidakseimbangan beban sebesar 46%. Sedangkan pada 1 jenis konsumen beban dalam keadaan seimbang karena bernilai sebesar 1 dan persentase ketidakseimbangan beban sebesar 11%.

Tabel 4. Rugi-Rugi Daya

Trafo	Waktu	$R_N(\Omega)$	$I_N(A)$	$P_N(KW)$	Persentase (%)
100 kVA, 2 jenis konsumen	Siang	0,5049	53	1,418	1,57
	Malam	0,5049	51	1,313	1,45
315 kVA, 1 jenis konsumen	Siang	0,124	68	0,573	202,2
	Malam	0,124	52	0,335	122,3

Dari Tabel.4 terlihat pada 2 jenis konsumen bahwa rugi-rugi daya lebih besar terjadi pada siang hari yaitu 1,418 KW. Hal ini terjadi karena pemakaian beban lebih banyak terjadi pada siang hari dan ketidakseimbangan beban juga lebih besar terjadi pada siang hari sehingga menyebabkan arus mengalir di penghantar netral trafo lebih besar. Sedangkan pada 1 jenis konsumen bahwa rugi-rugi daya lebih besar terjadi pada siang hari yaitu 0,573 KW.

Hasil

Dari hasil penelitian yang penulis dapatkan adalah jika trafo di gunakan 2 jenis konsumen maka terjadi ketidakseimbang beban dengan nilai setiap fasa (R,S,T) berbeda dan terjadi rugi-rugi daya di titik netral transformator distribusi. Sedangkan jika trafo digunakan 1 jenis konsumen maka tidak terjadi ketidakseimbangan beban atau dikatakan trafo dalam keadaan seimbang dan rugi-rugi daya pada titik netral transformator distribusinya bernilai kecil dan dapat diabaikan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisa yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut: (1) pada Trafo distribusi 2 jenis konsumen persentase pembebanan transformator yang pada data pengukuran sebesar 47,57% pada waktu siang dan 60,27% pada waktu malam. Sedangkan pada trafo distribusi 1 jenis konsumen persentase pembebanan transformator yang pada data pengukuran sebesar 58,87% pada waktu siang dan 30,35% pada waktu malam; (2) Pada Trafo distribusi 2 jenis konsumen nilai arus netral pada waktu siang sebesar 53 A dan malam sebesar 51 A. Sedangkan Pada Trafo distribusi 1 jenis konsumen nilai arus netral pada waktu siang sebesar 68 A dan malam sebesar 52 A. Dan Rugi-rugi daya pada titik netral trafo distribusi 2 jenis konsumen yang terjadi akibat arus netral sebesar pada waktu siang 1418 watt dan malam 1313 watt. Sedangkan trafo distribusi 1 jenis konsumen yang terjadi akibat arus netral sebesar pada waktu siang 573 watt dan malam 335 watt. Dan ; (3) Cara mengatasi agar tidak terjadi arus yang mengalir pada titik netral transformator distribusi adalah dengan menggunakan trafo khusus yang hanya pembebanannya di gunakan 1 jenis konsumen (homogen), jika itu diterapkan pada setiap trafo distribusi maka tidak terjadi ketidakseimbangan beban atau dengan kata lain trafo distribusi dalam keadaan seimbang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Kadir. (2000). Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik. Jakarta: UI-Press
- Abdul, Kadir. (2000). Transformator. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo
- Ahmad, Deni Mulyadi. Pengaruh ketidakseimbangan Beban Pada Rugi-Rugi Saluran Netral Jaringan Distribusi Tegangan Rendah. *Jurnal Metrik Polban*. Vol. 5, No. 1. Hal 24-28.
- Egi Suyandi., Safriyudin S.T.,M.T, dan Ir. Muhammad Suyanto M.T. Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Area Rayon Yogyakarta Kota Di PT. PLN (Persero) APJ Gedong Kuning Yogyakarta. *Jurnal Elektrikal*. Volume 4 No. 2. Hal 1-10.
- Hasanbasri. (1997) Sistem Distribusi Daya Listrik. Jakarta : Universitas Sriwijaya.
- Markus Dwiyanto Tobi Sogen,ST.,MT. (2018). Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di PT PLN (Persero) Area Sorong. *Jurnal Electro Luceat*. Volume 4 No. 1.
- Muhammad Bobby Fadillah, Dian Yayan Sukma, Nurhalim. (2015). Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2015-2024 Wilayah PLN Kota Pekanbaru Dengan Metode Gabungan. *Jurnal FTEKNIK*. Volume 2 No. 2.
- Rijono, Yon. (1997). Dasar Teknik Tenaga Listrik. Yogyakarta: Andi.
- Stevenson Jr, William D. (1984). Analisa Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Suhadi, dkk. (2008). Teknik Distribusi Tenaga listrik. Direktorat Pembina Sekolah Menengah kejuruan.
- Siregar, Arifin Muhammad. (2013). Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) Rayon Panam Pekanbaru. Tugas Akhir UIN SUSKA RIAU.
- Siregar, Rizky Syahputra. (2017). Perhitungan Arus Netral Rugi-Rugi dan Efisiensi Transformator Distribusi 3 Fasa 20 KV/400V Di PT. PLN (Persero) Rayon Medan Timur Akibat Keseimbangan Beban. Skripsi. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Yu Liu, Yun Teng. (2019). Research on Three-phase Unbalanced Power Quality Control in Low Voltage Distribution Platform. China: IEEE.
- Zulfadli pelawi, Yusmartato. (2018). Analisis Rugi-rugi Daya pada Penghantar Netral Jaringan Distribusi Sekunder Akibat Ketidakseimbangan Beban. *Buletin Utama Teknik*. Vol.13, No. 2. Hal 127-131.
- Zuhal. (1995) Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. Jakarta: Gramedia.