



Surabaya, 6 Juli 2023

## SEMINAR NASIONAL HASIL RISET DAN PENGABDIAN

"Peran Riset, Inovasi dan Pengabdian Kepada Masyarakat Bagi Pembangunan Indonesia Berkelanjutan"



# Analisa Pembebanan Transformator Distribusi pada Penyulang Bumimoro AD185 dan AD180 di PT. PLN ULP Perak

Moch. Dimas Pratama, Gatut Budiono\*, Reza Sarwo Widagdo

Program Studi Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia

\*Email: [gatut\\_budiono@untag-sby.ac.id](mailto:gatut_budiono@untag-sby.ac.id)

### Abstrak

Dalam penyaluran tenaga listrik kepada konsumen terdapat peralatan tenaga listrik yaitu transformator distribusi yang berfungsi sebagai menurunkan tegangan menengah ke tegangan rendah. Dalam proses pendistribusian sering kali terjadi ketidakseimbangan beban antar fasanya. Hal ini dikarenakan penggunaan listrik tidak bersamaan dalam kurun waktu tertentu. Ketidakseimbangan beban pada setiap fasa-fasanya menimbulkan arus pada netral. Arus netral yang mengalir dapat mengakibatkan rugi-rugi daya (*losses*), dan rugi-rugi ini berpengaruh terhadap efisiensi transformator. Dalam menganalisa permasalahan menggunakan perhitungan secara matematis dengan menggunakan persamaan ketidakseimbangan beban, rugi-rugi daya, dan efisiensi transformator. Analisa menunjukkan hasil rata-rata persentase ketidakseimbangan beban pada transformator AD185 sebesar 11,4%, dengan persentase ketidakseimbangan yang tertinggi pada jam 10:00 sebesar 12,6%. Pada transformator AD180 rata-rata persentase ketidakseimbangan beban sebesar 8,5%, dengan persentase ketidakseimbangan yang tertinggi pada jam 18:00 sebesar 11,3%. Pada transformator AD185 rata-rata rugi-rugi daya sebesar 1,487 kW, dengan rugi-rugi daya yang tertinggi pada jam 19:00 sebesar 1,674 kW. Pada transformator AD180 rata-rata rugi-rugi daya sebesar 1,683 kW, dengan rugi-rugi daya yang tertinggi pada jam 18:00 sebesar 2,119 kW. Pada transformator AD185 rata-rata persentase efisiensi transformator sebesar 98,38%, dengan persentase efisiensi terendah pada jam 19:00 sebesar 98,27%. Pada transformator AD180 rata-rata persentase efisiensi transformator sebesar 98,39%, dengan persentase efisiensi terendah pada jam 18:00 sebesar 98,07%.

**Kata Kunci:** Efisiensi, Ketidakseimbangan Beban, Rugi-Rugi Daya, Transformator Distribusi

### PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan manusia yang paling terpenting untuk membantu segala macam kegiatan manusia dalam kehidupan sehari-hari (Suyandi, 2017). Dengan seiring perkembangannya zaman dan teknologi yang ada di Indonesia, maka dari itu pihak PLN diharuskan menyediakan kebutuhan listrik yang stabil untuk membantu proses pembangunan dan pengembangan di Indonesia (Wiesa, 2022).

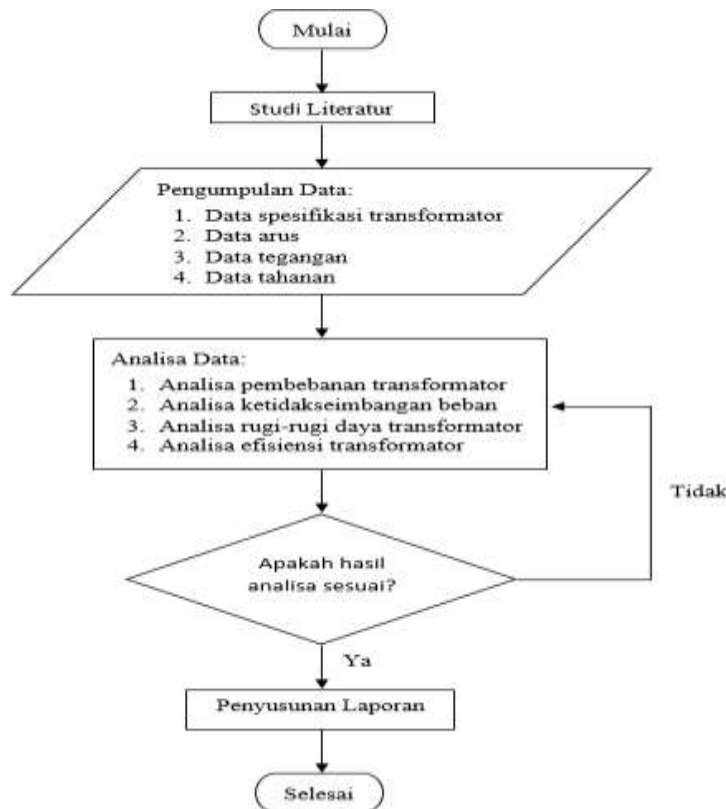
Sistem distribusi merupakan sarana penting dalam pendistribusian energi listrik kepada konsumen atau pengguna akhir (Saputro, 2018). Dalam Penyaluran energi listrik kepada konsumen terdapat peralatan tenaga listrik, yaitu transformasi distribusi yang berguna sebagai menurunkan tegangan menengah 20kV (sisi primer) ke tegangan rendah (sisi sekunder) antar fasa-fasanya 380V-400V dan fasa-netralnya 220V yang dapat digunakan oleh konsumen (Suswanto, 2009). Transformator ini berperan penting dalam memastikan pasokan listrik yang stabil dan andal kepada pengguna akhir (Pelawi & Yusmartato, 2018).

Namun dalam proses pendistribusian energi listrik kepada konsumen, transformator sering menghadapi masalah ketidakseimbangan beban. Dikarenakan dalam hal ini, penggunaan listrik tidak bersamaan dalam kurun waktu tertentu (Siregar & Harahap, 2017). Terjadinya ketidakseimbangan beban antar fasanya, ini akan mengalir arus di penghantar netral. Besarnya nilai arus netral, tergantung pada seberapa besar faktor dari ketidakseimbangan beban pada masing-masing fasanya. Munculnya arus netral pada transformator ini menyebabkan dampak terjadinya rugi rugi daya (Pasaribu dkk., 2021). Pada sebuah transformator terdapat rugi inti dan rugi tembaga, yang dimana rugi-rugi ini berpengaruh terhadap menurunnya efisiensi transformator (Ramadhani, 2021). Tingkat nilai efisiensi transformator ditentukan oleh besarnya rugi rugi daya, dimana semakin tinggi nilai rugi rugi daya, maka akan semakin rendah nilai efisiensi pada sebuah transformator (Razipo, 2020). Dampak menurunnya efisiensi transformator dapat mempengaruhi kinerja sistem distribusi listrik pada sebuah transformator, dikarenakan daya yang dikeluarkan berbeda dengan daya yang masuk (Putri dkk., 2020). Jika ketidakseimbangan beban antar fasanya pada sebuah transformator diabaikan secara terus menerus, maka berdampak yang kurang baik, yang dapat menimbulkan kerugian bagi pihak PLN maupun pihak konsumen (Pranoto & Rusli, 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perhitungan pembebanan, ketidakseimbangan beban, rugi-rugi daya, dan efisiensi terhadap transformator penyulang AD85 dan AD180 di PT. PLN ULP Perak. Sehingga dari hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak perusahaan dalam mengurangi rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan, karena akibat dari ketidakseimbangan beban juga berpengaruh terhadap efisiensi transformator.

## **METODE**

Dalam penelitian ini metode yang digunakan merupakan jenis kuantitatif, yaitu mengumpulkan data dengan cara mengukur data yang diperlukan pada transformator distribusi penyulang bumimoro AD185 dan AD180 di PT. PLN ULP Perak. Dari hasil pengukuran data diselesaikan secara bentuk matematis. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui besarnya pembebanan, ketidakseimbangan, rugi-rugi daya, serta efisiensi transformator. Penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan agar lebih baik dalam melakukan perancangan pembangunan pada transformator distribusi AD185 dan AD180.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 1 menggambarkan proses alir penelitian ini, berawal dari tahap persiapan melaksanakan penelitian hingga tahap akhir penyusunan laporan. Pada tahap awal peneliti melakukan studi literatur, yang dimana mengumpulkan referensi dari jurnal dan buku yang di peroleh dari internet maupun dari perpustakaan. Kemudian dilakukan proses pengumpulan data, yang dimana pada saat proses pengambilan data menggunakan alat ukur dan APD serta pendampingan dari pihak PT. PLN ULP Perak. Transformator yang menjadi objek penelitian adalah transformator pada penyulang bumimoro AD185 dengan daya sebesar 160 kVA dan AD180 dengan daya sebesar 250 kVA. Data yang dikumpulkan adalah data spesifikasi transformator karena bertujuan sebagai tanda pengenal bahwa transformator tersebut mengalami masalah atau tidak. Data arus di dapat dari hasil pengukuran di panel PHBTR karena bertujuan untuk menghitung nilai arus rata-rata serta rugi-rugi daya. Data tegangan di dapat dari hasil pengukur di panel PHBTR karena bertujuan untuk menghitung arus puncak pada transformator. Data tahan atau resistansi di dapat dari data *sheet* jenis penghantar *outgoing* yang digunakan pada transformator tersebut. Setelah data terkumpul, kemudian langkah selanjutnya melakukan perhitungan secara manual untuk mendapatkan nilai persentase pembebanan, persentase ketidakseimbangan beban, rugi-rugi daya, dan persentase efisiensi transformator. Melalui perhitungan terhadap faktor-faktor tersebut, penelitian ini dapat menyimpulkan apakah transformator distribusi AD185 dan AD180 memenuhi standar PLN atau tidak.

## Pengambilan Data

Transformator yang menjadi objek dalam penelitian ini, yaitu transformator penyulang bumimoro AD185 dengan daya 160 kVA dan transformator penyulang bumimoro AD180 dengan daya 250 kVA. Tabel 1 merupakan data pada transformator AD185 dan AD180.

- Data Spesifikasi Pada Transformator AD185

Berikut ini adalah data spesifikasi transformator AD185

**Tabel 1.** Data Spesifikasi Transformator AD185

<b>Merk</b>	Sintara
<b>Daya pengenal</b>	160 kVA
<b>Phase</b>	3
<b>Tegangan Pengenal (Primer)</b>	20 kV
<b>Tegangan Pengenal (Sekunder)</b>	400 V
<b>Arus Pengenal (Primer)</b>	4,619 A
<b>Arus Pengenal (Sekunder)</b>	230,94 A
<b>Rugi Tanpa Beban</b>	300 W
<b>Rugi Berbeban</b>	2000 W
<b>Kabel Incoming</b>	NYA 3x150 mm <sup>2</sup>
<b>Kabel Outgoing</b>	NYN 4x70 mm <sup>2</sup>

Pada tabel 1 adalah tabel yang berisi data spesifikasi transformator AD185 dengan daya 160 kVA yang digunakan pada penyulang bumimoro di PT. PLN ULP Perak.

- Data Arus Dan Tegangan Pada Transformator AD185

Berikut ini adalah data arus dan tegangan transformator AD185

**Tabel 2.** Data Arus Dan Tegangan Transformator AD185

Waktu		Arus (A)				Tegangan (V)		
Tanggal	Jam	R	S	T	N	R-S	R-T	S-T
07-02-2023	09:00	135,0	160,4	121,2	39,4	404	404	403
	10:00	131,6	163,5	118,3	45,2	406	406	406
	11:00	126,1	155,8	125,2	35,1	405	407	407
	17:00	139,7	148,1	108,9	40,7	407	408	406
	18:00	148,5	149,8	111,8	42,3	407	408	406
	19:00	160,6	156,5	117,4	46,3	405	404	404

Pada tabel 2 adalah tabel yang berisi data arus dan tegangan, yang di dapat dari hasil pengukuran pada transformator AD185 penyulang bumimoro dengan daya 160 kVA di PT PLN ULP Perak.

- Data Spesifikasi Pada Transformator AD180

Berikut ini adalah data spesifikasi transformator AD180

**Table 3.** Data Spesifikasi Transformator AD180

<b>Merk</b>	B&D
<b>Daya pengenal</b>	250 kVA
<b>Phase</b>	3
<b>Tegangan Pengenal (Primer)</b>	20 kV
<b>Tegangan Pengenal (Sekunder)</b>	400 V
<b>Arus Pengenal (Primer)</b>	7,217 A
<b>Arus Pengenal (Sekunder)</b>	360,844 A
<b>Rugi Tanpa Beban</b>	600 W
<b>Rugi Berbeban</b>	2800 W
<b>Kabel Incoming</b>	NYA 3x150 mm <sup>2</sup>
<b>Kabel Outgoing</b>	NYY 4x70 mm <sup>2</sup>

Pada tabel 3 adalah tabel yang berisi data spesifikasi transformator AD180 dengan daya 250 kVA yang digunakan pada penyulang bumimoro di PT. PLN ULP Perak.

- Data Arus Dan Tegangan Pada Transformator AD180

Berikut ini adalah data arus dan tegangan transformator AD180

**Table 4.** Data Arus Dan Tegangan Transformator AD180

Waktu		Arus (A)				Tegangan (V)		
Tanggal	Jam	R	S	T	N	R-S	R-T	S-T
07-02-2023	09:00	142,3	144,9	163,7	32,2	403	403	405
	10:00	138,2	151,7	165,1	34,1	405	404	406
	11:00	139,1	141,3	167,4	36,8	402	403	405
	17:00	144,2	152,9	185,3	54,6	404	405	406
	18:00	153,4	147,2	190,2	59,1	405	405	407
	19:00	151,9	154,6	188,7	47,8	407	406	405

Pada tabel 4 adalah tabel yang berisi data arus dan tegangan, yang di dapat dari hasil pengukuran pada transformator AD180 penyulang bumimoro dengan daya 250 kVA di PT PLN ULP Perak.

### Pembebanan Transformator

Menurut SPLN No.17 Tahun 2014 (SPLN, 2014), beban transformator distribusi tidak boleh melebihi dari 80% atau kurang dari 40%. Jika nilainya diatas 80% maka transformator dikatakan *overload* maka ini sebaiknya diganti dengan kapasitas daya yang lebih besar atau bisa

juga dilakukan penyisipan transformator dan jika nilainya dibawah dari 40% maka transformator dikatakan *underload* maka ini sebaiknya dilakukan dengan menambahkan beban. Daya kerja transformator menunjukkan kapasitas dari transformator, maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Syukri dkk., 2022):

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

Dimana S adalah Daya transformator (kVA), V adalah Tegangan sisi primer transformator (kV), dan I adalah Arus jala-jala (A). Maka dalam perhitungan arus full load dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Dimana  $I_{FL}$  adalah Arus beban penuh (A), S adalah Daya Transformator (kVA), dan V adalah Tegangan sisi sekunder transformator (Volt). Sedangkan dalam melakukan perhitungan arus rata-rata pada transformator dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{Rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (3)$$

Dimana  $I_{Rata-rata}$  adalah Arus rata-rata (A),  $I_R$  adalah Arus pada fasa R (A),  $I_S$  adalah Arus pada fasa S (A), dan  $I_T$  adalah Arus pada fasa T (A). Sehingga untuk mencari persentase pembebanan pada transformator dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

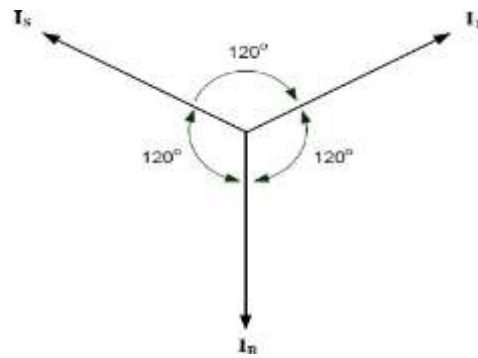
$$\%P = \frac{I_{Rata-rata}}{I_{FL}} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana %P adalah Persentase pembebanan transformator (%),  $I_{Rata-rata}$  adalah arus rata-rata yang mengalir pada transformator (A), dan  $I_{FL}$  adalah arus beban penuh atau arus maksimal yang dapat ditangani oleh transformator (A).

### **Ketidakseimbangan Beban**

Salah satu faktor utama yang menyebabkan ketidakseimbangan beban adalah pada saat pendistribusian yang tidak merata dari sistem 3 fasa. Ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi memiliki konsekuensi yang tidak diinginkan, seperti meningkatnya rugi-rugi daya, peningkatan suhu transformator, penurunan efisiensi operasional, dan kemungkinan kerusakan lebih awal pada transformator. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi dan mengatasi ketidakseimbangan beban ini untuk menjaga kinerja dan keandalan transformator distribusi. Beban dikatakan seimbang apabila keadaan dimana (Suyandi, 2017):

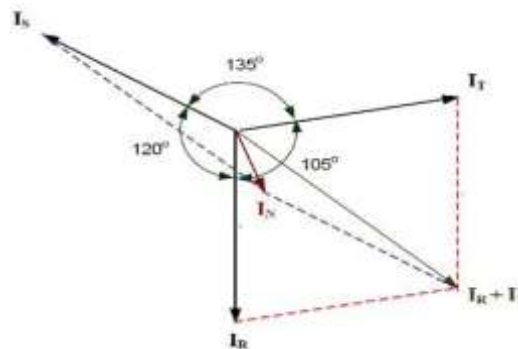
- Jika ketiga vektor tersebut pada antar fasanya mempunyai nilai yang sama besarnya.
- Jika ketiga vektor tersebut saling terbentuk sudut  $120^\circ$  yang sama dengan lainnya.



**Gambar 2.** Vektor Arus Dalam Keadaan Seimbang

Pada gambar 2 memperlihatkan vektor arus tersebut dalam keadaan yang seimbang, yang dimana memperlihatkan ketiga vektor arus ( $I_R$ ,  $I_S$ ,  $I_T$ ) mempunyai nilai sama besarnya dan membentuk sudut  $120^\circ$  yang sama dengan lainnya, dan dari penjumlahan dari ketiga vektor tersebut adalah nol, maka tidak muncul arus netral ( $I_N$ ). Ketidakseimbangan dipahami sebagai situasi di mana salah satu atau dari kedua kondisi keseimbangan tidak terpenuhi, tetapi ada 3 kemungkinan terjadinya ketidakseimbangan beban:

- Jika ketiga vektor nilai arus pada masing-masing fasanya berukuran yang sama besarnya tetapi tidak terbentuk sudut  $120^\circ$  yang sama dengan lainnya.
- Jika ketiga vektor nilai arus pada masing-masing fasanya tidak berukuran sama besarnya tetapi terbentuk sudut  $120^\circ$  yang sama dengan lainnya.
- Jika ketiga vektor nilai arus pada masing-masing fasanya tidak berukuran sama besarnya dan tidak terbentuk sudut  $120^\circ$  yang sama dengan lainnya.



**Gambar 3.** Vektor Arus Dalam Keadaan Tidak Seimbang

Pada gambar 3 memperlihatkan bahwa vektor nilai arus pada masing-masing fasanya tidak sama besarnya dan apabila dijumlahkan maka tidak sama dengan nol, yang berarti ini muncul vektor yang baru yaitu arus netral. Besarnya nilai arus netral ini tergantung pada seberapa besar faktor dari ketidakseimbangan beban pada masing-masing fasanya. Menurut SPLN No.17 Tahun 2014 (SPLN, 2014), ketidakseimbangan beban yakni harus kurang dari 10%. Apabila nilai ketidakseimbangan melebihi dari 10%, maka perlu dilakukan penyeimbangan agar daya yang terbuang dikarenakan adanya arus netral semakin kecil.

Dimana untuk menentukan ketidakseimbangan beban pada setiap fasa ( $I_R, I_S, I_T$ ) dapat dinyatakan dengan koefisien a, b dan c, yang dimana nilai dalam keadaan yang seimbang koefisien  $a=b=c=1$ . Untuk dapat mengetahui berapa besarnya dari ketidakseimbangan beban pada masing-masing fasanya dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_R = a [I] \quad \text{maka: } a = \frac{I_R}{I_{\text{Rata-Rata}}} \quad (5)$$

$$I_S = b [I] \quad \text{maka: } b = \frac{I_S}{I_{\text{Rata-Rata}}} \quad (6)$$

$$I_T = c [I] \quad \text{maka: } c = \frac{I_T}{I_{\text{Rata-Rata}}} \quad (7)$$

Dengan demikian persentase ketidakseimbangan bebannya dapat dihitung dengan rumus:

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

Dimana %K adalah persentase ketidakseimbangan beban (%),  $I_{\text{Rata-rata}}$  merupakan arus rata-rata (A), a merupakan koefisien a pada fasa R, b merupakan koefisien b pada fasa S, dan c merupakan koefisien c pada fasa T.

### Rugi-Rugi Daya

Rugi-rugi daya pada transformator merujuk pada kerugian energi yang terjadi selama operasi, yang di mana ketika daya listrik yang masuk ke transformator berbeda dengan daya listrik yang di keluarkan. Rugi-rugi (*losses*) terbagi menjadi dua, yaitu rugi inti (*core losses*) dan rugi tembaga (*copper losses*).

#### 1. Rugi Inti

Rugi inti (*core losses*) transformator terbagi menjadi dua bagian, diantaranya ada rugi hysteresis ( $P_h$ ) dan rugi *eddy current* ( $P_e$ ). Rugi-rugi inti ( $P_i$ ) dapat dituliskan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Ermawanto, 2021):

$$P_i = P_h + P_e \quad (10)$$

Dimana  $P_i$  merupakan Rugi inti (Watt),  $P_h$  merupakan Rugi histerisis, serta  $P_e$  merupakan Rugi *eddy current*. Dalam kondisi tanpa beban yang terjadi hanyalah rugi inti (*core losses*). Rugi inti (*core losses*) tidak terpengaruh terhadap berubahnya beban. Pada saat kondisi tanpa beban sampai kondisi beban penuh nilai besarnya rugi inti tetap sama, dengan asumsi tegangan sisi primer tidak berubah atau konstan.

#### 2. Rugi Tembaga

Rugi Tembaga (*copper losses*) disebabkan oleh arus beban yang berubah-ubah. Besarnya rugi-rugi tembaga tergantung terhadap besarnya nilai arus beban, jadi apabila nilai arus beban besar maka semakin besar juga rugi-rugi tembaga sehingga menyebabkan transformator



menjadi panas. Rugi tembaga dapat dituliskan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Ermawanto, 2021):

$$P_{cu} = I^2 \times R \tag{11}$$

Dimana  $P_{cu}$  adalah Rugi tembaga (Watt),  $I$  adalah Arus (Ampere), dan  $R$  adalah Tahanan (Ohm).

### 3. Rugi Arus Netral

Rugi arus netral disebabkan oleh ketidakseimbangan beban pada masing-masing fasanya. Nilai arus beban pada masing-masing fasanya ( $I_R, I_S, I_T$ ) yang berbeda menyebabkan munculnya nilai arus netral di penghantar netral transformator. Adanya arus netral pada sebuah transformator menyebabkan rugi-rugi (*losses* di penghantar netral). Rugi arus netral dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Rumakat & Fauziah, 2021):

$$P_N = I_N^2 \times R_N \tag{12}$$

Dimana  $P_N$  adalah *Losses* atau rugi daya di penghantar netral transformator (Watt),  $I_N^2$  adalah Arus yang mengalir pada netral transformator (Ampere), dan  $R_N$  adalah tahanan di penghantar netral transformator (Ohm).

### Efisiensi Transformator

Pada setiap peralatan listrik atau mesin listrik tingkat efisiensinya ditentukan terhadap nilai besarnya rugi-rugi yang terjadi saat pengoprasian. Pada peralatan mesin listrik yang berputar atau bergerak pada umumnya nilai efisiensinya antara 50-60% hal ini dikarenakan adanya rugi angin dan gesek. Transformator bukan mesin listrik yang bergerak ataupun berputar, maka rugi-rugi yang terjadi dikatakan lumayan kecil jika dibandingkan dengan mesin listrik yang bergerak lainnya. Efisiensi sebuah transformator dianggap baik jika kapasitas dari transformator dan beban yang terhubung pada transformator tersebut sesuai, yang berarti pembebanan tidak boleh terlalu *overload* dan tidak muncul arus di penghantar netral. Efisiensi transformator merupakan perbandingan antara daya keluar (*output*) dengan daya masuk (*input*). Untuk mengetahui nilai efisiensi dapat dihitung dengan menggunakan (Ermawanto, 2021):

$$\text{Efisiensi } \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \tag{13}$$

$P_{in}$  dapat ditulis dengan menggunakan rumus:

$$P_{in} = P_{out} + \text{Rugi} + \text{rugi} \tag{14}$$

Jadi efisiensi transformator dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Efisiensi } \eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum \text{Rugi-rugi}} \times 100\% \tag{15}$$

$P_{out}$  adalah daya keluaran yang berguna dari sistem atau peralatan listrik dalam satuannya watt (W) atau kilowatt (kW).  $\sum$  Rugi-rugi adalah jumlah total rugi-rugi daya yang terjadi dalam sistem

atau peralatan listrik. Rumus tersebut menggambarkan seberapa efisien suatu sistem atau peralatan dalam mengubah daya masukan menjadi daya keluaran yang berguna. Efisiensi dihitung sebagai persentase dari daya keluaran yang berguna terhadap total daya yang masuk termasuk rugi-rugi daya.

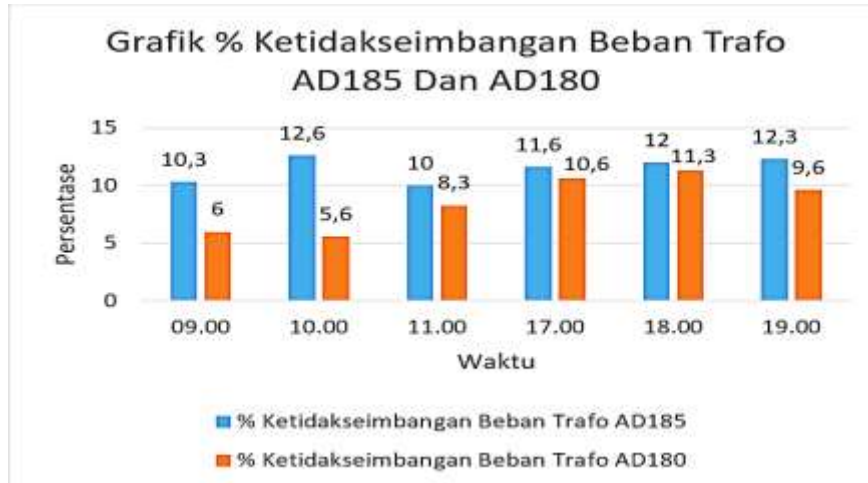
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil merupakan penyelesaian dari sebuah permasalahan. Pada permasalahan ini diselesaikan secara matematis dengan menggunakan persamaan yang sudah ada. Hasil dari penelitian menunjukkan transformator distribusi pada Penyulang Bumimoro AD185 dan AD180 di PT. PLN ULP Perak sesuai dengan standart PLN atau tidak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai persentase pembebanan, persentase ketidakseimbangan beban, rugi-rugi daya, dan persentase efisiensi transformator.

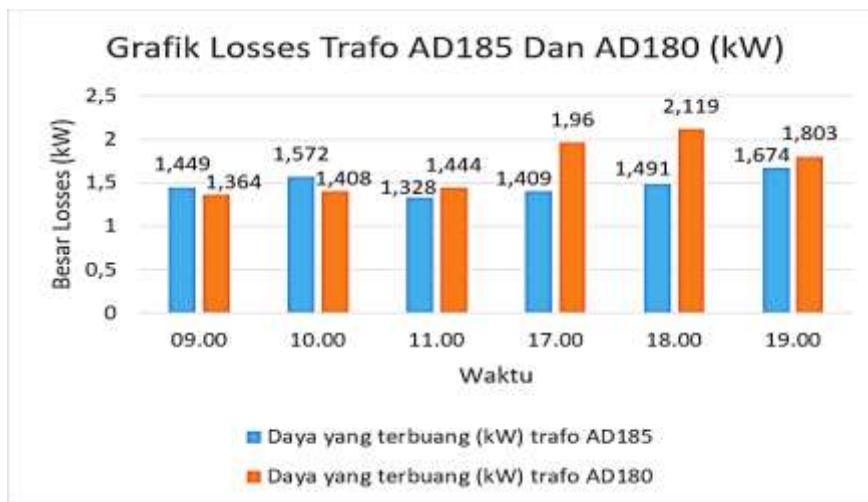


**Gambar 4.** Grafik Persentase Pembebanan Transformator AD185 Dan AD180

Pada gambar 4 merupakan grafik persentase pembebanan pada transformator AD185 dengan daya 160 kVA dan transformator AD180 dengan daya 250 kVA yang menunjukkan bahwa persentase pembebanan sesuai dengan SPLN No.17 Tahun 2014 bahwa persentase tidak boleh melebihi dari 80%. Pada transformator AD185 persentase pembebanan sebesar 62,7% dan pada transformator AD180 persentase pembebanan sebesar 45,7%. Pada gambar 5 merupakan grafik persentase ketidakseimbangan beban pada tranformator AD185 dengan daya 160 kVA dan tranformator AD180 dengan daya 250 kVA yang menunjukkan bahwa persentase ketidakseimbangan beban tidak sesuai dengan SPLN No.17 Tahun 2014 bahwa persentase tidak boleh melebihi dari 10%. Pada transformator AD185 persentase rata-rata ketidakseimbangan beban pada jam 09:00-19:00 di dapat sebesar 11,4% dengan persentase ketidakseimbangan yang tertinggi pada jam 10:00 sebesar 12,6%. Pada transformator AD180 persentase rata-rata ketidakseimbangan pada jam 09:00-19:00 didapat 8,5% dengan persentase ketidakseimbangan yang tertinggi pada jam 18:00 sebesar 11,3%.



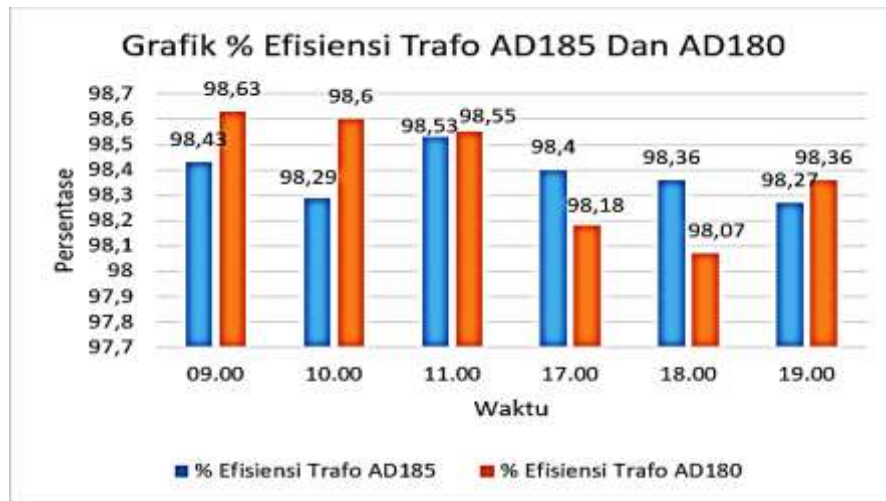
**Gambar 5.** Grafik Persentase Ketidakseimbangan Beban Transformator AD185 dan AD180



**Gambar 6.** Grafik Losses Dalam kW Transformator AD185 dan AD180

Pada gambar 6 merupakan grafik *losses* pada transformator AD185 dengan daya 160 kVA dan transformator AD180 dengan daya 250 kVA. Pada transformator AD185 rata-rata rugi-rugi daya dalam (kW) pada jam 09:00-19:00 di dapat sebesar 1,487 kW, dengan rugi-rugi daya tertinggi pada jam 19:00 sebesar 1,674 kW. Pada transformator AD180 rata-rata rugi-rugi daya dalam (kW) pada jam 09:00-19:00 didapat sebesar 1,683 kW, dengan rugi-rugi daya tertinggi pada jam 18:00 sebesar 2,119 kW. Pada gambar 7 merupakan grafik persentase efisiensi pada transformator AD185 dengan daya 160 kVA dan transformator AD180 dengan daya 250 kVA. Efisiensi pada transformator AD185 dan AD180 termasuk dalam keadaan tidak efisien, perlu ditingkatkan lagi dengan cara menyeimbangkan beban pada setiap antar fasanya pada transformator sehingga dapat mengurangi rugi-rugi daya (*losses*) yang disebabkan adanya arus di penghantar netral. Pada transformator AD185 rata-rata persentase efisiensi pada jam 09:00-19:00 di dapat sebesar 98,38%, dengan persentase efisiensi yang terendah pada jam 19:00

sebesar 98,27%. Pada transformator AD180 rata-rata efisiensi pada jam 09:00-19:00 didapat sebesar 98,39%, dengan persentase efisiensi yang terendah pada jam 18:00 sebesar 98,07%.



**Gambar 7.** Grafik Persentase Efisiensi Transformator AD185 dan AD180

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap tugas akhir ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Persentase pembebanan pada transformator AD185 dan AD180 dalam keadaan yang baik atau bisa dikatakan sesuai dengan SPLN No. 17 Tahun 2014 yakni dibawah 80%. Pada transformator AD185 persentase pembebanan sebesar 62,7% dan pada transformator AD180 persentase pembebanan sebesar 42,7%.
2. Persentase ketidakseimbangan beban pada transformator AD185 dan AD180 keadaan yang kurang baik melebihi dari standart SPLN No.17 Tahun 2014 yakni melebihi dari 10%. Pada transformator AD185 rata-rata persentase ketidakseimbangan beban sebesar 11,4%, dengan persentase ketidakseimbangan yang tertinggi pada jam 10:00 sebesar 12,6%. Pada transformator AD180 rata-rata persentase ketidakseimbang beban sebesar 8,5%, dengan persentase ketidakseimbangan yang tertinggi pada jam 18:00 sebesar 11,3%.
3. Rugi-rugi daya pada transformator AD185 dan AD180 dikatakan cukup besar. Pada transformator AD185 rata-rata rugi-rugi daya sebesar 1,487 kW, dengan rugi-rugi daya yang tertinggi pada jam 19:00 sebesar 1,674 kW. Pada transformator AD180 rata-rata rugi-rugi daya sebesar 1,683 kW, dengan rugi-rugi daya yang tertinggi pada jam 18:00 sebesar 2,119 kW.
4. Persentase efisinsi pada transformator AD185 dan AD180 dikatakan kurang efisien. Pada transformator AD185 rata-rata persentase efisiensi transformator sebesar

98,38%, dengan persentase efisiensi terendah pada jam 19:00 sebesar 98,27%. Pada transformator AD180 rata-rata persentase efisiensi transformator sebesar 98,39%, dengan persentase efisiensi terendah pada jam 18:00 sebesar 98,07%.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Pada bagian ini, ingin peneliti menyampaikan apresiasi yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi penting dalam penyelesaian penelitian ini. Peneliti mengucapkan rasa terima kasih kepada tim editorial “Seminar Nasional Hasil Riset Dan Pengabdian” atas kesempatan yang diberikan untuk mempublikasikan hasil penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ermawanto. (2021). *Analisa Berlangganan Listrik Antara Tegangan Menengah (TM) Dengan Tegangan Rendah (TR) dan Analisa Efisiensi Trafo Dalam Rangka Konservasi Energi Kampus Undip Tembalang*.
- Pasaribu, F. I., Nasution, E. S., & Rizki, A. (2021). *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Trafo Distribusi 200 KVA*.
- Pelawi, Z., & Yusmartato. (2018). *Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Penghantar Netral Jaringan Distribusi Sekunder Akibat Ketidakseimbangan Beban*. 13(2).
- Pranoto, S., & Rusli, N. N. (2020). *Penyeimbangan Beban pada Trafo Distribusi Penyulang Akkarena di Unit Layanan Pelanggan Mattoanging PT PLN (Persero)*.
- SPLN Nomor 17. (2014). *Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset*.
- Putri, A. M., Km, J. M.-B. A., Mangat, B., & Lhokseumawe, K. (2020). *Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator 66 MVA Di PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW*.
- Ramadhani, T. (2021). *Analisa Pengaruh Beban Puncak Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi Pada Penyulang Kenari di PT. PLN (PERSERO) ULP Kenten*.
- Razipo, M. M. (2020). *Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator Daya 54 MVA di PT. PLN (PERSERO) Keramasan*.
- Rumakat, J., & Fauziah, D. (2021). *Analisis Beban Tidak Seimbang Terhadap Arus Netral dan Rugi-Rugi pada Penghantar Netral Transformator di Rayon Baguala Ambon*.
- Saputro, A. E. Y. (2018). *Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi di PT. PLN (PERSERO) Rayon Palur Karanganyar*.

- Siregar, R. S., & Harahap, R. (2017). *Perhitungan Arus Netral, Rugi-Rugi, dan Efisiensi Transformator Distribusi 3 Fasa 20 KV/400V Di PT. PLN (Persero) Rayon Medan Timur Akibat Ketidakseimbangan Beban*. 2(3).
- Suswanto, D. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*.
- Suyandi, E. (2017). *Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Area Rayon Yogyakarta Kota di PT. PLN (PERSERO) APJ Gedong Kuning Yogyakarta*. 4(2).
- Syukri, S., Asyadi, T. M., Muliadi, M., & Moesnadi, F. (2022). Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(2), 202–206. <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i2.14500>
- Wiesa, G. N. H. (2022). *Analisa Uprating Transformator Pada Gardu Distribusi KA 0739 di Penyulang Pipitan*.