

**UPAYA PENURUNAN *LOSSES ENERGY* BERBASIS PENYEIMBANGAN  
BEBAN PADA PAPAN HUBUNG BAGI – TEGANGAN RENDAH (PHB-  
TR) GARDU DISTRIBUSI DI PT.PLN (PERSERO) AREA TASIKMALAYA  
RAYON TASIK KOTA**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**Devi Ramadhan**

**11 524 040**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**UPAYA PENURUNAN *LOSSES ENERGY* BERBASIS  
PENYEIMBANGAN BEBAN PADA PHB-TR GARDU DISTRIBUSI DI  
PT.PLN (PERSERO) AREA TASIKMALAYA RAYON TASIK KOTA**



الجامعة الإسلامية  
الاستاذة  
الهندسة

**Yogyakarta,**

**Menyetujui,**

**Pembimbing**

**Wahyudi Budi Pramono, S.T.,M.Eng**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**UPAYA PENURUNAN *LOSSES ENERGY* BERBASIS PENYEIMBANGAN  
BEBAN PADA PAPAN HUBUNG BAGI – TEGANGAN RENDAH (PHB-  
TR) GARDU DISTRIBUSI DI PT.PLN (PERSERO) AREA TASIKMALAYA  
RAYON TASIK KOTA**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Devi Ramadhan

No.Mahasiswa : 11524040

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji

Pada tanggal : 6 Juli 2018

Susunan dewan penguji

Ketua : Wahyudi Budi Pramono, ST.,M.Eng, .....

Anggota I : Setyawan Wahyu Pratomo, ST.,MT, .....

Anggota II : Husein Mubarak, ST.,M.Eng, .....

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh gelar sarjana.

Tanggal : 6 Juli 2018

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Eng. HendraSetiawan, S.T., M.T. 025200526

## PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 26 Juni 2018



Devi Ramadhan

## KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah kepada hamba-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Selawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta para keluarganya, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman. Tugas akhir yang berjudul “Upaya Penurunan *Losses Energy* Berbasis Penyeimbangan Beban pada Papan Hubung Bagi – Tegangan Rendah (PHB-TR) Gardu Distribusi di PT.PLN (PERSERO) Area Tasikmalaya Rayon Tasik Kota” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini, ungkapan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya diucapkan kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, kerja sama, fasilitas dan kemudahan lainnya. Untuk itu, dengan ketulusan hati saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat kesehatan, karunia dan ridho-Nya sehingga penulis dapat mengerjakan Tugas Akhir ini dengan baik tanpa kendala suatu apapun.
2. Bapak dan Ibu penulis beserta adik-adik yang selalu memberikan semangat dan motivasi tanpa kenal lelah.
3. Bapak Wahyudi Budi Pramono, S.T., M. Eng., Selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan wawasan dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini dengan baik.
4. Teman-teman Teknik Elektro FTI UII 2011 yang telah memberikan semangat dan doanya dalam pengerjaan tugas akhir ini sampai selesai.
5. Keluarga besar WARNING yang telah banyak memberi semangat dan motivasi untuk mengerjakan laporan skripsi sampai selesai.
6. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang tidak mungkin disebut seluruhnya.
7. Dan banyak pihak yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penulisan dan pembuatan Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat inovatif dan

konstruktif yang nantinya akan menjadi bahan perbaikan kedepannya. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembacanya. Semoga Allah senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat untuk kita semua.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 26 juni 2018

Devi Ramadhan

## ABSTRAK

*PT. PLN (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki otoritas penuh dalam menjaga kontinuitas pendistribusian pasokan energi listrik kepada pelanggan. Salah satu indikator kinerja utama PLN di bidang distribusi yaitu susut (losses). Salah satu susut yang terjadi adalah akibat ketidaksetimbangan beban. Pemerataan beban pada Papan Hubung Bagi – Tegangan Rendah (PHB-TR) berfungsi untuk mengurangi rugi-rugi yang dialami oleh PLN Rayon Tasikmalaya Kota yang diakibatkan adanya arus mengalir pada saluran netral transformator. Gardu yang dipilih pada proses pemerataan ini adalah gardu Kampung Karang Anyar (KRA), Kp. Kampung Karang Anyar (KKRA), Sisipan gardu Karang Krikil (SKRK), Buana Karta Development Unit (BKDU) dipilih karena memiliki persentase diatas 10%. Penekanan susut energi pada saluran transmisi dari keempat gardu distribusi yang dipilih pada bulan November 2017 sebesar 45 kWh. Angka tersebut berdasarkan dari susut keempat gardu sebelum pemerataan sebesar 5,7 kW dan setelah pemerataan sebesar 5,4 kW. Rata-rata persentase dari selisih penurunan susut yang diakibatkan oleh adanya arus yang mengalir pada saluran netral di sisi sekunder transformator sebesar 52%. Kemudian total energi yang berhasil diturunkan dari pemerataan keempat gardu tersebut yang diakibatkan arus netral pada bulan November 2017 adalah sebesar 62,37 kWh. Perhitungan tersebut dilakukan ketika beban puncak (17.00-22.00).*

Kata Kunci : Gardu Distribusi, Losses, Penyeimbangan Beban.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Studi Literatur .....	3
2.2 Ketidaksetimbangan Beban Transformator.....	3
2.3 Penurunan Susut Daya .....	6
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM .....	7
3.1 Desain Sistem.....	7
3.1.1 Pengambilan Data di PT. PLN Rayon Tasik Kota.....	7
3.1.2 OFI ( <i>Opportunity For Improvement</i> ) .....	7
3.1.3 AFI ( <i>Action For Improvement</i> ) .....	8
3.1.4 Pemerataan Beban .....	8
3.1.5 Analisis Data .....	8



3.1.6 Evaluasi Penelitian .....	9
3.1.7 Simulasi ETAP 12.6.....	9
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>10</b>
4.1 Perhitungan Keseimbangan Beban .....	10
4.2 Hasil Simulasi ETAP 12.6 .....	12
4.3 <i>Losses</i> (Rugi-Rugi).....	15
4.4 Penurunan Susut Daya Trafo.....	16
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>19</b>
5.1 Kesimpulan.....	19
5.2 Saran.....	19
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>20</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Vektor Diagram Arus [1] .....	5
Gambar 3.1 <i>Block</i> Diagram Sistem .....	7
Gambar 3.2 Contoh Pemerataan Gardu.....	8
Gambar 3.3 Penyulang Mangkubumi Menggunakan Simulasi ETAP 12.6.....	9
Gambar 4.1 Contoh Pemerataan Beban Gardu SKRK di Lapangan.....	14
Gambar 4.2 Bus Gardu SKRK Sebelum Pemerataan Beban .....	14
Gambar 4.3 Bus Gardu SKRK Setelah Pemerataan Beban .....	15
Gambar 4.4 Grafik Selisih Arus Netral Gardu Distribusi .....	17

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Persentase Ketidaksetimbangan Beban Penyulang Mangkubumi .....	10
Tabel 4.2 Data Gardu Sebelum Pemerataan.....	11
Tabel 4.3 Data Gardu Setelah Pemerataan.....	12
Tabel 4.4 Hasil Aliran Daya Gardu Sebelum Pemerataan .....	13
Tabel 4.5 Hasil Aliran Daya Gardu Setelah Pemerataan .....	13
Tabel 4.6 <i>Losses Report</i> Sebelum Pemerataan.....	15
Tabel 4.7 <i>Losses Report</i> Setelah Pemerataan.....	16
Tabel 4.8 Arus Netral Gardu Distribusi .....	17
Tabel 4.9 Selisih Penurunan Daya Gardu Distribusi.....	18

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

PT. PLN (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki otoritas penuh dalam menjaga kontinuitas pendistribusian pasokan energi listrik kepada pelanggan. Salah satu indikator kinerja utama PLN di bidang distribusi yaitu susut (*losses*). Susut didefinisikan sebagai bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari banyaknya energi listrik yang dibangkitkan atau diproduksi dengan jumlah energi yang terjual.

Berdasarkan jenisnya susut dibagi menjadi dua, yaitu Susut Teknis dan Susut Non Teknis. Susut Teknis terjadi akibat hilangnya energi listrik pada penyaluran dalam distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR), transformator dan Saluran Rendah (SR). Sedangkan Susut Non Teknis adalah hilangnya energi listrik yang dikonsumsi pelanggan maupun non pelanggan karena tidak dapat terukur dalam penjualan. Susut adalah bentuk kerugian bagi perusahaan, karena susut merupakan energi yang terbuang. Oleh karena itu susut menjadi salah satu faktor yang harus ditekan untuk menjaga performa PLN sekaligus memaksimalkan pendapatan perusahaan.

Penelitian yang berjudul “Upaya Penurunan *Losses Energy* Berbasis Penyeimbangan Beban Pada Papan Hubung Bagi – Tegangan Rendah (PHB-TR) Gardu Distribusi di PT.PLN (PERSERO) Area Tasikmalaya Rayon Tasik Kota” dilatarbelakangi atas permasalahan yang terjadi pada kinerja PLN di bidang distribusi yaitu susut (*losses*) di area Tasikmalaya Rayon Tasik Kota. Upaya penurunan *losses energy* pada gardu distribusi berguna untuk menekan rugi-rugi daya yang ditimbulkan oleh ketidaksetimbangan beban. Upaya penurunan *losses energy* dapat dilakukan dengan cara memindahkan saluran dengan nilai arus terkecil pada jurusan satu disamakan dengan saluran dengan nilai arus terbesar pada jurusan lain maupun sebaliknya. Pemindahan jalur ini tidak terlalu ribet, karena dilakukan pada saat pengukuran / pengecekan dilapangan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah memeberikan informasi terkait metode yang digunakan untuk mengatasi susut teknis pada sisi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) di PT. PLN rayon Tasik kota penyulang Mangkubumi.

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah kegiatan penurunan susut teknis dipusatkan pada penurunan rugi-rugi pada setiap fasa dengan pemerataan beban pada sisi sekunder transformator. Nilai persentase ketidaksetimbangan yang dipilih untuk pemerataan beban pada sisi sekunder transformator adalah diatas 10%. Pemerataan beban ini dilakukan dengan cara memindahkan jalur yang arus pada saluran terbesar pada jalur satu dengan saluran terkecil pada jalur yang lain ataupun sebaliknya. Pengukuran beban ini dilakukan ketika Waktu Beban Puncak (WBP).

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah dapat mengatasi dan mengetahui upaya penurunan susut teknis pada sisi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) di PT. PLN penyulang Mangkubumi serta dapat mengaplikasikan metode penurunan susut teknis di penyulang Mangkubumi.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah mampu mengurangi adanya arus yang mengalir pada fasa netral transformator dan mampu menyeimbangkan beban di setiap fasa yang mengalir melewati transformator.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Literatur**

Pada penelitian yang dilakukan Dahlan [1], mencari arus rugi-rugi pada fasa netral disisi primer transformator dan mencari kesetimbangan pada setiap fasa disisi sekunder transformator. Hal ini dilakukan untuk mengatasi rugi-rugi arus yang mengalir pada penghantar netral transformator dengan cara menyamakan ukuran kawat netral dan fasa. Diketahui bahwa ketidaksetimbangan beban pada transformator akan menjadi semakin besar dikarenakan tidak meratanya beban listrik yang digunakan oleh pelanggan. Maka besarnya ketidaksetimbangan beban pada transformator mempengaruhi besarnya arus yang mengalir pada penghantar netral sisi sekunder transformator dan arus yang mengalir kedalam tanah.

Haryadi [2] melakukan penelitian mengenai cara menganalisa rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran tegangan tinggi 150kV. Jarak antara pusat pembangkit dengan beban sangat jauh, sehingga mengakibatkan terjadinya rugi-rugi. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya rugi-rugi energi seperti ketidaksetimbangan beban, *voltage drop*, umur peralatan, kebocoran isolator dan diameter penghantar.

Krishnamoorthy dkk [3] melakukan penelitian mengenai perkiraan perhitungan *losses energy* dan pemuatan persen dari transformator distribusi yang bekerja secara kontinyu, selama konversi daya tegangan tinggi ke tegangan rendah untuk meningkatkan efisiensi energi. Hal ini dilakukan untuk mengukur dan menganalisis daya aktif (daya nyata) dan daya reaktif pada pemanfaatan kompensasi pada ujung transformator dalam kondisi operasi standar industri. Dengan demikian tingkat pemuatan transformator dan efisiensi operasi diturunkan dengan bantuan hasil uji beban aktual.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Dahlan, Haryadi, dan Krishnamoorthy dkk untuk mencari rugi-rugi daya terjadi berdasarkan beberapa akibat, salah satunya arus netral transformator yang di sebabkan oleh ketidaksetimbangan pada beban. Dari kasus tersebut, penelitian dibuat untuk mencari dan menekan rugi-rugi yang terjadi akibat arus netral dengan konsep pemerataan beban.

#### **2.2 Ketidaksetimbangan Beban Transformator**

Ketidaksetimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidaksetimbangan tersebut adalah pada beban satu fasa pada pelanggan jaringan

tegangan rendah. Ketidaksetimbangan akan menimbulkan terjadinya *losses*. Langkah permatama untuk mengetahui *losses* yang ditimbulkan akibat ketidaksetimbangan beban adalah dengan mencari arus beban penuh (*full load*) pada transformator dapat dilihat pada Persamaan 2.1 [7].

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2.1)$$

Dengan :

- $I_{FL}$  = Arus beban penuh (A)
- $S$  = Daya transformator (kVA)
- $V$  = Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Setelah diperoleh arus beban penuh (*full load*) , maka untuk mengetahui rata-rata setiap arus fasa pada gardu dapat diperoleh dari Persamaan 2.2 [1].

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (2.2)$$

Dengan :

- $I_{rata-rata}$  = Arus fasa rata-rata (A)
- $I_R$  = Arus fasa R (A)
- $I_S$  = Arus fasa S (A)
- $I_T$  = Arus fasa T (A)

Kemudian untuk mengetahui persentase pembebanan transformator dapat menggunakan Persamaan 2.3 [1].

$$\%beban = \frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \quad (2.3)$$

Dengan:

- $\%beban$  = Persentase pembebanan transformator (%)

Besar arus yang mengalir pada setiap fasa saluran distribusi dikarenakan pembebanan yang berbeda, maka dapat menimbulkan rugi-rugi. Rugi-rugi daya pada setiap fasa dapat diketahui menggunakan persamaan 2.4 [6].

$$P_{Losses} = I^2 \cdot R \quad (2.4)$$

Dengan:

- $P_{Losses}$  = Rugi-rugi Setiap Fasa (Watt)
- $I^2$  = Arus Saluran Perfasa (A)

$R$  = Resistansi Total Pada Saluran ( $\Omega$ )

Persentase ketidaksetimbangan beban pada setiap trafo gardu distribusi dapat diketahui melalui Persamaan 2.5 [8].

$$I_{unb} = \frac{\left| \left( \frac{I_R}{I_{rata-rata}} \right) - 1 \right| + \left| \left( \frac{I_S}{I_{rata-rata}} \right) - 1 \right| + \left| \left( \frac{I_T}{I_{rata-rata}} \right) - 1 \right|}{3} \times 100 \quad (2.5)$$

Dengan:

$I_{unb}$  = Persentase Arus ketidaksetimbangan (%)

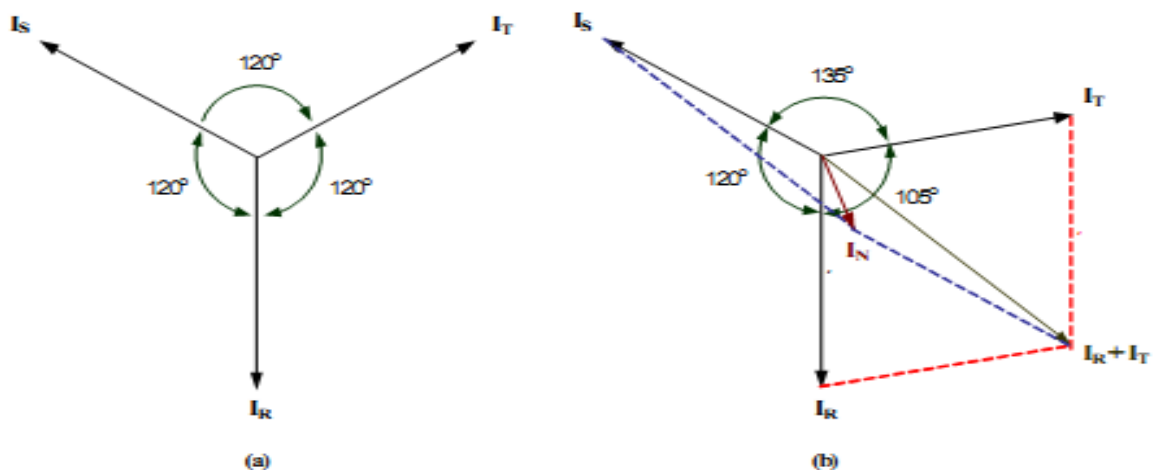
Ketidakseimbangan yang berakibat dari beban antar fasa R, S dan T, maka terbentuk arus yang mengalir di netral transformator. Arus netral yang mengalir pada penghantar trafo itu yang menyebabkan terjadi rugi-rugi (*losses*).

Keadaan yang dikatakan seimbang jika:

- Ketiga vektor tegangan atau arus sama besar.
- Ketiga vektor membentuk  $120^\circ$  antara satu dengan yang lain.
- Arus netral = 0

Sedangkan keadaan tidak seimbang adalah dimana syarat kedua atau salah satu keadaan tidak terpenuhi. Kemungkinan ketidakseimbangan ada 3, antara lain :

- Ketiga vektor besarnya sama tapi antara satu sama lain bentuknya tidak  $120^\circ$ .
- Ketiga vektor besarnya tidak sama tapi bentuknya  $120^\circ$  satu dengan yang lain.
- Ketiga vektor besarnya sama dan antara satu dengan yang lain tidak membentuk  $120^\circ$ .



Gambar 2.1 Vektor Diagram Arus [1]

Gambar 2.1 (a) menunjukkan vektor arus keadaan seimbang dan Gambar 2.1 (b) menunjukkan vektor arus tidak seimbang. Gambar 2.1 (a) dan 2.1 (b) menjelaskan nilai arus pada vektor



$I_R, I_S, \text{ dan } I_T$ . Dimana pada Gambar 2.1 (a) nilai arusnya sama atau mendekati, sehingga terbentuk sudut  $120^\circ$  antara setiap fasanya. Hal ini mengakibatkan tidak ada arus netral yang terbentuk. Sedangkan pada Gambar 2.1 (b) nilai arusnya yang ditunjukkan tidak sama atau cukup jauh berbeda, sehingga tidak terbentuknya sudut  $120^\circ$  setiap fasanya. Hal ini menyebabkan timbulnya arus netral.

### 2.3 Penurunan Susut Daya

Arus yang mengalir pada saluran netral transformator adalah rugi-rugi yang diakibatkan karena ketidaksetimbangan beban. Penurunan susut daya dari penyeimbangan beban yang dilakukan untuk menekan rugi-rugi daya yang dipengaruhi oleh arus ketidaksetimbangan dapat dilihat pada Persamaan 2.6 [5].

$$P_{Saving} = V \cdot I_{(selisih\ arus\ netral)} \times \cos \varphi \quad (2.6)$$

Dengan:

$P_{Saving}$  = Penurunan Selisih Susut Daya (watt)

$V$  = Tegangan sumber (V)

$\cos \varphi$  = *Power factor* (0,85)

Setelah  $P_{Saving}$  diketahui, maka untuk mengetahui nilai  $kWh_{Saving}$  perbulan dari hasil pemerataan beban dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7 [5].

$$kWh_{Saving} = P_{Saving} \times wbp \times 30 \quad (2.7)$$

Dimana:

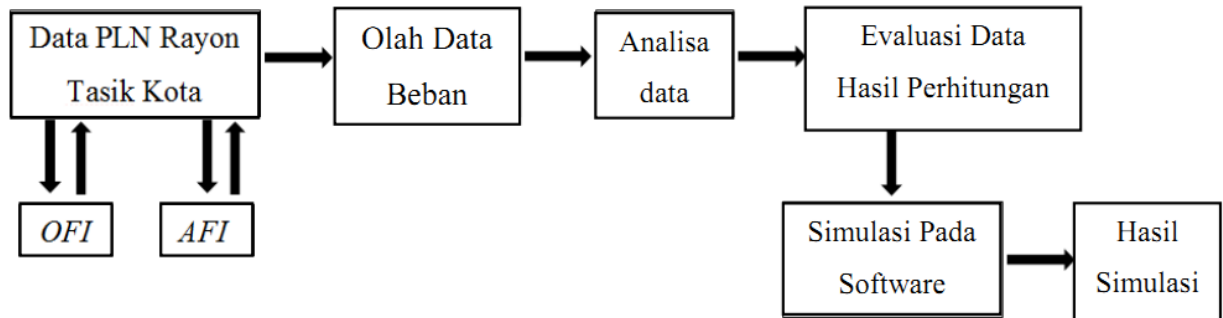
$kWh_{Saving}$  = Daya kWh Perbulan (kWh/bulan)

$wbp$  = Waktu Beban Puncak (dari jam 17.00 – 22.00)

## BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

### 3.1 Desain Sistem

Pada tahap ini, desain sistem dilakukan agar mempermudah dalam penyelesaian penelitian ini. Gambar 3.1 merupakan *block diagram* sistem penelitian.



Gambar 3.1 *Block Diagram* Sistem

#### 3.1.1 Pengambilan Data di PT. PLN Rayon Tasik Kota

Langkah pertama pada penelitian ini yaitu menentukan penyulang dengan susut terbesar untuk dijadikan objek penelitian di PT. PLN (PERSERO) Rayon Kota Tasik. Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi daya pada waktu beban puncak yang bisa diminimalisir.

Dalam proses pengambilan data di PT. PLN Rayon Tasik Kota digunakan 2 metode, yakni OFI dan AFI.

#### 3.1.2 OFI (*Opportunity For Improvement*)

OFI (*Opportunity For Improvement*) merupakan metode yang digunakan dalam melihat potensi pengembangan yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi. Agar pekerjaan mendapat hasil yang maksimal, maka diperlukan perencanaan yang matang dengan menganalisa masalah yang tepat. Untuk itu dibutuhkan RCPS (*Root Cause Problem Solving*) dan pemerataan masalah dalam mencapai target tersebut.

RCPS merupakan analisa dari akar permasalahan penyebab terjadinya gangguan, dimana dari analisa tersebut dapat ditentukan solusi dari akar permasalahannya. RCPS ini digunakan sebagai acuan dalam proses penurunan susut pada penyulang Mangkubumi yang ada di Rayon Tasik Kota dengan bertujuan mempermudah dalam pengurutan dan langkah kerja penanganan masalah.

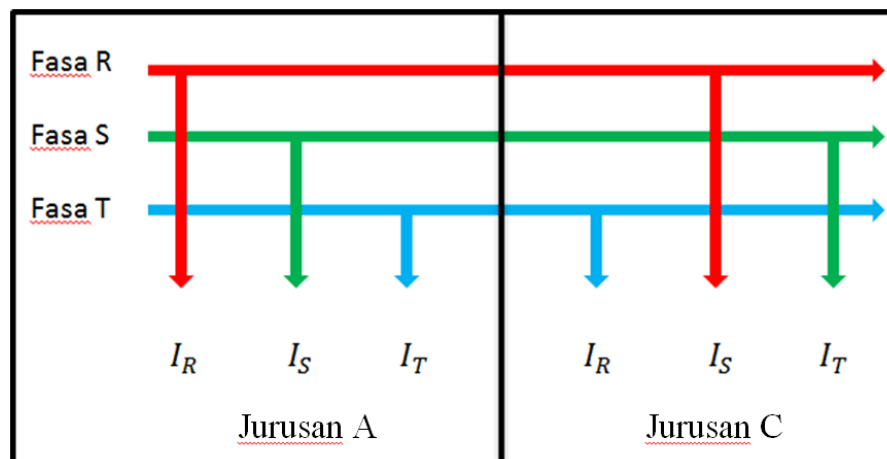
### 3.1.3 AFI (*Action For Improvement* )

AFI (*Action For Improvement* ) merupakan kegiatan yang dilakukan sebagai tindakan penyelesaian masalah dalam perumusan kegiatan dan untuk menghasilkan pekerjaan yang maksimal. Maka pekerjaan digolongkan sesuai jenis prioritas pekerjaan. Tindakan yang diambil merupakan hasil dari analisa OFI sebelumnya sehingga pekerjaan akan tepat sasaran.

### 3.1.4 Pemerataan Beban

Dari hasil inspeksi penekanan susut oleh penulis pada Rayon Tasik Kota, didapatkan proses penekanan susut ini dilakukan dengan melakukan pemerataan beban di gardu Kampung Karang Anyar (KRA), Kp. Kampung Karang Anyar ( KKRA), Sisipan gardu Kampung Karikil (SKRK), dan Buana Karta *Develovment Unit* (BKDU) dilakukan pemerataan beban dengan mengubah beban di fasa yang tinggi dipindahkan ke fasa yang lebih rendah atau sebaliknya.

Contoh yang diambil pada penelitian ini adalah gardu SKRK jurusan C fasa R dirubah ke fasa T karena nilai fasa S jurusan C paling besar dan fase S jurusan A paling kecil, fasa S dirubah ke fasa T dan fasa T dirubah ke fasa R. Urutan fasanya tetap sama seperti RST, tetapi di rubah jalurnya menjadi TRS. Perubahan fasa ini dilakukan dengan mengubah kabel R-S-T di bus bar PHB-TR. Pengubahan dilakukan dengan membuka baut kontak antara kabel dan bus bar yang di ubah ke bus bar lainnya, kemudian ditutup kembali. Perubahan ini dilakukan pada saat pengecekan rutin. Gambar 3.2 adalah contoh pemerataan beban gardu.



Gambar 3.2 Contoh Pemerataan Gardu

### 3.1.5 Analisis Data

Setelah dilaksanakan pekerjaan pemerataan beban maka dibandingkan kondisi sebelum dan setelah pemerataan beban. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kegiatan sudah dilakukan dengan optimal atau ada kesalahan saat eksekusi.

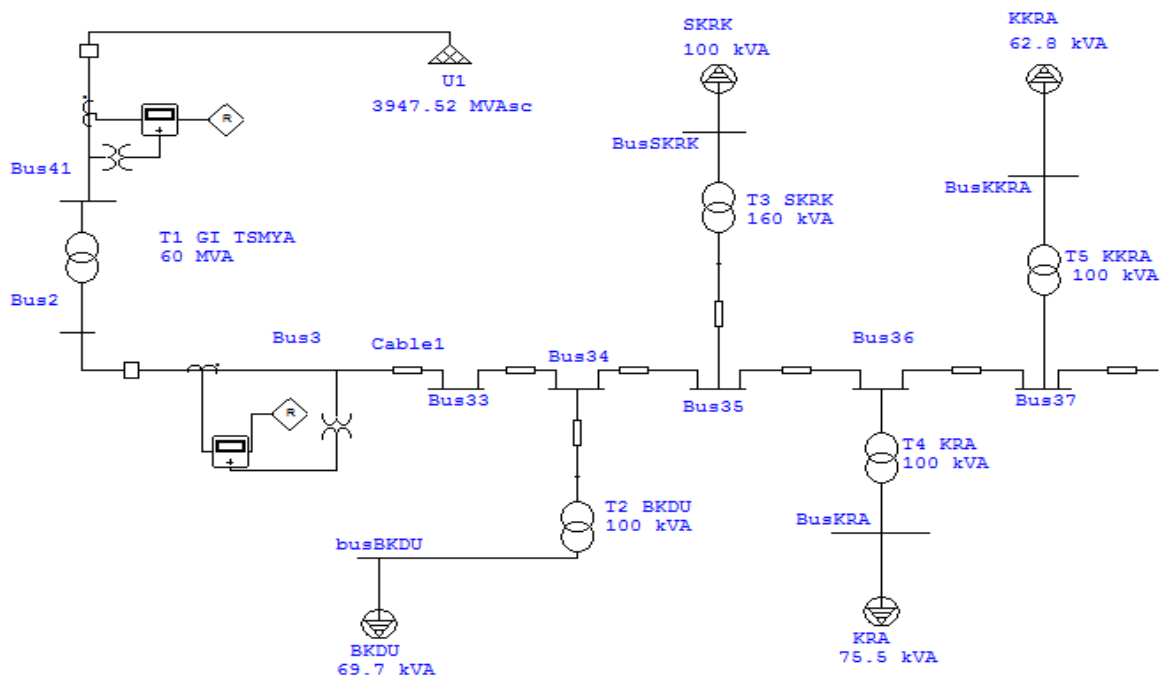
### 3.1.6 Evaluasi Penelitian

Setelah dilaksanakan kegiatan analisa data maka dilakukan evaluasi penelitian. Tahap kegiatan ini dilakukan agar hasil dari pemerataan beban pada tiap-tiap gardu sudah mendapatkan nilai penurunan susut yang efisien atau belum dalam pengoperasiannya. Setelah didapat hasil dari pemerataan beban, maka bisa diketahui penurunan susut daya dengan menggunakan Persamaan 2.6 dan 2.7 untuk kWh yang didapatkan.

### 3.1.7 Simulasi ETAP 12.6

Pada bagian ini, dilakukan simulasi menggunakan software ETAP 12.6 dari data yang telah diperoleh. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah menggunakan Persamaan 2.2 dan 2.4, selanjutnya data hasil perhitungan disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6.

Gambar 3.3 adalah simulasi ETAP 12.6 untuk penyulang Mangkubumi dengan beberapa pilihan gardu yang memiliki susut daya paling besar.



Gambar 3.3 Penyulang Mangkubumi Menggunakan Simulasi ETAP 12.6

**BAB 4**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Perhitungan Kesetimbangan Beban**

Upaya mengurangi susut pada PLN Tasikmalaya Rayon Tasik Kota adalah dengan cara pemerataan beban. Pemerataan beban yang dilakukan pada penyulang Mangkubumi ini memiliki susut teknis yang paling besar diantara penyulang lainnya di Rayon Tasik Kota. Untuk mengetahui persentase ketidaksetimbangan beban pada setiap gardu, maka digunakan Persamaan 2.2 dan 2.5. Hasil dari perhitungan persentase ketidaksetimbangan beban penyulang Mangkubumi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Persentase Ketidaksetimbangan Beban Penyulang Mangkubumi

GARDU	Sebelum Pemerataan			
	$I_R$ (A)	$I_S$ (A)	$I_T$ (A)	(A) Persentase (%)
BCK	221	259	253	6
CGG	192	219	228	6
CJH	190	161	152	8,3
DMKB	153	147	154	1,3
KRA	110	84	133	14,96
KRGN	118	146	146	8,3
KRK	263	215	222	7,6
PNIK	44	46	63	15
SMM	282	327	286	5,3
KKRA	77	145	50	39,6
SKRK	151	115	167	13
ASTA	166	174	209	9
BKDU	79	118	105	13

Dari Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa gardu yang dikerjakan untuk pemerataan beban ini adalah gardu KRA, KKRA, SKRK, dan BKDU. Pada gardu tersebut terdapat nilai persentase ketidaksetimbangan beban di atas 10% dan terdapat dua jalur atau lebih. Hal ini disebabkan oleh

nilai beban setiap fasa R, S dan T yang tidak setimbang. Semakin besar nilai perbandingan penurunan *losses* dari sebelum pemerataan dengan setelah pemerataan, maka semakin kecil rugi-rugi daya yang di hasilkan oleh gardu distribusi.

Pemilihan skala prioritas ini ditentukan berdasarkan nilai ketidaksetimbangan beban yang besar dibandingkan dengan yang lainnya. Pemerataan beban dilakukan dengan cara memindahkan beban besar dari satu fasa ke fasa lainnya yang lebih kecil atau sebaliknya agar mendapatkan nilai ketidaksetimbangan yang lebih kecil. Tabel 4.2 merupakan data gardu yang dilakukan pemerataan beban.

Tabel 4.2 Data Gardu Sebelum Pemerataan

Gardu	Jurusan	Hasil Pengukuran			(A) Persentase (%)
		$I_R$ (A)	$I_S$ (A)	$I_T$ (A)	
KRA	A	71	70	107	14,96 %
	C	39	14	26	
	Total	110	84	113	
KKRA	A	63	110	31	39,6 %
	C	14	35	19	
	Total	77	145	50	
SKRK	A	92	51	77	13 %
	C	59	64	90	
	Total	151	115	167	
BKDU	B	1	10	12	13 %
	D	78	108	93	
	Total	79	118	105	

Tabel 4.3 merupakan hasil pengukuran lapangan yang telah dilakukan pemerataan menggunakan Persamaan 2.2 dan 2.5.

Tabel 4.3 Data Gardu Setelah Pemerataan

Gardu	Jurusan	Hasil Pengukuran (A)			(A) Persentase (%)
		$I_R$ (A)	$I_S$ (A)	$I_T$ (A)	
KRA	A	71	70	107	7,3 %
	C	26	39	14	
	Total	97	109	121	
KKRA	A	63	110	31	24 %
	C	19	14	35	
	Total	82	124	66	
SKRK	A	92	51	77	5 %
	C	64	90	59	
	Total	156	141	136	
BKDU	B	1	10	12	6,6 %
	D	108	93	78	
	Total	109	103	10	

Tabel 4.3 adalah hasil dari perhitungan yang telah dilakukan pemerataan beban menggunakan persamaan 2.2 dan 2.5. Dari hasil tersebut diperoleh hasil ketidaksetimbangan (%) yang lebih kecil dari data gardu sebelum pemerataan. Kemudian data tersebut disimulasikan menggunakan ETAP 12.6.

#### 4.2 Hasil Simulasi ETAP 12.6

Setelah memperoleh hasil gardu yang telah dilakukan pemerataan, maka hasil tersebut disimulasikan menggunakan ETAP 12.6. Tabel 4.4 adalah hasil simulasi ETAP 12.6 untuk gardu sebelum dilakukan pemerataan dan Tabel 4.5 adalah hasil simulasi gardu menggunakan ETAP 12.6 setelah dilakukan pemerataan.

Tabel 4.4 Hasil Aliran Daya Gardu Sebelum Pemerataan

Gardu	Phase	P (MW)	Q (MVAR)	Arus (A)
KRA	R	0,022	0,014	2,3
	S	0,017	0,011	1,7
	T	0,026	0,017	2,7
	N			0,9
KKRA	R	0,015	0,010	1,6
	S	0,029	0,019	3,0
	T	0,010	0,006	1,0
	N			1,7
SKRK	R	0,030	0,019	3,1
	S	0,023	0,015	2,3
	T	0,033	0,021	3,4
	N			1,0
BKDU	R	0,016	0,010	1,6
	S	0,023	0,015	2,4
	T	0,021	0,013	2,1
	N			0,7

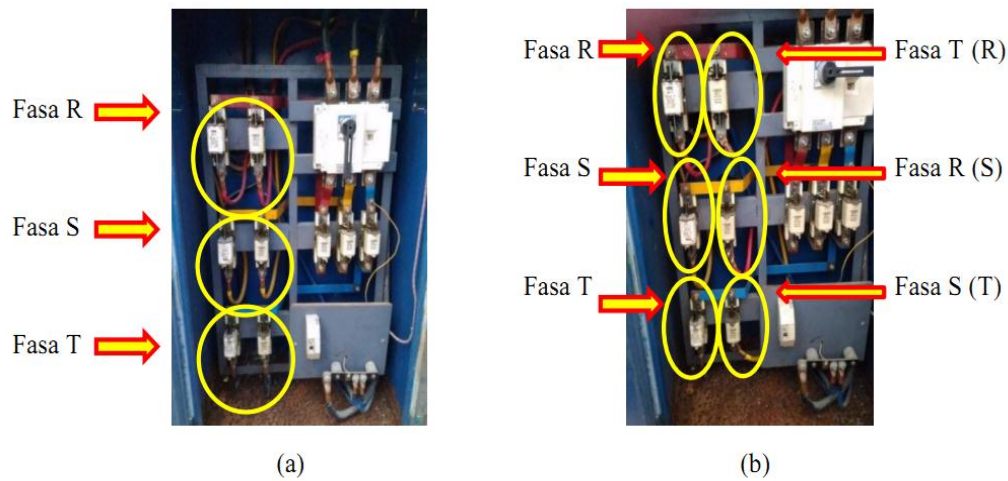
Tabel 4.5 adalah hasil aliran daya dari pemerataan beban yang dilakukan pada ETAP 12.6. data yang dihasilkan berupa penurunan arus netral yang mengalir pada sisi sekunder saluran netral transformator.

Tabel 4.5 Hasil Aliran Daya Gardu Setelah Pemerataan

Gardu	Phase	P (MW)	Q (MVAR)	Arus (A)
KRA	R	0,019	0,012	2,0
	S	0,022	0,014	2,2
	T	0,024	0,016	2,5
	N			0,4
KKRA	R	0,016	0,010	1,7
	S	0,025	0,016	2,5
	T	0,013	0,008	1,3
	N			1,1
SKRK	R	0,031	0,020	3,2
	S	0,028	0,018	2,9
	T	0,027	0,017	2,8
	N			0,4
BKDU	R	0,022	0,014	2,2
	S	0,020	0,013	2,1
	T	0,018	0,011	1,8
	N			0,3



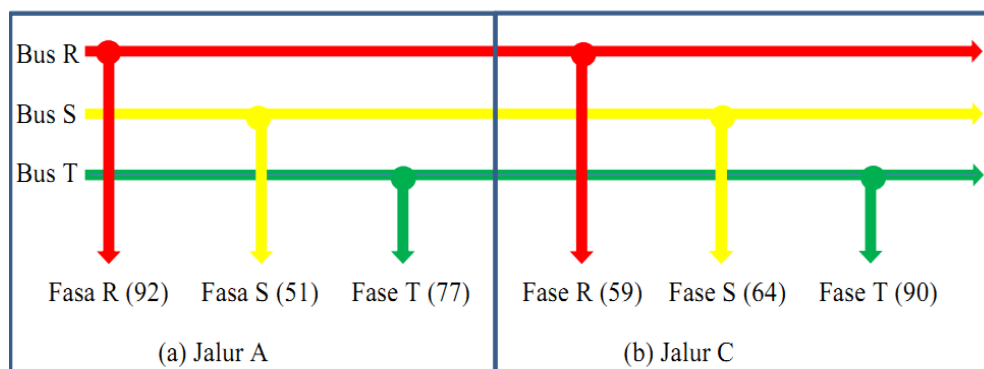
Dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 terjadi penurunan nilai arus netral untuk gardu KRA, KKRA, SKRK dan BKDU. Contoh pemerataan beban yang dilakukan dilapangan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



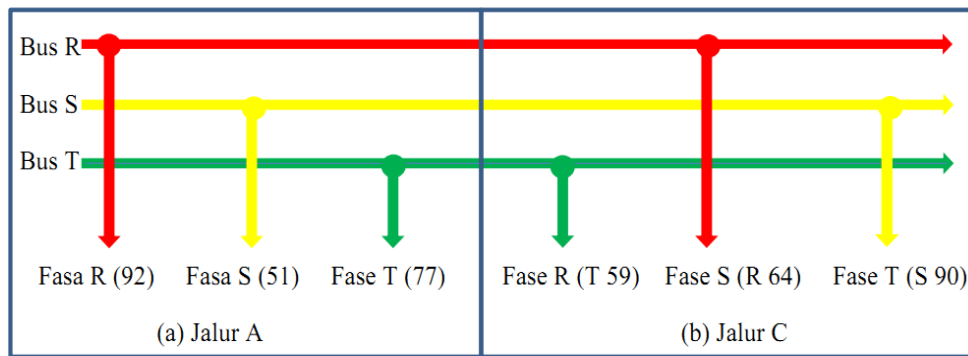
Gambar 4.1 Contoh Pemerataan Beban Gardu SKRK di Lapangan

Hasil dari pemerataan beban dapat dilihat dari nilai persentase *unbalanced*. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, pemerataan beban dilakukan dengan mengubah jurusan di salah satu fasa yang lebih besar ke fasa yang lebih kecil untuk mendapatkan kesetimbangan beban dan begitu sebaliknya.

Contoh yang diambil pada penelitian ini adalah gardu KRA jurusan C fasa R dirubah ke fasa S, fasa S dirubah ke fasa T dan fasa T dirubah ke fasa R. Urutan fasanya tetap sama seperti RST, tetapi di rubah jalurnya menjadi STR. Untuk gardu KKRA fasa pada jurusan C dirubah menjadi STR, gardu SKRK fasa pada jurusan C dirubah menjadi TRS dan gardu BKDU fasa pada jurusan D dirubah menjadi TRS. Perubahan fasa ini dilakukan dengan mengubah kabel R-S-T di bus bar PHB-TR. Perubahan dilakukan dengan membuka baut kontak antara kabel dan bus bar yang di ubah ke bus bar lainnya, kemudian ditutup kembali. Perubahan yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Bus Gardu SKRK Sebelum Pemerataan Beban



Gambar 4.3 Bus Gardu SKRK Setelah Pemerataan Beban

### 4.3 Losses (Rugi-Rugi)

Tabel 4.6 adalah hasil simulasi gardu distribusi menggunakan ETAP 12.6 terhadap *losses* pada jaringan distribusi penyulang Mangkubumi.

Tabel 4.6 *Losses Report* Sebelum Pemerataan

CKT / Branch	Phase	Aliran Daya		Rugi-Rugi		%Vbus	%Vd
		MW	MVAR	kW	kVAR		
BKDU	R	0,016	0,010	0,3	0,5	97,9	2,03
	S	0,023	0,015	0,6	0,9	96,9	3,05
	T	0,021	0,013	0,4	0,8	97,2	2,71
SKRK	R	0,030	0,019	0,6	1,0	97,5	2,43
	S	0,023	0,015	0,4	0,7	98,0	1,85
	T	0,033	0,021	0,7	1,2	97,2	2,69
KRA	R	0,022	0,014	0,5	0,8	97,1	2,84
	S	0,017	0,011	0,3	0,5	97,7	2,16
	T	0,026	0,017	0,7	1,1	96,5	3,45
KKRA	R	0,015	0,010	0,3	0,5	97,9	1,98
	S	0,029	0,019	0,8	1,3	96,1	3,77
	T	0,010	0,006	0,1	0,3	98,6	1,28

Dari hasil simulasi ETAP 12.6 pada Tabel 4.6, total *losses* tiap trafo pada penyulang Mangkubumi sebelum pemerataan bernilai 1,3 kW T.BKDU, bernilai 1,7 kW T.SKRK, bernilai 1,5 kW T.KRA dan bernilai 1,2 kW T.KKRA. Tabel 4.7 adalah simulasi penyulang Mangkubumi menggunakan ETAP 12.6 setelah dilakukan pemerataan.

Tabel 4.7 *Losses Report* Setelah Pemerataan

CKT / Branch	Phase	Aliran Daya		Rugi-Rugi		%Vbus	%Vd
		MW	Mvar	kW	kVAR		
BKDU	R	0,022	0,014	0,5	0,8	97,1	2,83
	S	0,020	0,013	0,4	0,7	97,2	2,66
	T	0,018	0,011	0,3	0,6	97,6	2,32
SKRK	R	0,031	0,020	0,6	1,1	97,4	2,51
	S	0,028	0,018	0,5	0,9	97,6	2,27
	T	0,027	0,017	0,5	0,9	97,7	2,19
KRA	R	0,019	0,012	0,4	0,7	97,4	2,50
	S	0,022	0,014	0,5	0,8	97,1	2,82
	T	0,024	0,016	0,6	1,0	96,8	3,13
KKRA	R	0,016	0,010	0,3	0,5	97,8	2,11
	S	0,025	0,016	0,6	1,0	96,7	3,21
	T	0,013	0,008	0,2	0,4	98,2	1,69

Dari hasil simulasi menggunakan ETAP 12.6 yang ditampilkan pada Tabel 4.7 terdapat *losses* di tiap transformator pada penyulang Mangkubumi, dimana nilai *losses* adalah bernilai 1,2 kW T.BKDU, bernilai 1,6 kW T.SKRK, bernilai 1,5 kW T.KRA dan bernilai 1,1 kW T.KKRA. Proses pemerataan beban di tiap transformator pada penyulang Mangkubumi mempengaruhi *losses* yang ada pada transformator. Dari hasil simulasi ETAP 12.6, bahwa pada saat sebelum dilakukan pemerataan beban terdapat total *losses* sebesar 5,7 kW dan setelah dilakukan pemerataan beban, total nilai *losses* yang terdapat pada penyulang Mangkubumi sebesar 5,4 kW. Daya yang berhasil diturunkan dari total *losses* sebelum dan setelah pemerataan sebesar 0,3 kW. Kemudian total energi (kWh) yang berhasil diturunkan dari total *losses* sebelum dan setelah pemerataan beban dapat menggunakan persamaan 2.7 pada bulan November 2017 sebesar 45 kWh.

#### 4.4 Penurunan Susut Daya Trafo

Dikarenakan adanya ketidaksetimbangan antara setiap fasa pada sisi sekunder transformator, maka menyebabkan timbul arus yang mengalir pada penghantar netral transformator. Untuk mengetahui rugi-rugi (*losses*) yang ditimbulkan dari akibat ketidaksetimbangan beban pada sisi

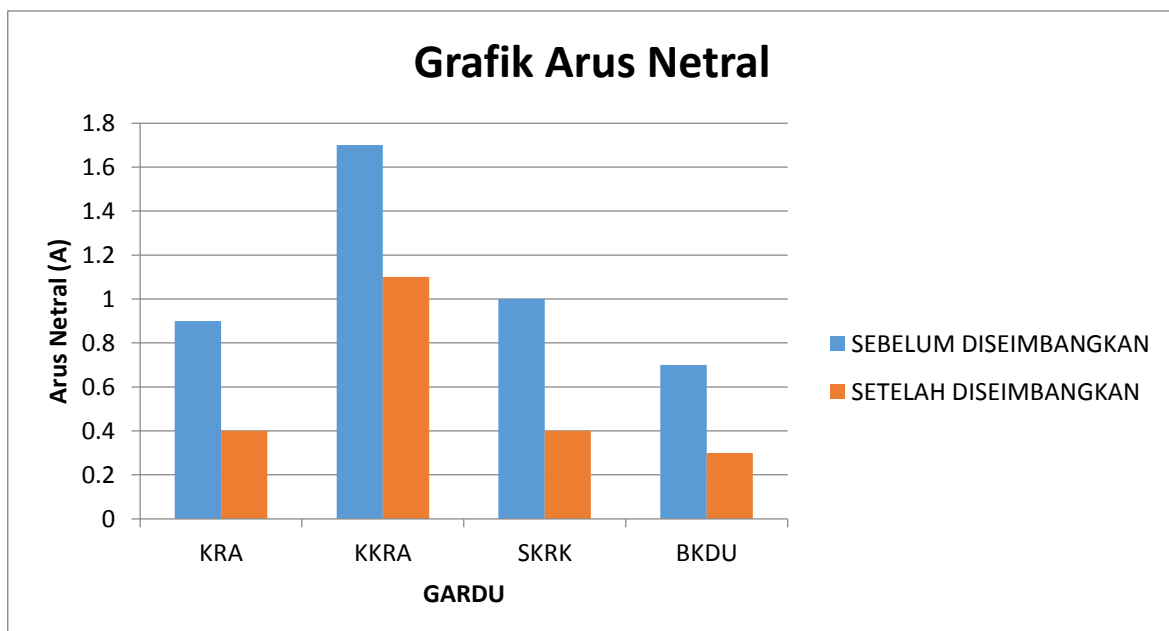
sekunder transformator, dapat dilihat pada *Unbalanced LF Report* yang terdapat pada Simulator ETAP 12.6. Tabel 4.8 adalah perbandingan arus netral gardu distribusi.

Tabel 4.8 Arus Netral Gardu Distribusi

Gardu	Sebelum Pemerataan	Setelah Pemerataan	Selisih Arus Netral	Persentase (%)
	Arus Netral ( $I_N$ )	Arus Netral ( $I_N$ )	Arus Netral ( $I_N$ )	
KRA	0,9 A	0,4 A	0,5 A	55,55
KKRA	1,7 A	1,1 A	0,6 A	35,29
SKRK	1,0 A	0,4 A	0,6 A	60
BKDU	0,7 A	0,3 A	0,4 A	57,14
Rata-Rata				52

Tabel 4.8 terdapat perbedaan arus netral gardu distribusi sebelum dan setelah pemerataan. Contoh pada gardu KRA sebelum dilakukan pemerataan memiliki nilai arus netral 0,9 A dan setelah dilakukan pemerataan memiliki nilai arus netral sebesar 0,4 A. Nilai arus netral yang turun disebabkan proses pemerataan beban pada tiap gardu distribusi. Perbedaan arus netral gardu distribusi sebelum dan sesudah dilakukan pemerataan dapat dilihat pada grafik arus netral Gambar 4.4.

Selisih dari perbandingan antara arus yang mengalir pada sisi sekunder saluran netral transformator adalah rugi-rugi yang berhasil diturunkan. Jika nilai arus yang didapat dari selisih sebelum dan setelah dilakukan pemerataan dikalikan dengan tegangan nominal maka rugi-rugi energi (kWh) yang berhasil diturunkan menggunakan Persamaan 2.7.



Gambar 4.4 Grafik Selisih Arus Netral Gardu Distribusi

Dari hasil yang diturunkan dari penekanan rugi-rugi pada saluran netral transformator menggunakan Persamaan 2.6 maka dapat dilihat pada Tabel 4.9 kolom  $P_{Saving}$  (kW).

Tabel 4.9 Selisih Penurunan Daya Gardu Distribusi

<b>Gardu</b>	$P_{Saving}$ (kW)	$kWh_{Saving}$
KRA	0,099	14,85
KKRA	0,1188	17,82
SKRK	0,1188	17,82
BKDU	0,0792	11,88
<b>Total</b>	<b>0,4158</b>	<b>62,37</b>

Untuk mengetahui nilai  $kWh_{Saving}$  perbulannya dapat menggunakan Persamaan 2.7. Perbandingan rugi-rugi daya yang hilang dikarenakan terjadinya penyusutan pada saluran akibat ketidakseimbangan beban perbulannya dapat dilihat pada Tabel 4.9  $kWh_{Saving}$ .

Setelah diketahui hasil pemerataan beban, penghematan tegangan nominal yang didapat dari perbandingan sebelum dan setelah penyeimbangan beban pada bulan November 2017 sebesar 62,37 kWh. Perhitungan ini dilakukan pada keadaan waktu beban puncak (WBP).

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penurunan rugi-rugi daya yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada bulan November 2017 total penekanan susut (*losses*) dari setiap fasa pada keempat gardu di Penyulang Mangkubumi sebesar 45 kWh.
2. Selisih persentase arus yang mengalir pada sisi sekunder saluran netral transformator berhasil diturunkan dengan nilai rata-rata sebesar 52%.
3. Total penurunan rugi-rugi daya yang mengalir pada saluran netral transformator dari hasil pemerataan beban Penyulang Mngkubumi pada bulan November 2017 sebesar 62,37 kWh. Perhitungan ini dilakukan pada keadaan waktu beban puncak (WBP).

#### 5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan penulis, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai saran:

1. Data *meeting* transformator perlu dilakukan setiap adanya pembaharuan data, baik dari nilai arus, tegangan, daya, faktor daya maupun manuver-manuver yang sedang dilakukan.
2. Perlu dilakukan inspeksi dengan *thermovision* pada pemeliharaan penyulang baik itu Jaringan Tegangan Menengah (JTM) atau Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Hal ini dilakukan agar dapat mengurangi kondisi *losses* kontak yang mengakibatkan rugi-rugi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Moh. Dahlan, "Akibat Ketidakseimbangan Beban Akibat Arus Netral dan *Losses* Pada Transformator Distribusi". Universitas Muria Kudus, 2016.
- [2] S. Hariyadi, "Analisis Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk Palur – Masaran," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [3] S. Krishnamoorthy dan D. Jayabal, "*Evaluation of transformer loading and energy loss for increasing energy efficiency in distribution system*," 2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2015.
- [4] Safrizal, "*Automatic Power Factor Control (APFC) Capacitor Shunt Untuk Optimalisasi Daya Reaktif Menggunakan Metode Invoice (Case Study PDAM)*," Universitas Islam Nahdatul Ulama, 2015.
- [5] Suhadi, dkk, "Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1," 2008 Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [6] A. Kadir, "Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik," 2000 Jakarta, UI-Press, 2000.
- [7] G. P. Shultz, *Transformers and motors: a single-source reference for electricians*. Carmel, IN: Sams, 1989.
- [8] Zuhail, Dasar Tenaga Listrik. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, 2000.