

# ANALISIS BEBAN TAKSEIMBANG TERHADAP RUGI-RUGI DAYA DAN EFISIENSI TRANSFORMATOR KL0005 JARINGAN DISTRIBUSI SEKUNDER PADA PENYULANG KLUNGKUNG

I Putu Gede Kartika<sup>1</sup>, I Ketut Wijaya<sup>2</sup>, I Made Mataram<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Denpasar – Bali  
Email : [putugedekartika25@gmail.com](mailto:putugedekartika25@gmail.com)<sup>1</sup>, [wijaya@ee.unud.ac.id](mailto:wijaya@ee.unud.ac.id)<sup>2</sup>, [mataram@unud.ac.id](mailto:mataram@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Ketidakseimbangan beban akan selalu terjadi pada sistem jaringan tegangan rendah (JTR), hal ini disebabkan oleh tidak meratanya penggunaan beban satu fasa pada pelanggan yang berasal dari peralatan listrik rumah tangga. Akibat dari tidak meratanya penggunaan beban akan menyebabkan terjadinya rugi-rugi daya pada jaringan dan drop pada tegangan. Pemerataan beban pada jaringan merupakan salah satu cara untuk mengurangi rugi-rugi daya dan drop tegangan. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis rugi-rugi daya dan drop tegangan beban takseimbang dan beban seimbang pada jaringan distribusi sekunder transformator KL0005 pada Penyulang Klungkung. Berdasarkan hasil analisis, rugi-rugi daya dalam keadaan beban takseimbang didapat hasil sebesar 3,029 kW dan drop tegangan pada fasa R sebesar 6,1 %, fasa S sebesar 3,5 % dan fasa T sebesar 0 %, sedangkan hasil analisis rugi-rugi daya beban seimbang didapatkan hasil 2,9 kW dan drop tegangan pada fasa R sebesar 2,6 %, fasa S sebesar 1,3 % dan fasa T sebesar 3 % dengan selisih efisiensi beban seimbang dan beban takseimbang sebesar 0,1 %

**Kata kunci** : beban takseimbang dan seimbang, drop tegangan, rugi-rugi daya.

## ABSTRACT

*Load imbalance will always occur in low voltage network systems (JTR), this is due to the uneven use of one phase load on customers coming from household electrical appliances. The uneven use of loads will cause power losses in the network and drop in voltage. Load equalization on the network is one way to reduce power losses and voltage drop. This research was conducted by analyzing power losses and unbalanced load voltage drop and balanced load on the KL0005 transformer secondary distribution network on the Klungkung Feeder. Based on the result of the analysis, the power losses in the unbalanced load state obtained a result of 3.029 kW and the voltage drop in phase R was 6,1%, phase S was 3,5% and phase T was 0%, while the result of the power loss analysis balanced load obtained 2,9 kW and voltage drop in phase R is 2,6%, phase S is 1,3% and phase T is 3% with difference in balanced load efficiency and unbalance load of 0,1%.*

**Keyword**: unbalanced and balanced load, voltage drop, power loss.

## 1. PENDAHULUAN

Penyulang klungkung terdiri dari 62 buah gardu distribusi salah satunya transformator KI0005 yang menyuplai energi listrik di wilayah Pasar klungkung dan sekitarnya. Transformator KI0005 terletak di Jl. Darmawangsa yang bersumber dari gardu induk Gianyar (GI). yang terletak di Jl. Dharmawangsa semarapura Klungkung. Transformator distribusi KI0005 mempunyai dua jurusan dengan konfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) tipe Radial, dengan kapasitas transformator 250 kVA. Beban lebih transformator akibat penambahan beban listrik yang tidak mem-

perhatikan ketidak seimbangan dan letak tempat pelanggan yang tidak beraturan menyebabkan pemasangan beban pada pelanggan tidak merata, sehingga terjadinya perbedaan beban yang terpasang pada setiap fasa yang dapat memperbesar terjadinya rugi-rugi daya dan drop tegangan

Berdasarkan permasalahan yang terjadi di atas maka perlu dilakukan kajian analisis pengaruh ketidakseimbangan beban yang menyebabkan bertambahnya rugi-rugi daya dan drop tegangan pada jaringan distribusi KI0005.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi Tenaga Listrik adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen [1].

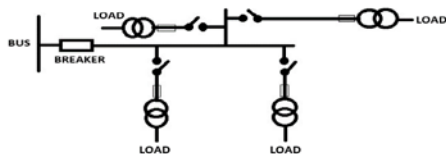
### 2.2 Jaringan Distribusi Skunder

Sistem distribusi tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. SUTR adalah Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) menggunakan jenis konduktor tanpa isolasi seperti jenis kabel AAAC dan ACSR
2. SKUTR Saluran Kabel Tegangan Rendah jenis konduktor yang dipakai adalah LVTC (Low Voltage Twisted Cable)

### 2.3 Jaringan Distribusi Tipe Radial

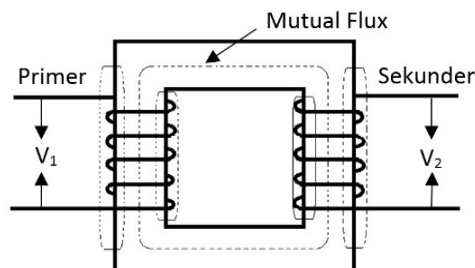
Jaringan Tipe Radial hanya terhubung pada satu sumber suplai. Sehingga mengakibatkan kemungkinan seringnya terjadi gangguan pada sistem ini. Konfigurasi jaringan tipe radial dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial

### 2.4 Transformator

Transformator digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dari saluran transmisi 20 kV ke saluran distribusi 380 V yang terdiri dari dua kumparan primer dan kumparan sekunder dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kontruksi Dasar Transformator

Penyaluran tenaga listrik pada transformator akan terjadi rugi-rugi sebesar  $I^2R$ . Rugi-rugi pada transformator akan semakin

menurun jika tegangannya dinaikan. Dengan demikian sistem transmisi tenaga listrik akan menaikkan tegangan untuk mengurangi rugi-rugi pada saluran [2].

#### 2.4.1 Beban Penuh Transformator

Daya pada transformator dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$s = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

(1)

Keterangan:

S adalah daya transformator (kVA)

V adalah tegangan sisi primer (kV)

I adalah arus jala-jala (A)

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

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

(2)

Keterangan:

$I_{FL}$  adalah arus beban penuh (A)

S adalah daya transformator (kVA)

V adalah tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Untuk menghitung  $I_{rata-rata}$  pada transformator dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

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

(3)

Keterangan:

$I_{rata-rata}$  adalah arus ketiga fase

$I_R$  adalah arus fase R

$I_S$  adalah arus fase S

$I_T$  adalah arus fase T

Presentase pembebanan transformator dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan [3].

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

(4)

Keterangan:

$I_{rata-rata}$  adalah arus ketiga fase

$I_{FL}$  adalah arus beban penuh

#### 2.4.2 Efisiensi Transformator

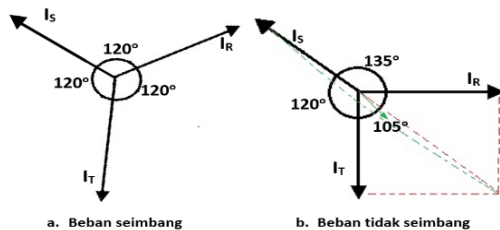
Efisiensi transformator akan berkurang dari 100 % hal ini karena sebagian energi terbuang menjadi panas. Efisiensi transformator untuk daya 250 kVA dengan  $\cos \varphi = 1$  beban 50 % sebesar 99,12 % dan beban 100 % sebesar 98,75 % dimana rugi-rugi tanpa beban sebesar 420 Watt dan rugi beban 75° C sebesar 2750 Watt [4].

$$\begin{aligned}
 Efisiensi &= \left[ \frac{\text{Daya input} - \Sigma \text{Rugi Total}}{\text{Daya input}} \right] \times 100 \% \\
 &= \left[ \frac{\text{Daya input}}{\text{Daya input}} - \frac{\Sigma \text{Rugi Total}}{\text{Daya input}} \right] \times 100 \% \\
 &= \left[ 1 - \frac{\Sigma \text{Rugi Total}}{\text{Daya input}} \right] \times 100 \% \quad (5)
 \end{aligned}$$

### 2.5 Keadaan Seimbang dan Tak-seimbang

Keadaan seimbang dimana ketiga vektor arus dan tegangan sama besar dan membentuk sudut 120° satu sama lain. Keadaan beban seimbang dapat dilihat pada Gambar 3 (a).

Keadaan tidak seimbang dimana salah satu syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Keadaan beban tidak seimbang dapat dilihat pada Gambar 3 (b).



Gambar 3. Vektor Diagram arus

### 2.6 Pengertian Rugi-Rugi Daya Listrik

Menurut Keputusan Direksi PT. PLN (persero) No.217-1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (kWH), jenis rugi-rugi daya (*losses*) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Berdasarkan sifatnya, rugi-rugi daya teknis dan non teknis
2. Berdasarkan tempat terjadinya, rugi-rugi daya transmisi dan rugi-rugi daya distribusi[5].

### 2.7 Impedansi Saluran

Besarnya impedansi saluran tergantung dari jatuh tegangan, reaktansi dan resistansi yang dinyatakan dalam satuan ohm dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (6)$$

Z adalah Impedansi saluran (*ohm*)  
 R adalah Tahanan saluran (*ohm*)  
 X adalah Reaktansi saluran (*ohm*)

#### 2.7.1 Resistansi

Tahanan dari sebuah penghantar atau konduktor (kawat penghantar) disebut dengan resistansi yang memberikan perlawanan terhadap arus listrik pada konduktor dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (7)$$

R adalah Resistansi (*ohm*)

$\rho$  adalah Tahanan jenis konduktor

l adalah Panjang konduktor (*m*)

A adalah luas penampang konduktor (*mm<sup>2</sup>*)

#### 2.7.2 Reaktansi

Reaktansi adalah hambatan pada penghantar tegangan listrik terdiri dari induktansi yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$$X_L = 2 \pi f L \quad (8)$$

$X_L$  adalah Reaktansi jaringan (*ohm*)

f adalah Frekuensi (*Hz*)

L adalah Induktansi (*Henry*)

### 2.8 Ketidakseimbangan Beban Pada Jaringan Distribusi

Besarnya daya yang disalurkan melalui penghantar pada suatu jaringan dengan menggunakan penghantar netral, apabila arus yang mengalir pada jaringan dalam keadaan seimbang maka besarnya daya dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$P = 3 \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \varphi \quad (9)$$

P adalah daya pada pangkal (*Watt*)

V adalah tegangan ujung saluran (*V*)

I adalah arus pada jaringan (*A*)

$\cos \varphi$  adalah faktor daya

Pada keadaan takseimbang jika penyalurannya sama maka arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a, b, dan c sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 [I_R] &= a [I] \\
 [I_S] &= b [I] \\
 [I_T] &= c [I]
 \end{aligned} \quad (10)$$

Bila faktor daya dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda daya antara ketiga fasa besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut. [3].

$$P = (a+b+c) \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \varphi \quad (11)$$

Koefisien  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang ( $I$ ) sama besarnya dengan arus rata-rata ( $I_{rata-rata}$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$I_R = a \cdot I_{rata-rata} \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}}$$

$$I_S = b \cdot I_{rata-rata} \text{ maka : } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}}$$

$$I_T = c \cdot I_{rata-rata} \text{ maka : } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} \quad (12)$$

Pada keadaan seimbang besarnya koefisien  $a$ ,  $b$  dan  $c$  adalah 1, dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban dalam (%) adalah

$$= \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100 \% \quad (13)$$

## 2.9 Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi

Akibat dari hambatan pada penghantar tenaga listrik maka akan ada hilangnya energi listrik yang disalurkan yang disebut dengan rugi-rugi daya listrik. Besarnya rugi-rugi daya listrik dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\Delta P = I^2 \cdot R \quad (14)$$

Dimana :

$\Delta P$  adalah rugi-rugi daya listrik pada jaringan

(Watt)

$I$  adalah arus beban jaringan (A)

$R$  adalah tahanan penghantar ( $\Omega$ )

Rugi-rugi daya pada jaringan tiga fasa dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R \quad (15)$$

Jatuh tegangan (*drop voltage*) pada jaringan dari masing masing fasa adalah :

$$\begin{aligned} \Delta V_R &= I_R \cdot R \\ \Delta V_S &= I_S \cdot R \\ \Delta V_T &= I_T \cdot R \end{aligned} \quad (16)$$

Dimana  $\Delta V_R$ ,  $\Delta V_S$ ,  $\Delta V_T$  adalah drop tegangan pada fasa R, S, T [6].

## 2.10 Drop Tegangan

Drop tegangan adalah selisih antara tegangan ujung dengan tegangan pangkal pada jaringan distribusi tenaga. Drop tegangan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100 \% \quad (17)$$

$V_s$  adalah tegangan pada pangkal penerima

$V_r$  adalah tegangan pada ujung penerima

## 3. METODE PENELITIAN

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari hasil pengukuran, pengamatan langsung, buku-buku literatur dan data-data yang didapat di PT. PLN (persero) Area Bali Timur dan PLN Rayon Klungkung. Berikut adalah tahapan proses analisis:

1. Menghitung prosentase pembebanan transformator
2. Menghitung ketidakseimbangan beban pada jaringan tegangan rendah
3. Menghitung rugi-rugi daya pada kondisi seimbang dan kondisi tidak seimbang
4. Membuat konfigurasi dengan menggunakan *Software ETAP Power Station 12.6*
5. Menghitung efisiensi transformator gardu distribusi KL0005

## 4. HASIL PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Transformator KL0005

Transformator KL0005 merupakan bagian dari penyulang Klungkung yang ber-sumber dari Gardu Induk (GI) Gianyar yang Transformator KL0005 memiliki kapasitas 250 kVA yang terletak di jl. Darmawangsa yang melayani pertokoan Pasar Klungkung, Br. Pande, Br. Mergan, Br. Semarapura Kangin, jl. Diponogoro Klungkung, jl. Jl. Nakula, jl. Arjuna, jl. Baladewa dan sekitarnya yang menggunakan konfigurasi tipe radial.

### 4.2 Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) KL0005

Sistem jaringan distribusi transformator KL0005 mempunyai spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Transformator KL0005

No	Spesifikasi Trafo	Keterangan
1	Merk	Unindo
2	ID Trafo	13470
3	No. Gardu	KL0005
4	Feeder	Klungkung
5	No. Seri	11.899906
6	Tahun Pembuatan	2007
7	Kapasitas	250 kVA
8	Hubungan	Dyn5

Hasil pengukuran beban pada masing-masing beban pada pelanggan gardu distribusi KL0005 dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Beban Pada Jurusan

No	Uraian		Panjang Penghantar (m)	Arus Beban Puncak (A)		
	Jurusan 1	Jurusan 2		R	S	T
1	KLK0110		10	31.6	29.1	25.9
2	AO1		50	1.3	11	
3	KST2192		20			9.9
4	A02D01		55	30.8	9.8	10.8
5	BLI23046		45	9.3	9.8	2.3
6	TPS8087		50	4.3	7.9	3.3
7	A02D04		45	6.4	10.9	8.6
8	A02D05		50	1.4	1.4	5.4
9	KLK14156		40	6.3	13.5	6.3
10		KLK21107	50	12.5	21.8	6.1
11		KLK21108	45	3.9	22.1	8.2
12		C02D01	35			1.8
13		C02D02	35	4.6	3.5	7.5
14		C02D03	45	2.8	10.9	3.1
15		TPS8146	60	6	2.3	2.3
16		C02D3A02	40	14.7	15.3	4.8
Total			675	135.9	169.3	106.3

Hasil pengukuran dapat dihitung besarnya daya terpasang pada pelanggan gardu distribusi KL0005 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Beban yang Terpasang Pada Transformator KL0005

Phase	Tegangan (V)	Arus (I)	Total Daya terpasang (kVA)
R	227	135,9	90800
S	227	169,3	109950
T	227	106,3	66950

#### 4.3 Pembebanan Transformator KL0005

Data yang didapat, kapasitas transformator KL0005 yaitu 250 kVA dengan tegangan sisi sekunder 400 V. Pembebanan transformator KL0005 dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2) sebagai berikut.

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{250000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 360,9 \text{ A}$$

Nilai rata-rata pada jaringan dapat dihitung besar prosentase pembebanan pada transformator KL0005 dengan menggunakan Persamaan (4) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} (\%) \text{ pembebanan} &= \frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \times 100\% \\ &= \frac{137}{360,9} \times 100\% \\ &= 38\% \end{aligned}$$

Prosentase pembebanan pada transformator KL0005 didapat hasil sebesar 38%

#### 4.4 Perhitungan Rugi – Rugi Daya Beban Takseimbang

Pada jaringan JTR transformator KL0005 menggunakan penghantar LVTC 3 x 70 m<sup>2</sup> dengan panjang penghantar 678 ms. Perhitungan rugi-rugi daya beban takseimbang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (14) sebagai berikut.

##### Rugi-rugi daya pada jurusan 1

Penghantar LVTC<sub>KLK0110</sub>

$$I_{KLK0110} = I_{KLK0110} + I_{AO1} + I_{KST2192} + I_{A02D01} + I_{BLI23046} + I_{TPS6087} + I_{A02D04} + I_{A02D05} + I_{KLK14156}$$

$$I_{R KLK0110} = 91,4 \text{ A}$$

$$I_{S KLK0110} = 93,4 \text{ A}$$

$$I_{T KLK0110} = 72,5 \text{ A}$$

$$L_{LVTC KLK0110} = 10 \text{ m} = 0,01 \text{ km}$$

$$R_{LVTC KLK0110} = 0,5155 \text{ Ohm/km}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,5155 \cdot 0,01 \\
 &= 0,005155 \text{ Ohm} \\
 I_{R \text{ KLK0110}} &= 91,4 \text{ A} \\
 \Delta P_{\text{ KLK0110}} &= I^2 \cdot R \\
 &= 91,4^2 \cdot 0,005155 \\
 &= 43,06 \text{ Watt} \\
 I_{S \text{ KLK0110}} &= 93,4 \text{ A} \\
 \Delta P_{\text{ KLK0110}} &= I^2 \cdot R \\
 &= 93,4^2 \cdot 0,005155 \\
 &= 44,96 \text{ Watt} \\
 I_{T \text{ KLK0110}} &= 72,5 \text{ A} \\
 \Delta P_{\text{ KLK0110}} &= I^2 \cdot R \\
 &= 72,5^2 \cdot 0,005155 \\
 &= 27,09 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan didapat total rugi-rugi daya pada penghantar LVTC<sub>KLK0110</sub> adalah sebesar  $\Delta P_R + \Delta P_S + \Delta P_T = 43,06 + 44,96 + 27,09 = 115,11$  Watt. Dari perhitungan yang sama didapat hasil seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Rugi-rugi Daya Beban Takseimbang

No	Uraian		Panjang Penghantar (m)	Data Beban Puncak (W)			Rugi - rugi daya beban takseimbang (W)
	Jurusan 1	Jurusan 2		R	S	T	
1	KLK0110		10	31.6	29.1	25.9	115.11
2	AO1		50	1.3	11		254.7
3	KST2192		20			9.9	86.87
4	A02D01		55	30.8	9.8	10.8	215.3
5	BLI23046		45	9.3	9.8	2.3	77.13
6	TPS6087		50	4.3	7.9	3.3	47.1
7	A02D04		45	6.4	10.9	8.6	32.89
8	A02D05		50	1.4	1.4	5.4	8.84
9	KLK14156		40	6.3	13.5	6.3	7.4
10		KLK21107	50	12.5	21.8	6.1	229.32
11		KLK21106	45	3.9	22.1	8.2	110.64
12		CO2D01	35			1.8	29.48
13		CO2D02	35	4.6	3.5	7.5	38.27
14		CO2D03	45	2.8	10.9	3.1	34.04
15		TPS6146	60	6	2.3	2.3	24.38
16		CO2D3A02	40	14.7	15.3	4.8	9.74
Total			675	135.9	169.3	106.3	1321.21

#### 4.5 Perhitungan Rugi-Rugi Daya Beban Seimbang

Hasil perbandingan beban dan arus sebelum dan sesudah dikonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Sebelum dan Sesudah Dilakukan Konfigurasi

Fasa	Konfigurasi beban KL0005		Rekonfigurasi beban KL0005	
	Beban kVA	Arus (A)	Beban (kVA)	Arus (A)
R	90800	135,9	89800	136,7
S	109950	169,3	91200	125,4
T	66950	106,3	86700	149,4

setelah dilakukan konfigurasi atau pe-merataan beban pada jurusan 1 beban se-imbang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (14).

#### Rugi-Rugi Daya Pada Jurusan 1

Penghantar LVTC<sub>KLK0110</sub>

$$I_{\text{KLK0110}} = I_{\text{KLK0110}} + I_{\text{AO1}} + I_{\text{KST2192}} + I_{\text{AO2D01}} + I_{\text{BLI23046}} + I_{\text{TPS6087}} + I_{\text{AO2D04}} + I_{\text{AO2D05}} + I_{\text{KLK14156}}$$

$$\begin{aligned}
 I_{R \text{ KLK0110}} &= 79,6 \text{ A} \\
 I_{S \text{ KLK0110}} &= 70,6 \text{ A} \\
 I_{T \text{ KLK0110}} &= 101,1 \text{ A} \\
 L_{\text{LVTC}_{\text{KLK0110}}} &= 10 \text{ m} = 0,01 \text{ km} \\
 R_{\text{LVTC}_{\text{KLK0110}}} &= 0,5155 \text{ Ohm/km} \\
 &= 0,5155 \cdot 0,01 \\
 &= 0,005155 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{R \text{ KLK0110}} &= 79,6 \text{ A} \\
 \Delta P_{\text{ KLK0110}} &= I^2 \cdot R \\
 &= 79,6^2 \cdot 0,005155 \\
 &= 32,66 \text{ Watt} \\
 I_{S \text{ KLK0110}} &= 70,6 \text{ A} \\
 \Delta P_{\text{ KLK0110}} &= I^2 \cdot R \\
 &= 70,6^2 \cdot 0,005155 \\
 &= 25,69 \text{ Watt} \\
 I_{T \text{ KLK0110}} &= 101,1 \text{ A} \\
 \Delta P_{\text{ KLK0110}} &= I^2 \cdot R \\
 &= 101,1^2 \cdot 0,005155 \\
 &= 52,69 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan yang didapat total rugi-rugi daya pada penghantar LVTC<sub>KLK0110</sub> adalah sebesar  $\Delta P_R + \Delta P_S + \Delta P_T = 32,66 + 25,69 + 52,69 = 110,63$  Watt. Dengan menggunakan perhitungan yang sama maka di-dapatkan hasil pada jurusan 2 pada Tabel 6.

Tabel 6. Rugi-Rugi Daya Beban Seimbang

No	Uraian		Panjang Penghantar (m)	Arus Pada Penghantar JTR (A)			Rugi - rugi daya beban seimbang (W)
	Jurusan 1	Jurusan 2		R	S	T	
1	KLK0110		10	31.4	23.5	31.7	110.63
2	AO1		50	1.3	3.2	7.8	241.19
3	KST2192		20	4.2	2.5	3.2	81.56
4	A02D01		55	14.2	18.5	18.7	196.6
5	BLI23046		45	3.5	2.9	9	67.53
6	TPS6087		50	4.1	4.4	7	45.54
7	A02D04		45	11.9	4	10	31.9
8	A02D05		50	1.4	2.7	4.1	10.37
9	KLK14156		40	7.6	8.9	9.6	4.70
10		KLK21107	50	12.2	16.6	11.6	204.83
11		KLK21106	45	14.1	9.1	11	99.7
12		CO2D01	35		0.4	1.4	38.19
13		CO2D02	35	4.6	3.5	7.5	36.51
14		CO2D03	45	6.5	5.1	5.2	31.06
15		TPS6146	60	3.3	3.2	4.1	22.42
16		CO2D3A02	40	10.4	16.9	7.5	9.39
Total				136.7	125.4	149.4	1185.15

Hasil perhitungan didapat rugi-rugi pada jaringan distribusi dalam keadaan seimbang sebesar 1185,15 Watt.

#### 4.6 Perbandingan Beban Seimbang dan Takseimbang

Hasil perhitungan pada jaringan distribusi KL0005 sebelum diseimbangkan se-besar 1407,378 Watt dan setelah diseimbangkan 1271,318 Watt dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perbandingan Rugi-Rugi Daya Sebelum dan Sesudah Beban Diseimbangkan

Kondisi	Arus pada penghantar			Rugi daya pada jaringan (watt)		Total rugi daya pada saluran (W)
	R	S	T	JTR	SR	
Beban tak seimbang	135,9	169,3	106,3	1321,21	86,168	1407,378
Beban seimbang	136,7	125,4	149,4	1185,15	86,168	1271,318

#### 4.7 Drop Tegangan Beban Takseimbang

Analisis drop tegangan pada jaringan KI0005 menggunakan *Software Etap Power Station 12.6*. hasil dapat dilihat pada Tabel (8).

Tabel 8. Drop Tegangan Beban Takseimbang

Phasa	tegangan sumber (V)	Tegangan ujung (V)		Tegangan Ujung (V)	
		Jurusan 1	Jurusan 2	Jurusan 1	Jurusan 2
R	227	213	212	221	223
S	227	219	217	224	222
T	227	235	237	220	224

Prosentase drop tegangan beban takseimbang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (17).

#### Prosentase drop tegangan jurusan 1 beban takseimbang

$$\text{Phasa R} = \frac{227-213}{227} \times 100 \% = 6,1 \%$$

$$\text{Phasa S} = \frac{227-219}{227} \times 100 \% = 3,5 \%$$

$$\text{Phasa T} = \frac{227-235}{227} \times 100 \% = 0 \%$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama prosentase drop tegangan pada jurusan 2 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Drop Tegangan Beban Takseimbang

Phasa	Tegangan sumber (V)	Tegangan ujung (V)		Drop tegangan %	
		Jurusan 1	Jurusan 2	Jurusan 1	Jurusan 2
R	227	213	212	6,1	6,6
S	227	219	217	3,5	4,4
T	227	235	237	0	0

#### 4.9. Drop Tegangan Beban Seimbang

Prosentase drop tegangan beban seimbang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (17).

$$\text{Phasa R} = \frac{227-221}{227} \times 100 \% = 2.6 \%$$

$$\text{Phasa S} = \frac{227-224}{227} \times 100 \% = 1,3$$

$$\text{Phasa T} = \frac{227-220}{227} \times 100 \% = 3 \%$$

hasil perhitungan drop tegangan pada jurusan 2 dapat dilihat pada tabel (10)

Tabel 10. Drop Tegangan Beban Seimbang

Phasa	Tegangan sumber (V)	Tegangan Ujung (V)		Drop tegangan %	
		Jurusan 1	Jurusan 2	Jurusan 1	Jurusan 2
R	227	221	223	2,6	1,7
S	227	224	222	1,3	2,2
T	227	220	224	3	1,3

#### 4.9 Efisiensi Transformator

Efisiensi dari transformator dapat menggunakan Persamaan (5) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi beban takseimbang} &= \left[1 - \frac{3,03}{212,5}\right] \times 100 \% \\ &= 98,57 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi beban seimbang} &= \left[1 - \frac{2,84}{212,5}\right] \times 100 \% \\ &= 98,66 \% \end{aligned}$$

## 5. SIMPULAN

Adapun simpulan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rugi-rugi daya pada jaringan distribusi KI0005 dalam keadaan takseimbang sebesar 3,03 kW dan rugi-rugi daya beban seimbang sebesar 2,9 kW.
2. Besar drop tegangan pada jurusan 1 dalam keadaan beban takseimbang sebesar pada fasa R 6,1%, fasa S 3,5%, fasa T 3,5% dan jurusan 2 fasa R 6,6 %, fasa S 4,4% fasa T 0%. Setelah dilakukan pemerataan beban terjadi penurunan drop tegangan pada jurusan 1 terjadi penurunan sebesar pasha R 2,6 % fasa S 1,3 %, fasa T 3 % dan pada jurusan 2 sebesar fasa R 1,7%, fasa S 2,2 %, dan fasa T 1,3 %
3. Besar pembebanan transformator sebesar 38 % dengan efisiensi beban tak seimbang sebesar 98, 57 %, setelah dilakukan pemerataan beban terjadi kenaikan efisiensi sebesar 98,67 % terjadi perselisihan sebesar 0,1 %.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Pabla, A. S. 2008. *Electric Power Distribution*. 5th ed. New Delhi : Tata Mcgraw Hill.
- [2] Badaruddin, 2012. *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi Proyek Rusunami Gading Icon*. Jakarta : Universitas Mercu Buana.
- [3] Setiadji, 2006. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi. *Jurnal Teknik Elektro*, Volume 6, No.1.

- [4] SPLN D3.002-1. 2007 Spesifikasi Transformator Distribusi. Jakarta Selatan : PT. PLN (persero).
- [5] Direksi PT. PLN (persero) No. 217-1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (kWh), Jenis rugi – rugi daya (losses) energi listrik.