

Analisis Kinerja Transformator Distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok

Yasman Sanda¹, Yusri Ambabunga², Ishak Pawarangan^{3*}

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik,
Universitas Kristen Indonesia Toraja,
¹yasmansanda017@gmail.com, ²ambabungayusri@gmail.com,
³*ishakpawarangan@ukitoraja.ac.id

Abstrak

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Pertambahan beban harus seiring dengan ketersediaan sumber energi listrik. Dalam sistem tenaga listrik transformator distribusi memiliki peran penting dalam menurunkan tegangan menengah 20 kV menjadi 220/380 V. Keandalan sistem tenaga listrik harus memiliki persentase pembebanan tidak lebih dari 80%, persentase *drop* tegangan tidak lebih dari 10% dan ketidakseimbangan beban tidak lebih dari 20%. Telah terjadi penggantian transformator distribusi 50 kV di Lembang Bori' Ranteletok dari 1 fasa menjadi 3 fasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformator terpasang memiliki pembebanan minggu pertama 45,97%, minggu kedua 46,99%, minggu ketiga 52,55% dan minggu keempat 46,37%. Sesuai syarat keandalan sistem tenaga listrik beban penuh atau pembebanan transformator tidak melebihi 80%. Persentase *drop* tegangan didapatkan sesuai dengan syarat keandalan sistem tenaga listrik yang tidak melebihi 10%. Persentase faktor ketidakseimbangan beban minggu pertama 11,76 %, minggu kedua 31,47 %, minggu ketiga 14,94 % dan minggu keempat 23,53 %. Minggu pertama dan ketiga sesuai syarat keandalan sistem tenaga listrik, untuk minggu kedua dan keempat tidak sesuai syarat keandalan sistem tenaga listrik karena persentase ketidakseimbangan beban lebih dari 20%.

Kata kunci: energi listrik, jaringan distribusi, keandalan sistem tenaga, pembebanan, *drop* tegangan, ketidakseimbangan beban

Abstract

Electricity plays a huge part in our everyday lives. The increase in load must be in line with the availability of electrical energy sources. In the distribution power system, it has an important role in reducing the medium voltage from 20 kV to 220/380 V. The reliability of the electric power system must have a load proportion of not more than 80%, the proportion of voltage drop not more than 10% and a load of no more than 20%. There has been a replacement of the 50 kV transformer distribution in Lembang Bori' Ranteletok from 1 phase to 3 phases. The results of the research showed that the load percentage for the first week is 45.97%, the second week 46.99%, the third week 52.55% and the fourth week 46.37%. According to the requirements of the electric power system, the full load or transformer loading does not exceed 80%. The percentage of voltage drop is in accordance with the reliability requirements of the electric power system because it does not exceed 10%. The percentage of load imbalance factor in the first week is 11.76%, the second week is 31.47%, the third week is 14.94% and the fourth week is 23.53%. The first and third weeks are in accordance with the requirements of the electric power system, while the second and fourth

weeks are not in accordance with the requirements of the electric power system because the percentage of load imbalance is more than 20%.

Keywords: electrical energy, distribution network, electric power reliability, load, voltage drop, load imbalance

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan suatu energi yang sangat dibutuhkan di dalam beberapa aspek kehidupan manusia seperti penerangan dan sumber tenaga untuk alat-alat elektronik pada gedung-gedung, dalam masyarakat secara umum dan proses produksi suatu industri. Sehubungan dengan hal itu kebutuhan akan energi listrik kini semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan industri. Pertambahan beban listrik yang begitu cepat perlu diiringi dengan ketersediaan energi listrik yang baik melalui sistem tenaga listrik yang dapat beroperasi dengan baik dan handal.

Dalam sistem tenaga listrik, transformator distribusi memiliki peran penting pada jaringan distribusi tenaga listrik untuk mentransformasikan tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 220 V dan 380 V [1].

Syarat-syarat keandalan pada sistem tenaga listrik adalah persentase pembebanan transformator tidak melebihi 80% sesuai aturan SPLN No. 17 Tahun 1979, persentase *drop* tegangan pada sisi konsumen maksimal 10% sesuai aturan SPLN No. 1 Tahun 1995 dan persentase faktor ketidakseimbangan beban dikategorikan baik untuk persentase <10%, dikategorikan cukup untuk persentase ketidakseimbangan beban 10% - <20%, dikategorikan kurang untuk persentase ketidakseimbangan beban 20% - <25%, dan dikategorikan buruk untuk persentase ketidakseimbangan beban lebih dari 25% sesuai surat edaran direksi PT. PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014 tentang metode pemeliharaan trafo distribusi berbasis kaidah manajemen aset.

Lembang Bori' Ranteletok merupakan desa dengan penduduk yang cukup banyak dan merupakan konsumen energi listrik. Salah satu transformator distribusi yang melayani sebagian besar penduduknya adalah transformator distribusi 50 kVA. Transformator yang awalnya dipasang di desa ini adalah transformator distribusi 1 fasa 50 kVA dan kemudian diganti dengan transformator distribusi 3 fasa 50 kVA pada tahun 2016. Terkait dengan adanya penggantian transformator di lembang Bori' Ranteletok yang telah berumur kurang lebih 5 tahun dan telah mengalami pertambahan beban dalam waktu tersebut. Untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik, maka menjadi penting untuk menganalisis kinerja transformator terpasang yang memenuhi syarat keandalan sistem tenaga listrik pada transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok dengan tujuan untuk mengidentifikasi sejumlah indikator keandalan kinerja transformator dan melakukan sejumlah rencana tindak lanjut bagi pihak terkait untuk syarat keandalan sistem tenaga listrik yang tidak terpenuhi.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Beban Penuh Transformator

Ukuran jika dilihat pada bagian sisi tegangan tinggi (sisi primer) daya transformator bisa hitung melalui Persamaan (1) [2]-[4].

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

di mana :

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan primer transformator (Volt)

I = Arus (Ampere)

Jadi, arus beban penuh (*full load*) dapat diketahui dengan Persamaan (2)[3], [4].

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

dimana :

I_{FL} = Arus beban penuh (Ampere)

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan sekunder transformator (Volt)

Untuk mengetahui persentase pembebanan suatu transformator menurut Frank D. Petruzella dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3) [1].

$$\text{Pembebanan (\%)} = \frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \quad (3)$$

Untuk menghitung $I_{rata-rata}$ dapat dilakukan dengan Persamaan (4) [5].

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

dimana :

$I_{rata-rata}$ = Rata-rata arus beban (Ampere)

I_{FL} = Aus Beban Penuh (Ampere)

I_r = Arus listrik fasa R (Ampere)

I_s = Arus listrik fasa S (Ampere)

I_t = Arus listrik fasa T (Ampere)

2.2. Drop Tegangan pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah

Bentuk *drop* tegangan atau jatuh tegangan adalah jumlah tegangan hilang dalam sebuah penghantar [1]. Secara umum, *drop* tegangan dalam saluran tenaga listrik, berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar dan berbanding lurus dengan panjang saluran penghantar. Tahanan kawat yang dialiri arus listrik mengakibatkan adanya jatuh tegangan. *Drop* tegangan atau jatuh tegangan (V) pada suatu penghantar semakin besar apabila arus (I) didalam penghantar semakin besar dan tahanan penghantar (R) semakin besar pula. Sehingga besarnya tegangan pada sisi pengirim tidak sama dengan besarnya tegangan pada sisi penerima. *Drop* tegangan dirumuskan dengan Persamaan (5) [5].

$$\Delta V = I \times Z \quad (5)$$

dimana :

ΔV = *Drop* tegangan/jatuh tegangan (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

Z = Impedansi (Ohm)

Jatuh tegangan (ΔV) yang dimaksud dalam teori ini adalah selisih tegangan pada sisi pengirim (V_s) dengan tegangan pada sisi penerima (V_R), sehingga jatuh tegangan didefinisikan dalam Persamaan (6).

$$\Delta V = V_S - V_R \quad (6)$$

Sehingga untuk mengetahui persentase jatuh tegangan menggunakan Persamaan (7) [6].

$$\text{Jatuh Tegangan (\%)} = \frac{V_S - V_R}{V_S} \times 100\% \quad (7)$$

dimana :

ΔV = Jatuh Tegangan (Volt)

V_S = Tegangan Kirim (Volt)

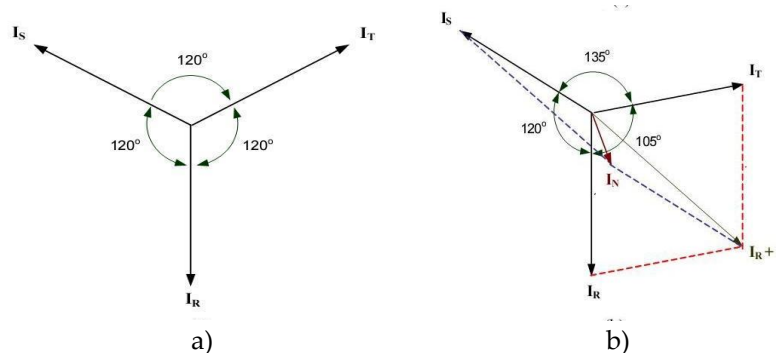
V_R = Tegangan Terima (Volt)

2.3. Ketidakseimbangan Beban Transformator

Ketidakseimbangan beban adalah suatu keadaan di mana ketiga vektor arus/ tegangan berbeda karena beban anantara fasa yang tidak seimbang [7].

Setiap fasa pada transformator dikatakan seimbang apabila memenuhi syarat berikut[8], [9]:

1. Nilai vektor arus masing-masing fasa yang sama besar
2. Masing-masing vektor membentuk sudut 120°



Gambar 1. Vektor diagram: a) arus seimbang; b) arus tidak seimbang [7]

Jika dilihat dari vektornya hal-hal yang dapat terjadi pada transformator yang tidak seimbang yaitu[8], [9] :

1. Nilai vektor arus pada setiap fasa sama namun sudutnya tidak membentuk 120°
2. Sudut vektor membentuk 120° namun nilai vektornya tidak sama pada setiap arus
3. Nilai vektor pada setiap arus tidak sama dan ketiga sudut vektor tidak membentuk 120°

Untuk mengetahui ketidakseimbangan beban dapat diketahui dengan Persamaan (4) seperti pada bagian sebelumnya. Di mana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata, maka koefisien a , b dan c diperoleh dengan Persamaan (8), (9), (10) [7].

$$a = \frac{I_r}{I} \quad (8)$$

$$b = \frac{I_s}{I} \quad (9)$$

$$c = \frac{I_t}{I} \quad (10)$$

Dalam keadaan seimbang besarnya koefisien a , b dan c sama dengan 1. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban dalam persentase (%) dihitung dengan Persamaan 11 [7].

$$\text{Ketidakseimbangan beban}(\%) = \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \quad (11)$$

3. Metode Penelitian

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Februari 2021 dan bertempat di PT. PLN (Persero) ULP Rantepao khususnya pada transformator distribusi 50 KVA di Lembang Bori' Ranteletok.

3.2. Teknik Analisis Data

3.2.1 Menghitung Persentase Pembebanan

Langkah untuk menghitung persentase pembebanan transformator adalah :

1. Mengetahui daya transformator yaitu 50 kVA.
2. Menghitung arus beban penuh transformator dengan Persamaan (2).
3. Menghitung arus rata-rata dengan Persamaan (4)
4. Menghitung persentase pembebanan transformator dengan Persamaan (3), dan hasil perhitungan dibandingkan dengan dengan data standar (SPLN No. 17 Tahun 1979).

3.2.2 Menghitung Persentase Drop Tegangan

Langkah untuk menghitung persentase *drop* tegangan adalah :

1. Menghitung *drop* tegangan dengan Persamaan (6).
2. Menghitung persentase *drop* tegangan dengan Persamaan (7), dan hasil perhitungan dibandingkan dengan dengan data standar (SPLN No.1 Tahun 1995).

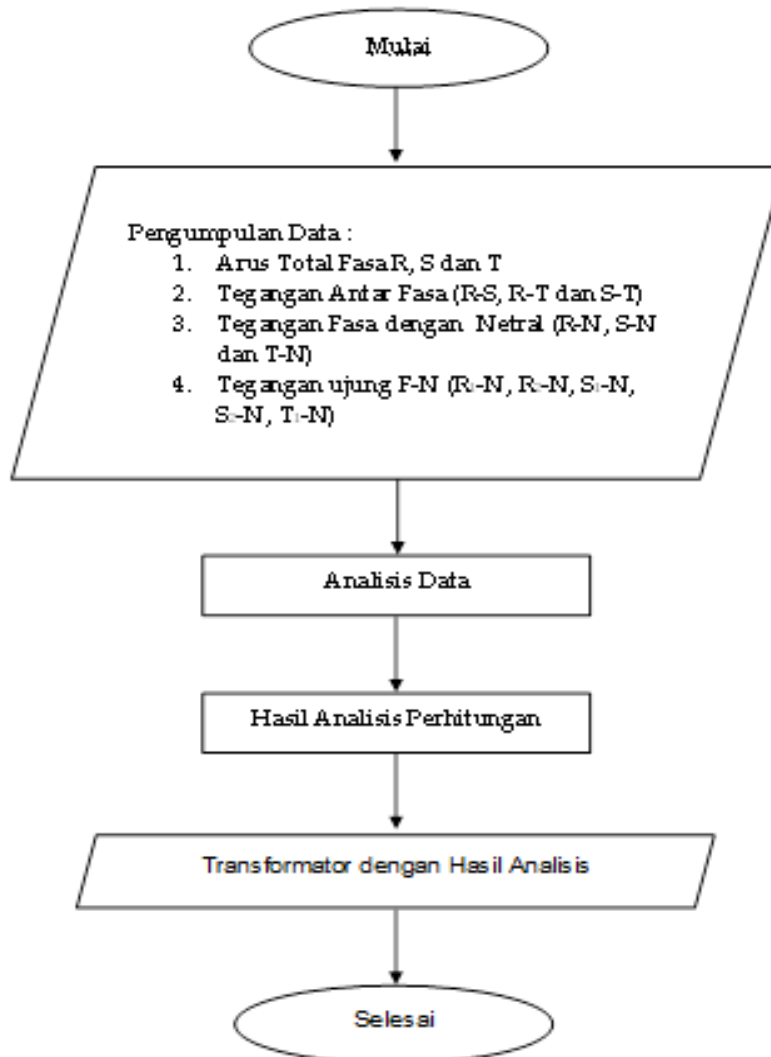
3.2.3 Menghitung Persentase Ketidakseimbangan Beban

Langkah untuk menghitung ketidakseimbangan beban transformator adalah :

1. Menghitung koefisien a dengan Persamaan (8).
2. Menghitung koefisien b dengan Persamaan (9).
3. Menghitung koefisien c dengan Persamaan (10).
4. Menghitung persentase ketidakseimbangan beban dengan Persamaan (11) dan hasil perhitungan dibandingkan dengan dengan data standar (surat edaran direksi PT. PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014).

3.3. Diagram Alir atau Flowchart Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir atau *flowchart* penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengukuran

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan selama empat minggu dan satu kali dalam setiap minggu. Berikut ini hasil pengukuran yang telah dilakukan seperti pada Tabel 1 :

Tabel 1. Data hasil pengukuran arus dan tegangan

| Minggu | Waktu (WITA) | Arus Total (A) | Arus Jurusan (A) | Tegangan Antar Fasa (V) | Tegangan Fasa-Netral (V) | Tegangan Ujung F-N (V) |
|--------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 19:30 | R = 30 | R ₁ = 21 | R-S = 396 | R-N = 225 | R ₁ -N = 213 |
| | | | R ₂ = 9 | | | R ₂ -N = 220 |
| | | S = 32 | S ₁ = 10 | R-T = 383 | S-N = 230 | S ₁ -N = 225 |
| | | | S ₂ = 22 | | | S ₂ -N = 219 |
| | | T = 40 | T ₁ = 40 | S-T = 392 | T-N = 221 | T ₁ -N = 208 |
| | | 2 | 20:00 | R = 30 | R ₁ = 22 | R-S = 399 |
| R ₂ = 8 | R ₂ -N = 223 | | | | | |
| S = 23 | S ₁ = 11 | | | R-T = 385 | S-N = 230 | S ₁ -N = 225 |
| | S ₂ = 12 | | | | | S ₂ -N = 218 |
| T = 51 | T ₁ = 51 | | | S-T = 390 | T-N = 220 | T ₁ -N = 207 |
| 3 | 19:30 | | | R = 30 | R ₁ = 20 | R-S = 399 |
| | | R ₂ = 10 | R ₂ -N = 224 | | | |
| | | S = 40 | S ₁ = 15 | R-T = 385 | S-N = 231 | S ₁ -N = 226 |
| | | | S ₂ = 25 | | | S ₂ -N = 223 |
| | | T = 46 | T ₁ = 46 | S-T = 393 | T-N = 222 | T ₁ -N = 211 |
| | | 4 | 20:00 | R = 31 | R ₁ = 24 | R-S = 400 |
| R ₂ = 7 | R ₂ -N = 224 | | | | | |
| S = 25 | S ₁ = 11 | | | R-T = 386 | S-N = 232 | S ₁ -N = 220 |
| | S ₂ = 14 | | | | | S ₂ -N = 220 |
| T = 46 | T ₁ = 46 | | | S-T = 395 | T-N = 223 | T ₁ -N = 214 |

4.2. Hasil Perhitungan Tegangan Sekunder, Arus Rata-Rata dan Arus beban Penuh

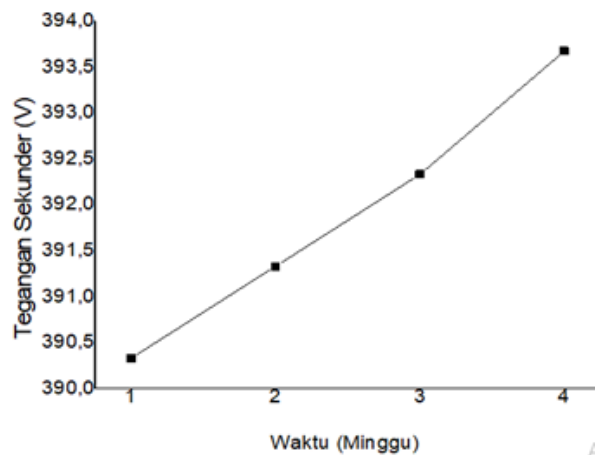
Tegangan sekunder, arus rata-rata dan arus beban penuh pada transformator 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Tegangan sekunder, arus rata-rata dan arus beban penuh

| Minggu | Waktu (WITA) | Tegangan Sekunder (V) | Arus Rata-Rata (A) | Arus Beban Penuh (A) |
|--------|--------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| 1 | 19:30 | 390,33 | 34,00 | 73,96 |
| 2 | 20:00 | 391,33 | 34,67 | 73,77 |
| 3 | 19:30 | 392,33 | 38,67 | 73,58 |
| 4 | 20:00 | 393,67 | 34,00 | 73,33 |

Transformator distribusi 50 KVA di Lembang Bori' Ranteletok, tegangan sekunder yang telah dihitung dari rata-rata tegangan antar fasa pada minggu pertama 390,33 Volt, minggu kedua 391,33 Volt, minggu ketiga 392,33 Volt dan minggu keempat 393,67 Volt.

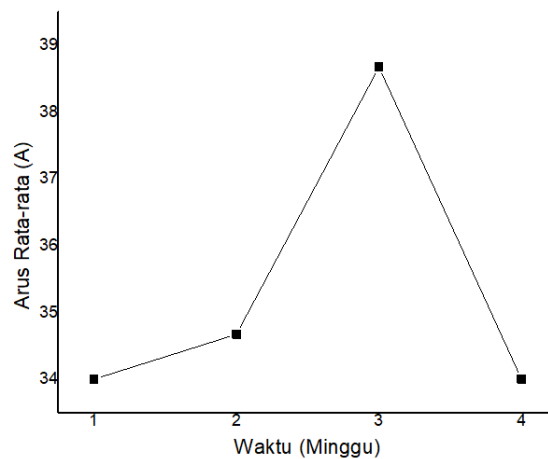
Grafik hasil perhitungan tegangan sekunder setiap minggu ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik tegangan sekunder tiap minggu

Transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok arus rata-rata yang diperoleh yaitu minggu pertama 34,00 Ampere, minggu kedua 34,67 Ampere, minggu ketiga 38,67 Ampere, dan minggu keempat 34,00 Ampere

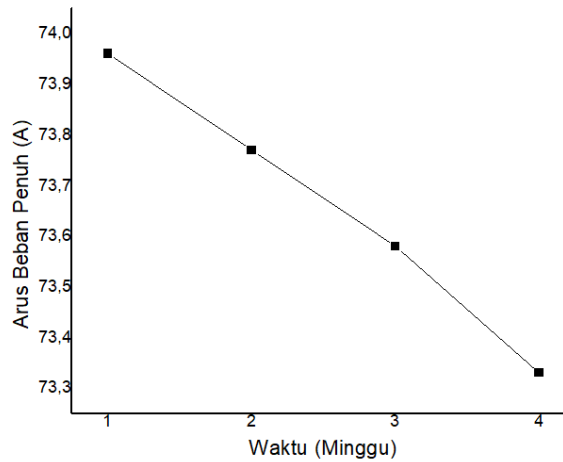
Grafik arus rata-rata pada minggu yang lain seperti ditunjukkan pada Gambar 5:



Gambar 5. Grafik arus rata-rata tiap minggu

Transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok arus beban penuh yang diperoleh yaitu minggu pertama 73,96 Ampere, minggu kedua 73,77 Ampere, minggu ketiga 73,58 Ampere, dan minggu keempat 73,33 Ampere.

Grafik hasil perhitungan arus beban penuh seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik arus beban penuh

4.3. Hasil Analisis Persentase Pembebanan

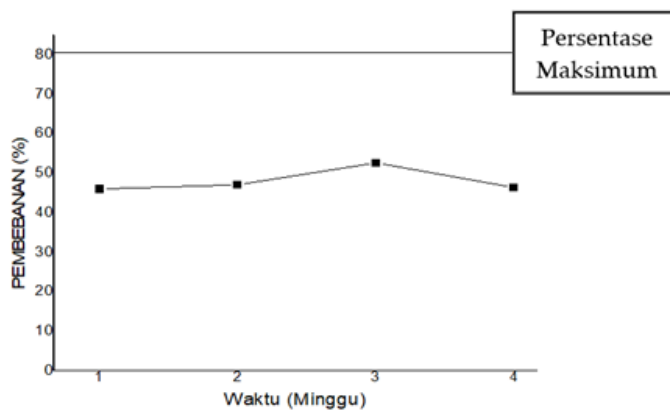
Persentase pembebanan pada transformator 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase pembebanan

| Minggu | Waktu (WITA) | Pembebanan (%) | Standar (SPLN No.17 Tahun 1979) | Keterangan |
|--------|--------------|----------------|---------------------------------|------------|
| 1 | 19:30 | 45,97 | Pembebanan maksimal 80% | Memenuhi |
| 2 | 20:00 | 46,99 | | Memenuhi |
| 3 | 19:30 | 52,55 | | Memenuhi |
| 4 | 20:00 | 46,37 | | Memenuhi |

Transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok persentase pembebanan yang telah diperoleh yaitu minggu pertama 45,97 %, minggu kedua 46,99 %, minggu ketiga 52,55 %, dan minggu keempat 46,37 %. Persentase tertinggi terdapat pada minggu ketiga 52,55% dan terendah pada minggu pertama 45,97%.

Secara keseluruhan dari persentase pembebanan tidak melebihi 80% dan memenuhi aturan SPLN No.17 Tahun 1979, yaitu persentase pembebanan transformator tidak lebih dari 80%. Grafik hasil analisis perhitungan persentase pembebanan seperti pada Gambar 7:



Gambar 7. Grafik persentase pembebanan

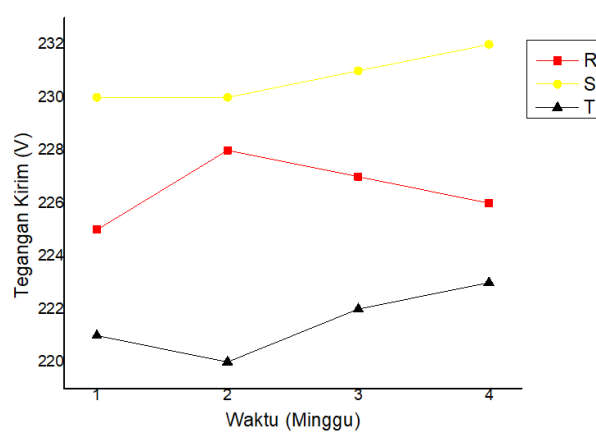
4.4. Hasil Perhitungan Drop Tegangan

Tegangan kirim, tegangan terima dan *drop* tegangan pada transformator distribusi 50 KVA di Lembang Bori' Ranteletok dapat dilihat pada Tabel 4.:

Tabel 4. Tegangan kirim, tegangan terima dan *drop* tegangan

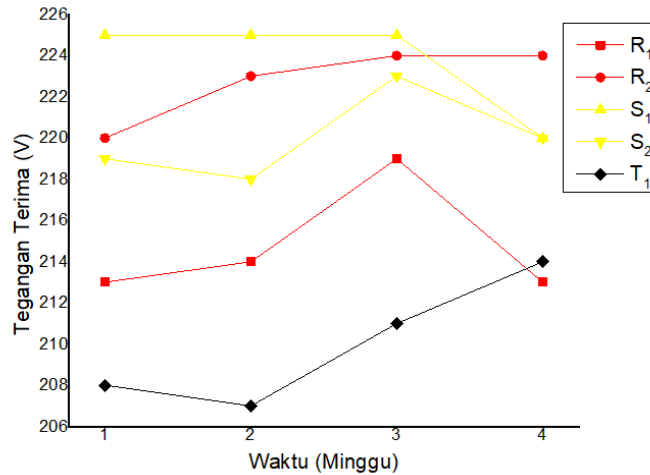
| Minggu | Waktu (WITA) | Tegangan kirim (Volt) | Tegangan terima (Volt) | Drop tegangan (Volt) |
|--------|--------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 1 | 19:30 | R = 225 | R ₁ = 213 | 12 |
| | | | R ₂ = 220 | 5 |
| | | S = 230 | S ₁ = 225 | 5 |
| | | | S ₂ = 219 | 11 |
| | | T = 221 | T ₁ = 208 | 13 |
| 2 | 20:00 | R = 228 | R ₁ = 214 | 14 |
| | | | R ₂ = 223 | 5 |
| | | S = 230 | S ₁ = 225 | 5 |
| | | | S ₂ = 218 | 12 |
| | | T = 220 | T ₁ = 207 | 13 |
| 3 | 19:30 | R = 227 | R ₁ = 219 | 8 |
| | | | R ₂ = 224 | 3 |
| | | S = 231 | S ₁ = 225 | 6 |
| | | | S ₂ = 223 | 8 |
| | | T = 222 | T ₁ = 211 | 11 |
| 4 | 20:00 | R = 226 | R ₁ = 213 | 13 |
| | | | R ₂ = 224 | 2 |
| | | S = 232 | S ₁ = 220 | 12 |
| | | | S ₂ = 220 | 12 |
| | | T = 223 | T ₁ = 214 | 9 |

Pada transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok hasil pengukuran tegangan kirim dari panel gardu distribusi yang diperoleh yaitu minggu pertama R = 225 V, S = 230 V, T = 221 V, minggu kedua R = 228 V, S = 230 V, T = 221 V, minggu ketiga R = 227 V, S = 231 V, T = 222 V, minggu keempat R = 226 V, S = 232 V, T = 223 V. Grafik hasil pengukuran tegangan kirim dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 8:



Gambar 8. Grafik tegangan kirim jaringan distribusi tegangan rendah

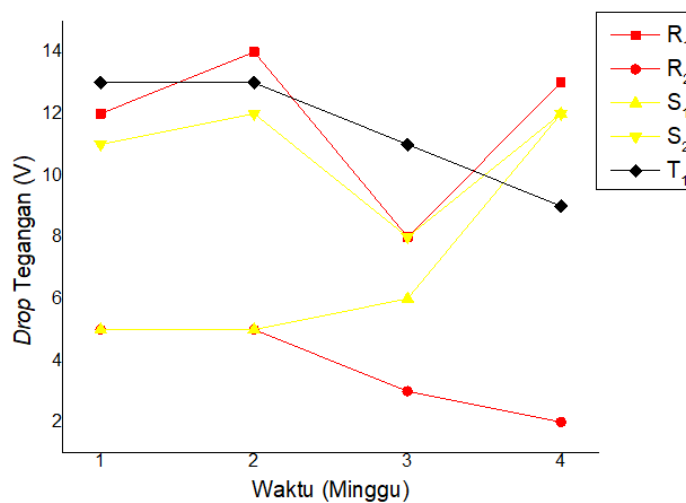
Transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok tegangan terima yang telah diukur pada ujung jaringan distribusi tegangan rendah yaitu minggu pertama $R_1 = 213 \text{ V}$, $R_2 = 220 \text{ V}$, $S_1 = 225 \text{ V}$, $S_2 = 219 \text{ V}$, $T_1 = 208 \text{ V}$, minggu kedua $R_1 = 214 \text{ V}$, $R_2 = 223 \text{ V}$, $S_1 = 225 \text{ V}$, $S_2 = 218 \text{ V}$, $T_1 = 207 \text{ V}$, minggu ketiga $R_1 = 219 \text{ V}$, $R_2 = 224 \text{ V}$, $S_1 = 225 \text{ V}$, $S_2 = 223 \text{ V}$, $T_1 = 211 \text{ V}$, minggu keempat $R_1 = 213 \text{ V}$, $R_2 = 224 \text{ V}$, $S_1 = 220 \text{ V}$, $S_2 = 220 \text{ V}$, $T_1 = 214 \text{ V}$. Grafik hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 9 :



Gambar 9. Grafik tegangan terima jaringan distribusi tegangan rendah

Drop tegangan jaringan distribusi tegangan rendah pada transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok yang diperoleh dari hasil perhitungan yang telah dilakukan yaitu pada minggu pertama $R_1 = 12 \text{ V}$, $R_2 = 5 \text{ V}$, $S_1 = 5 \text{ V}$, $S_2 = 11 \text{ V}$, $T_1 = 13 \text{ V}$, minggu kedua $R_1 = 14 \text{ V}$, $R_2 = 5 \text{ V}$, $S_1 = 5 \text{ V}$, $S_2 = 12 \text{ V}$, $T_1 = 13 \text{ V}$, minggu ketiga $R_1 = 8 \text{ V}$, $R_2 = 3 \text{ V}$, $S_1 = 6 \text{ V}$, $S_2 = 8 \text{ V}$, $T_1 = 11 \text{ V}$, minggu keempat $R_1 = 13 \text{ V}$, $R_2 = 2 \text{ V}$, $S_1 = 12 \text{ V}$, $S_2 = 12 \text{ V}$, dan $T_1 = 9 \text{ V}$.

Hasil perhitungan *drop* tegangan jaringan distribusi tegangan rendah dalam bentuk grafik ditunjukkan pada Gambar 10:



Gambar 10. Grafik *drop* tegangan jaringan distribusi tegangan rendah

4.5. Hasil Analisis Persentase Drop Tegangan

Persentase *drop* tegangan pada jaringan distribusi tegangan rendah pada transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok dapat dilihat pada Tabel 5:

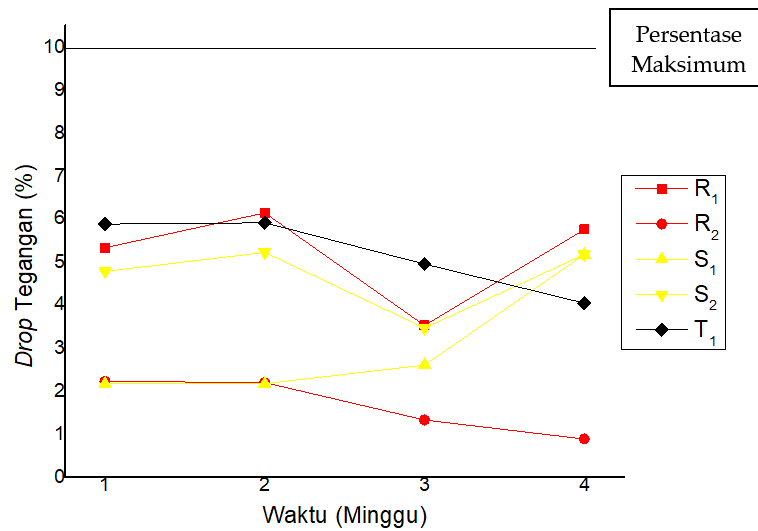
Tabel 5. Persentase *drop* tegangan

| Minggu | Waktu (WITA) | Drop Tegangan (%) | Standar (SPLN No.1 Tahun 1995) | Keterangan |
|--------|--------------|-------------------|--------------------------------|------------|
| 1 | 19:30 | $R_1 = 5,33$ | Drop tegangan maksimal 10% | Memenuhi |
| | | $R_2 = 2,22$ | | Memenuhi |
| | | $S_1 = 2,17$ | | Memenuhi |
| | | $S_2 = 4,78$ | | Memenuhi |
| | | $T_1 = 5,88$ | | Memenuhi |
| 2 | 20:00 | $R_1 = 6,14$ | | Memenuhi |
| | | $R_2 = 2,19$ | | Memenuhi |
| | | $S_1 = 2,17$ | | Memenuhi |
| | | $S_2 = 5,22$ | | Memenuhi |
| | | $T_1 = 5,91$ | | Memenuhi |
| 3 | 19:30 | $R_1 = 3,52$ | | Memenuhi |
| | | $R_2 = 1,32$ | | Memenuhi |
| | | $S_1 = 2,60$ | | Memenuhi |
| | | $S_2 = 3,46$ | | Memenuhi |
| | | $T_1 = 4,95$ | | Memenuhi |
| 4 | 20:00 | $R_1 = 5,75$ | | Memenuhi |
| | | $R_2 = 0,88$ | | Memenuhi |
| | | $S_1 = 5,17$ | | Memenuhi |
| | | $S_2 = 5,17$ | | Memenuhi |
| | | $T_1 = 4,04$ | | Memenuhi |

Persentase *drop* tegangan jaringan distribusi tegangan rendah pada transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok yang diperoleh dari hasil perhitungan yang telah dilakukan yaitu pada minggu pertama $R_1 = 5,33$ %, $R_2 = 2,22$ %, $S_1 = 2,17$ %, $S_2 = 4,78$ %, $T_1 = 5,88$ %, minggu kedua $R_1 = 6,14$ %, $R_2 = 2,19$ %, $S_1 = 2,17$ %, $S_2 = 5,22$ %, $T_1 = 5,91$ %, minggu ketiga $R_1 = 3,52$ %, $R_2 = 1,32$ %, $S_1 = 2,60$ %, $S_2 = 3,46$ %, $T_1 = 4,95$ %, minggu keempat $R_1 = 5,75$ %, $R_2 = 0,88$ %, $S_1 = 5,17$ %, $S_2 = 5,17$ % dan $T_1 = 4,04$ %.

Dari hasil persentase yang telah diketahui persentase *drop* tegangan paling tinggi pada minggu kedua pada jurusan $R_1 = 6,14$ % dan paling rendah pada minggu keempat $R_2 = 0,88$ %. Secara keseluruhan sesuai dengan aturan SPLN No.1 Tahun 1995, karena tidak melebihi 10%.

Grafik hasil perhitungan persentase *drop* tegangan jaringan distribusi tegangan rendah ditunjukkan pada Gambar 11:



Gambar 11. Grafik persentase *drop* tegangan jaringan distribusi tegangan rendah

4.6. Hasil Perhitungan Koefisien *a*, *b*, dan *c*

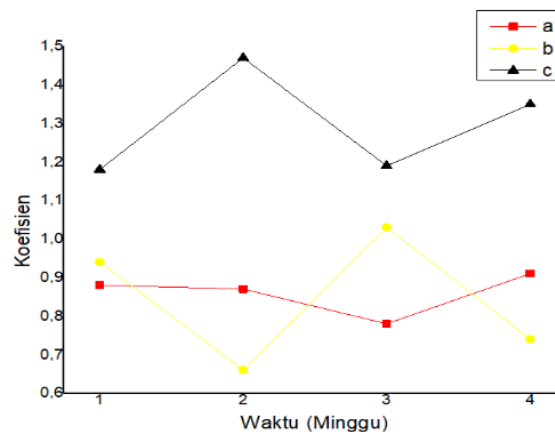
Koefisien *a*, *b* dan *c* pada transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok dapat dilihat pada Tabel 6 :

Tabel 6. Koefisien *a*, *b* dan *c*

| Minggu | Waktu (WITA) | Koefisien | | |
|--------|--------------|-----------|----------|----------|
| | | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> |
| 1 | 19:30 | 0,88 | 0,94 | 1,18 |
| 2 | 20:00 | 0,87 | 0,66 | 1,47 |
| 3 | 19:30 | 0,78 | 1,03 | 1,19 |
| 4 | 20:00 | 0,91 | 0,74 | 1,35 |

Hasil perhitungan koefisien pada transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok pada minggu pertama $a = 0,88$, $b = 0,94$, $c = 1,18$, minggu kedua $a = 0,87$, $b = 0,66$, $c = 1,47$ minggu ketiga $a = 0,78$, $b = 1,03$, $c = 1,19$, minggu keempat $a = 0,91$, $b = 0,74$, $c = 1,35$.

Grafik hasil perhitungan koefisien pada transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori' Ranteletok ditunjukkan pada Gambar 12 :



Gambar 12. Grafik koefisien *a*, *b* dan *c*

4.7. Hasil Analisis Persentase Ketidakseimbangan Beban

Persentase ketidakseimbangan beban transformator distribusi 50 KVA di Lembang Bori' Ranteletok dapat dilihat pada Tabel 7.

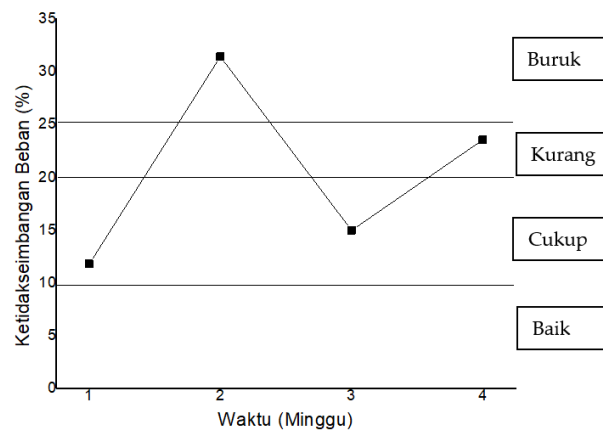
Tabel 7. Persentase ketidakseimbangan beban

| Minggu | Waktu (WITA) | Ketidakseimbangan Beban (%) | Standar (Surat edaran direksi PT. PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014) | Health Index | Rencana tindak lanjut |
|--------|--------------|-----------------------------|---|--------------|---|
| 1 | 19:30 | 11,76 | Persentase ketidakseimbangan beban <10% baik 10%-<20% cukup 20%-<25% kurang >25% buruk | Cukup | Melakukan rekonfigurasi beban dari fasa T ke fasa R dan S |
| 2 | 20:00 | 31,41 | | Buruk | |
| 3 | 19:30 | 14,94 | | Cukup | |
| 4 | 20:00 | 23,53 | | Kurang | |

Health index mengacu pada surat edaran direksi PT. PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014 tentang metode pemeliharaan transformator distribusi berbasis kaidah manajemen aset, di mana faktor ketidakseimbangan beban dikatakan baik untuk persentase <10%, dikatakan cukup untuk persentase ketidakseimbangan beban 10% - <20%, dikatakan kurang untuk persentase ketidakseimbangan beban 20% - <25% dan dikatakan buruk untuk persentase ketidakseimbangan beban lebih dari 25%[10].

Hasil perhitungan persentase ketidakseimbangan beban transformator distribusi 50 KVA di Lembang Bori' Ranteletok merujuk pada surat edaran direksi PT. PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014 yaitu minggu pertama 11,76 % masuk dalam kondisi cukup , minggu kedua 31,47 % masuk dalam kondisi buruk, minggu ketiga 14,94 % masuk dalam kondisi cukup dan minggu keempat 23,53 % masuk dalam kondisi kurang

Grafik hasil perhitungan persentase ketidakseimbangan beban dalam bentuk grafik ditunjukkan pada Gambar 13 :



Gambar 13. Grafik persentase ketidakseimbangan beban

Secara umum, kinerja transformator distribusi 50 kVA di Lembang Bori Ranteletok pada indikator persentase pembebanan dari minggu pertama sampai minggu keempat telah memenuhi SPLN No. 17 Tahun 1979 yakni persentase pembebanan transformator tidak melebihi 80% Pada persentase drop tegangan pada setiap jurusan dari minggu pertama sampai minggu keempat telah memenuhi SPLN No.1 Tahun 1995 yakni persentase drop tegangan tidak melebihi 10%. Persentase ketidakseimbangan beban transformator distribusi 50 KVA di Lembang Bori' Ranteletok yaitu minggu pertama

11,76% masuk dalam kondisi cukup , minggu kedua 31,47% masuk dalam kondisi buruk, minggu ketiga 14,94% masuk dalam kondisi cukup dan minggu keempat 23,53% masuk dalam kondisi kurang di mana kondisi ini merujuk pada surat edaran direksi PT. PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014.

Analisis terhadap persentase faktor ketidakseimbangan beban paling tinggi berada pada persentase 31,47% dan masuk dalam kondisi yang buruk pada pengukuran minggu kedua pukul 20:00 WITA. Untuk dapat memperoleh persentase faktor ketidakseimbangan beban masuk dalam kategori baik, maka perlu untuk dilakukan penyeimbangan beban dengan merekonfigurasi setiap beban fasa pada transformator dengan memindahkan beberapa beban konsumen untuk setiap fasa sesuai data dari analisis yang telah dilakukan yakni beban fasa *T* ke fasa *R* dan fasa *S*.

5. Kesimpulan

Persentase pembebanan transformator distribusi 50 KVA di Lembang Bori' Ranteletok yang telah telah memenuhi SPLN NO. 17 Tahun 1979 yakni persentase pembebanan transformator tidak melebihi 80%. Persentase *drop* tegangan dari gardu ke pelanggan diujung jaringan tegangan rendah di Lembang Bori' Ranteletok yang telah memenuhi SPLN No.1 Tahun 1995 yakni persentase *drop* tegangan tidak melebihi 10%. Sementara persentase faktor ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi 50 KVA di Lembang Bori' Ranteletok yang telah didapatkan minggu pertama 11,76 % masuk dalam kondisi cukup, minggu kedua 31,47 % masuk dalam kondisi buruk, minggu ketiga 14,94 % masuk dalam kondisi cukup dan minggu keempat 23,53 % masuk dalam kondisi kurang, di mana kondisi ini merujuk pada surat edaran direksi PT. PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014.

Daftar Pustaka

- [1] I. W. Sudiarta, I. P. Sutawinaya, I. K. Ta, and A. Firman, "Manajemen Trafo Distribusi 20Kv Antar Gardu BI031 Dan BI033 Penyulang Liligundi Dengan Menggunakan Simulasi Program Etap," *J. Log.*, vol. 16, no. 3, pp. 166–171, 2016.
- [2] J. Sentosa Setiadji, T. Machmudsyah, and Y. Isnanto, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 58–67, 2008, doi: 10.9744/jte.7.2.68-73.
- [3] J. Ohoiwutun, M. Dwiyanto, and T. Sogen, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Efisiensi Transformator Distribusi 100 kVA pada PT . PLN (PERSERO) Unit Aimas," vol. 5, no. 2, 2019.
- [4] H. L. Latupeirissa, "Analisa Umur Pakai Transformator Distribusi 20 KV," *J. Simetrik*, vol. 8, no. 2, pp. 139–144, 2018.
- [5] A. Tanjung and Atmam, "Analisis Kinerja Transformator Distribusi Rusunawa," *Issn*, vol. 1, no. 1, pp. 33–40, 2016.
- [6] F. Dwi Safitri and H. Ananta, "Simulasi Penempatan Transformator Pada Jaringan Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Menggunakan ETAP Power Station 12.6.0," *Edukasi Elektro*, vol. 4, 2020.
- [7] Y. Simamora dan P. S. M. L. Tobing, "Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah," *Singuda Ensikom*, vol. 7, no. 3, pp. 137–142, 2014.

- [8] 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.
- [9] D. E. Putra, R. Kusniriansyah, and I. Pendahuluan, "*Jse-332*," vol. 4, no. 1, pp. 331–337, 2019.
- [10] I. W. Y. Prasetya, I. N. Setiawan, and I. G. D. Arjana, "Harmonisa Pada Transformator Distribusi Mi 0096 Penyulang Abianbase," *J. Ilm. Spektrum*, vol. 7, no. 1, pp. 109–115, 2020.