

PEMERATAAN BEBAN PADA GARDU KD 056 PENYULANG TABANAN PT PLN (PERSERO) DISTRIBUSI BALI AREA BALI SELATAN

I Putu Agus Semara Putra,¹ I Ketut Wijaya,² I Made Mataram.³
¹²³Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana
Email: semaraputra94@yahoo.co.id¹ wijaya@ee.unud.ac.id²
mataram@unud.ac.id³

Abstrak

Penyeimbangan beban gardu distribusi merupakan suatu rutinitas yang dilakukan oleh PLN dalam rangka manajemen sebuah gardu distribusi. Penyeimbangan beban dilakukan pada Waktu Beban Puncak (WBP) saja. Pengukuran awal beban dan data beban pada sebuah trafo distribusi perlu dilakukan untuk penyeimbangan sebagai input software simulasi. Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik disebabkan karena ketidakseimbangan pada beban-beban satu fasa pada fasa R, S dan T di dalam jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut timbullah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses (rugi-rugi), yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Pada penelitian ini pemerataan beban gardu KD 056 dilakukan dengan membuat simulasi pada program ETAP dengan melakukan pengukuran nilai tegangan pada gardu KD 056. Hasil penyeimbangan beban gardu KD 056 dengan simulasi program ETAP yaitu drop tegangan yang didapat hasil persentase gardu KD 056 setelah diseimbangkan drop tegangan pada fasa R berkurang dari 7,30% menjadi 1,36% dari tegangan sumber 219VA. Setelah gardu KD 056 diseimbangkan dapat menurunkan drop tegangan dan rugi rugi daya, dengan demikian tegangan sistem memenuhi standar dari PLN.

Kata kunci : JTR, Ketidakseimbangan Beban, Pemerataan beban

Abstract

Load balancing is a routine done by PLN to manage a distribution substation. It is done on Peak Load Time (WBP) only. Initial load measurements and load data on a distribution transformer need to be done for balancing as input of simulation software. The load imbalance in a power distribution system is due to an imbalance in single phase loads in the R, S and T phases in low voltage networks due to the imbalance of the load the current in the neutral transformer arises. The current flowing in the neutral of the transformer causes losses, i.e. losses due to neutral currents in the neutral conductor of transformers and losses due to neutral currents flowing to the ground. In this research load equalization in substation KD 056 was done by making a simulation on the ETAP program by measuring the value of the voltage on the KD 056 substation. The result of load balancing in KD 056 substation with the simulation ETAP program i.e. the voltage drop obtained from the percentage of KD 056 substation after being balanced by voltage drop on phase R which decreased from 7.30% to 1.36% from the 219VA source voltage. Once the KD 056 substation is balanced, it can lower the voltage drop and power losses, thus the system voltage meets the standards of PLN.

Keywords : JTR, Load imbalance, Load equalization

1. PENDAHULUAN

Gardu distribusi merupakan suatu bangunan gardu listrik terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distri-

busi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk Memasok tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220 /

380V). Tegangan primer 20 KV lalu diubah oleh gardu distribusi menjadi tegangan sekunder 400 V (antar fasa) atau 220 V (fasa – netral). Pelanggan yang menggunakan adalah pelanggan Tegangan Rendah (TR), baik industri maupun rumah tangga.

Penyeimbangan beban gardu distribusi merupakan suatu rutinitas yang dilakukan oleh PLN dalam rangka manajemen sebuah gardu distribusi. Jumlah pertumbuhan pelanggan PLN tidak sama disetiap fasa. Ketidakseimbangan beban juga terjadi akibat putus dalam berlangganan pengguna energi listrik PLN, maka akan terjadi perbedaan setiap fasa. Keadaan beban yang terus berubah, maka perlu dilakukan penyeimbangan beban secara berkala.

Penyeimbangan beban pada suatu trafo belum menjamin tercapainya keseimbangan beban di titik Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Penyeimbangan dilakukan dengan metode seimbang beban sehari (SBS) melalui proses simulasi. Penggunaan simulasi terlebih dahulu dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari kegiatan penyeimbangan beban. Pengukuran awal beban pada sebuah trafo distribusi perlu dilakukan untuk penyeimbangan sebagai input software simulasi. Penyeimbangan dilakukan merujuk pada hasil simulasi, sehingga keseimbangan antar fasanya tercapai disemua titik waktu kurva beban [1].

Beberapa penelitian mengenai Pemerataan beban pada penyulang yang sudah ada sebelumnya, penelitian yang dilakukan oleh Saputra pada tahun 2015 dengan judul “Analisis Pemerataan Beban Gardu Distribusi U 046 PT PLN (Persero) Rayon Ampera Palembang”. Penelitian ini menyelidiki ketidakseimbangan beban masing - masing fasa pada transformator distribusi. Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran dan perhitungan arus pada penghantar netral. Untuk mengurangi arus pada penghantar netral dilakukan pemerataan beban [2]. Penelitian yang dilakukan Priadi pada tahun 2014 yaitu: “Evaluasi untuk Mengatasi Beban Lebih Pada Penyulang Batu Belig”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh solusi yang tepat untuk mengatasi beban yang sudah kritis pada penyulang Batu Belig dan untuk Mendapatkan nilai *losses* dan *drop* tegangan penyulang Batu Belig pada saat sebelum dan sesudah dilakukan rekonfigurasi jaringan distribusi [3]. Serta penelitian yang di-

lakukan Antara pada tahun 2010 mengenai “Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) untuk Memperbaiki *drop* tegangan di Daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besarnya *drop* tegangan dan rekonfigurasi jaringan untuk memperbaiki *drop* tegangan di daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung [4].

Pertumbuhan jumlah penduduk pada daerah Kediri Tabanan meningkatkan jumlah pelanggan baru yang mengakibatkan transformator distribusi bekerja kurang optimal. Salah satu yang menyebabkan kerja transformator distribusi berkurang adalah adanya arus pada penghantar netral yang menyebabkan adanya rugi-rugi penghantar yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban pada jaringan distribusi tegangan rendah di daerah Kediri Tabanan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan sebuah penelitian dengan judul “Analisis Pemerataan Beban Pada Penyulang Tabanan Gardu KD 056 PT PLN (Persero) Distribusi Bali Area Bali Selatan Rayon Tabanan” yang bertempat di Desa Sanggulan Kecamatan Kediri Kabupaten Tabanan Bali untuk memperoleh kerugian dari beban yang tidak seimbang pada gardu distribusi KD 056.

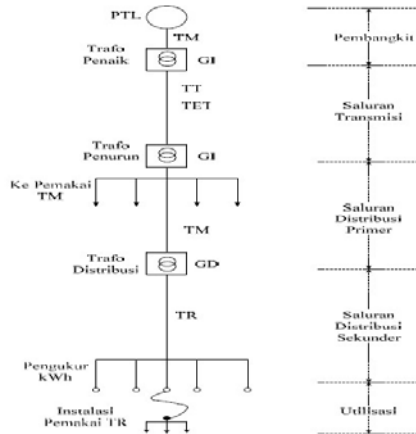
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Umum

Suatu sistem tenaga listrik yang lengkap mengandung empat unsur. Pertama, pembangkit tenaga listrik. Kedua, transmisi, lengkap dengan gardu induk. Karena jaraknya yang jauh, maka diperlukan penggunaan tegangan tinggi (TT), atau tegangan extra tinggi (TET). Ketiga, distribusi, yang biasanya terdiri atas saluran distribusi primer tegangan menengah (TM) dan saluran distribusi sekunder tegangan rendah (TR). Keempat, pemakaian (utilisasi), yang terdiri atas instalasi pemakaian tenaga listrik. Instalasi rumah tangga menggunakan tegangan rendah, sedangkan pemakai besar seperti industri menggunakan tegangan menengah. Gambar 1 memperlihatkan skema suatu sistem tenaga listrik.

Mendekati pusat pemakaian tenaga listrik, yang dapat merupakan suatu industri atau kota, tegangan tinggi diturunkan menjadi tegangan menengah (TM). Di Indonesia tegangan menengah adalah 20 KV. Saluran 20 KV ini menelusuri jalan-jalan diseluruh

kota, dan merupakan sistem distribusi primer [5].



Gambar 1 Sistem Tenaga Listrik

Di Indonesia, tegangan rendah adalah 220/380 volt, dan merupakan sistem distribusi sekunder, disebut jaringan tegangan rendah (JTR). Jaringan Tegangan Rendah adalah penyaluran tenaga listrik dimulai dari sisi sekunder trafo distribusi yang mencakup seluruh bagian jaringan beserta perlengkapannya, sampai ke Alat Pengukur dan Pembatas (APP) beban. Drop tegangan adalah tegangan yang dikirim tidak sama dengan tegangan yang diterima beban, karena arus (I) yang mengalir disepanjang penghantar berbanding lurus dengan tahanan (R), sementara besarnya rugi-rugi daya sepanjang jaringan adalah kuadrat arus (I^2) dikali tahanan penghantar jaringan (R).

Besar arus beban berbeda-beda disetiap fasa R, S, T sepanjang jaringan, menimbulkan pembebanan pada trafo sekunder akibat beban tidak seimbang, Arus netral akan mengalir ke bumi melalui penghantar pembumihan, maka sulit menghitung rugi-rugi daya keseluruhan dari saluran penghantar tersebut. Penelitian ini menggunakan beberapa asumsi dan hasil perhitungan yang diperoleh bukanlah hasil sebenarnya akan tetapi merupakan hasil pendekatan.

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (Persero) Distribusi Bali Area Bali Selatan Rayon Tabanan. Sedangkan waktu penelitian ini dilaksanakan mulai hari Rabu 1 Juni 2016 sampai hari Kamis 30 Juni 2016.

3.2 Sumber dan Jenis Data Penelitian

3.2.1 Sumber Data

Data yang dipergunakan pada analisis Tugas Akhir ini bersumber dari PT.PLN (Persero) Distribusi Bali Area Bali Selatan Rayon Tabanan, dan hasil Pengukuran pada lokasi tempat melakukan penelitian yaitu di daerah penyulang tabanan KD 056 berlokasi di Desa Sanggulan Kecamatan Kediri Kabupaten Tabanan Bali.

3.2.2 Jenis Data

Data – data yang di pakai dalam analisis adalah data primer yang di dapat dari pengukuran langsung pada lokasi Penyulang Tabanan gardu KD 56 Rayon Tabanan yaitu data penyeimbangan beban /nilai ukur tegangan dan data sekunder yang di dapat adalah dari PT.PLN (Persero) Distribusi Bali Area Bali Selatan Rayon Tabanan yaitu data–data karakteristik penghantar, nilai pengukuran tegangan, diagram segaris dan penyeimbangan beban terakhir [6].

3.3 Alur Analisis

Alur analisis yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data yang akan diseimbangkan seperti Single line diagram jumlah konsumen pada gardu KD 056
2. Memodelkan pemerataan beban menggunakan *software* ETAP 12.6
3. Mensimulasikan aliran daya pemerataan beban menggunakan *software* ETAP 12.6 (Beban tidak seimbang)
4. Melakukan penyeimbangan beban dengan cara rekonfigurasi (pada program ETAP 12.6)
5. Analisis pemerataan beban (membandingkan hasil perhitungan dengan simulasi, membandingkan hasil simulasi sebelum dan setelah regunfigurasi JTR)
6. Menarik kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berikut ini adalah hasil perbandingan keseimbangan beban pada gardu KD 056 Rayon Tabanan sebelum diseimbangkan dan sesudah diseimbangkan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan setelah gardu KD 056 diseimbangkan *drop* tegangan

pada fasa R berkurang dari (203) menjadi (216). Untuk hasil persentase pada fasa R dapat dilihat pada Tabel 2.

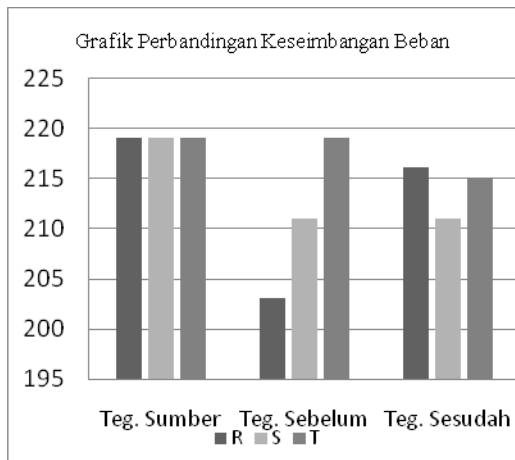
Hasil persentase gardu KD 056 setelah diseimbangkan *drop* tegangan pada fasa R berkurang dari 7,30% menjadi 1,36%. Gardu KD 056 yang diseimbangkan dapat menurunkan *drop* tegangan dan rugi rugi daya. Tegangan sistem pada Gardu KD 056 semakin menjadi lebih baik dan telah memenuhi standar dari PLN yaitu (SPLN 72,1987).

Tabel 1 Perbandingan keseimbangan beban

NAMA GARDU		KD 056		KD 056	
KONDISI		Sebelum Diseimbangkan		Sesudah Diseimbangkan	
BEBAN (kVA)	Fasa	R	19.950 VA	14.650 VA	
		S	14.650 VA	14.650 VA	
		T	9.300 VA	14.600 VA	
TEGANGAN (Volt)	Fasa	R	203	216	
		S	211	211	
		T	219	215	

Tabel 2 Persentase Perbandingan keseimbangan beban

NAMA GARDU		KD 056		KD 056	
KONDISI		Sebelum Diseimbangkan		Sesudah Diseimbangkan	
TEGANGAN (Volt)	Fasa R	203	216		
Droop Teg. Dari Teg Sumber (219V) (%)		7,30%	1,36%		



Gambar 2 Grafik Perbandingan Keseimbangan Beban

Grafik perbandingan keseimbangan beban pada fasa R, S dan T dapat dilihat pada Gambar 2.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Gambaran Umum Gardu KD 056

Gardu KD 065 berlokasi di Br. Sanggulan Kediri Tabanan dengan kapasitas beban maksimum 160kVA yang digunakan untuk menyuplai listrik ke dua

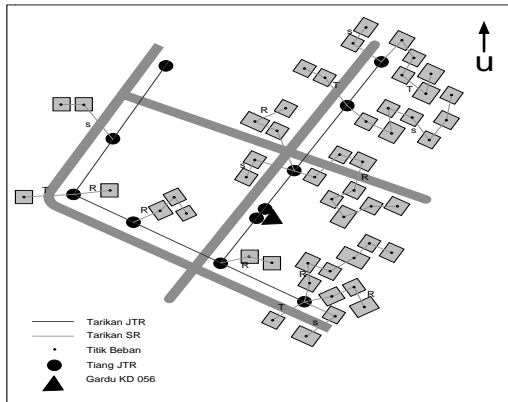
banjar yaitu banjar taman sari dan banjar dinas sanggulan. Pada Tabel 3 dapat diperlihatkan data karakteristik gardu trafo KD 056.

Tabel 3 Data Karakteristik Gardu Trafo KD 056

Karakteristik	Keterangan
ID Trafo	37113860
Nomor Gardu	KD 0056
Penyulang	Tabanan
Nomor Seri	55131
Tahun Pembuatan	2012
Jumlah Jurusan	2
Merk	TAIYA
Kapasitas max (kVA)	160
Kapasitas Trafo (kVA)	160
Status Trafo	Tidak <i>Over Blast</i>

4.2.2 Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Trafo KD 056

Sistem jaringan Trafo KD 056 adalah sistem jaringan radial yaitu disuplai oleh penyulang Tabanan kemudian disalurkan ke seluruh pelanggan secara radial pula. Trafo KD 056 mempunyai kapasitas maksimum 160kVA digunakan untuk menyuplay beban terukur dengan total daya 43.900VA dalam persentase itu sebanyak 27,4% artinya trafo KD056 mempunyai sisa 72,6% dan belum over blast. Ini sesuai dengan pengukuran data trafo pada saat beban puncak (jam 19.00 tanggal 30 Juni 2016). Fasa R,S dan T pada JTR gardu KD056 saat ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Beban yang Terpasang Pada Fasa R, S dan T

4.2.2 Besar Kerugian dari Beban Tidak Seimbang pada Gardu KD 056 Sebelum Di Seimbangkan

Gardu KD 056 dengan total panjang Jaringan Tegangan Rendah (JTR) yang terpasang adalah 308m dengan beban masing-masing fasa yang terpasang adalah R = 19.950VA, S = 14.650VA dan T = 9.300VA, Pelanggan gardu KD 056 memiliki karakteristik beban yang berbeda-beda. Beban-beban pada gardu KD 056 terletak pada perumahan dan fasilitas umum.

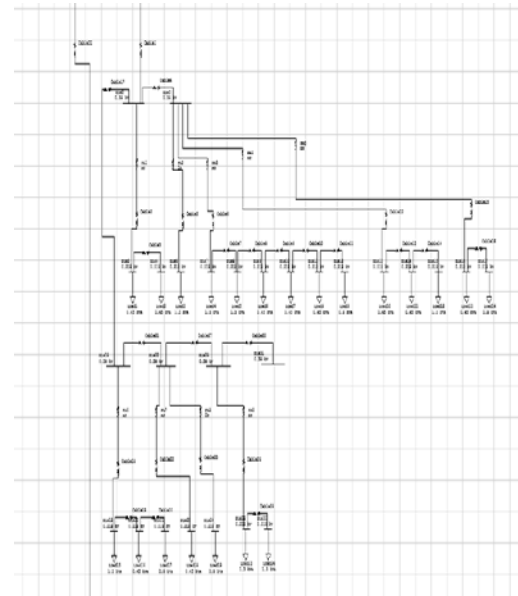
Kondisi JTR KD 056 sebelum diseimbangkan (Tahun 2016) memiliki data-data sebagai berikut:

- a. Total Beban Terpasang : 43.900VA atau 43,9kVA
- b. Jumlah pelanggan : 50 Pelanggan
- c. Konfigurasi jaringan : Sistem radial
- d. Jenis penghantar : LVTC

Lebih jelasnya, penghantar yang digunakan pada JTR gardu KD 056 dapat dilihat dalam Tabel 4 dan gambar jaringan (JTR) gardu KD056 sebelum diseimbangkan ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 4 Data Penghantar

TIPE JTR	JENIS PENGHANTAR	PANJANG (m)
SKUTR	MVTIC 3x70 + 1x50mm ²	650
SKUTR	LVTC 2x10mm ²	1.180
	Total Panjang Jaringan	1.830



Gambar 4 JTR Gardu 056 Sebelum Diseimbangkan Secara keseluruhan jumlah pelanggan gardu KD 056 adalah 50 pelanggan yang terdiri dari pelanggan rumah tangga yaitu beban 1 fasa, dan beban fasilitas umum 1 fasa. Total daya kontrak atau beban terpasang pada gardu kd 056 adalah 43.900VA atau 43,9kVA.

a. Data Jumlah Beban dan Rata-Rata Tegangan Pemakaian pada Gardu KD 056 Sebelum Diseimbangkan

Berdasarkan hasil pengukuran langsung pada gardu KD 056 pada banjar sanggulan pada beban puncak diperoleh data tegangan masing-masing fasa yang terpasang dengan menggunakan alat ukur tang amphere standar PLN merk *KYORITSU model Clamp meter Kew SNAP 2022PA* dan *KYORITSU model Clamp meter 2017* didapatkan data pengukuran yang sama yaitu ditunjukkan dalam Tabel 3.

Pada Tabel 3 adalah nilai beban yang terukur pada fasa JTR yang diukur. Tegangan terendah terjadi pada fasa R dimana tegangan yang terukur sebesar 203V. Data ini nantinya dipergunakan dalam analisa dengan program *ETAP power station 12.6*.

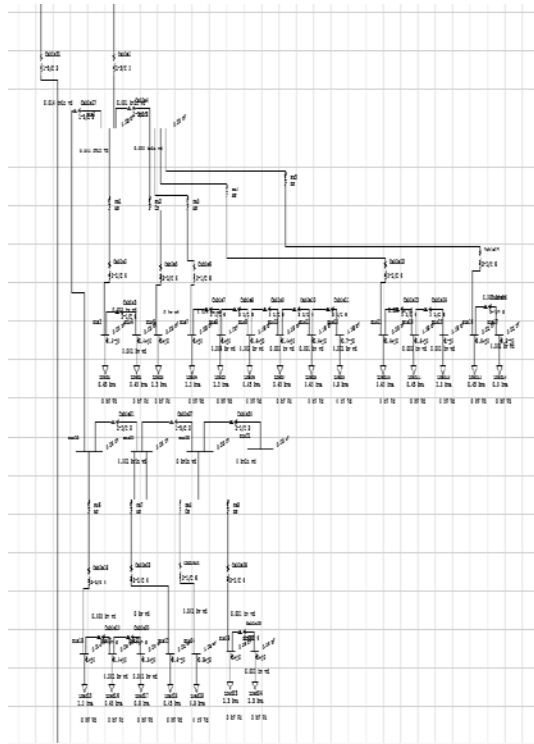
b. Analisa Tegangan Sebelum Diseimbangkan Berdasarkan Program ETAP Powerstation 12.6

Besarnya tegangan di masing-masing bus beban pada pelanggan yaitu dianalisa menggunakan program ETAP *Powerstation* 12.6 cara analisa adalah masukkan data bus JTR dan bus beban, data kapasitas trafo, data impedansi kabel penghantar, data nilai pembebanan pada pelanggan dan data panjang kabel.

Nilai tegangan hasil analisa Program ETAP *Powerstation* 12.6 ditampilkan pada Gambar 5.

Tabel 5 Data Beban Pada Fasa R,S dan T pada JTR Gardu KD 056

PHASE	BEBAN TERPASANG (VA)	TEGANGAN (Volt)
R	19,950 VA	203
S	14,650 VA	211
T	9,300 VA	219



Gambar 5 Simulasi Aliran Daya Menggunakan Software ETAP (Sebelum Diseimbangkan)

Tabel 6 Data Persentase Tegangan Pada Fasa R,S dan T pada JTR Gardu KD 056

PHAS A	BEBAN TERPASANG (VA)	TEGANGAN (Volt)	DROP TEGANGAN (%)
R	19,950 VA	203	7,30
S	14,650 VA	211	3,65
T	9,300 VA	219	0,00

Tabel 6 menunjukkan diatas jumlah tegangan yang terpasang 43.900 VA yang dirata-ratakan dibagi menjadi 3 phase R, S, dan T menjadi 14.633VA dan besarnya *drop* tegangan pada fasa R Gardu KD056 adalah 7,30%. Menurut standar PLN (SPLN 72,1987) *drop* tegangan yang diijinkan untuk JTR tipe radial tidak boleh melebihi 5%. Gardu KD056 memiliki *drop* tegangan melebihi 5% dari standar yang diijinkan, harus dilakukan penyeimbangan.

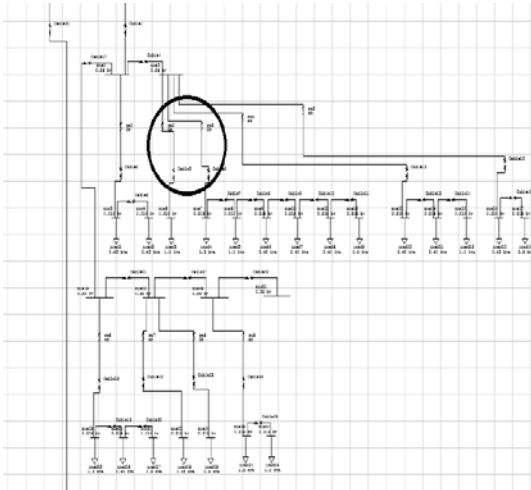
4.2.3 Cara Melakukan Pemerataan Beban Pada Gardu KD 056

Analisis ketidakseimbangan beban pada program ETAP *Powerstation* 12.6 dijelaskan sebagai berikut:

1. Pertama-tama adalah memasukkan data bus pada JTR dan beban, data kapasitas trafo, data impedansi kabel penghantar, data panjang kabel penghantar dan data nilai masing – masing pembebanan pada pelanggan sesuai dengan data penelitian yang didapat dengan memperhatikan cara-cara penggunaan program ETAP.
2. Data beban dilapangan adalah beban 1 fasa. Analisa yang dilakukan oleh program yaitu analisa aliran daya pada JTR per fasa.
3. Rata – rata jumlah tegangan per fasa ditentukan dari Tabel 6.

Setelah mengetahui cara analisis program ETAP *Powerstation* 12.6, maka dilakukanlah penyeimbangan beban dengan meratakan jumlah fasa pada program etap dengan membagi 2 tarikan SR fasa R ke fasa T dengan jumlah 7 pelanggan dengan beban sejumlah 5.300VA dari 19.950VA menjadi 14.633VA sehingga memenuhi rata-rata beban yaitu 14.633VA yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan pemindahan fasa dengan jumlah 7 pelanggan dengan beban sebanyak 5.300 VA, dan hasil yang di dapat pun jumlah beban yang diperoleh masing masing fasa dapat dilihat dari Tabel 7.



Gambar 6 JTR Gardu KD 056 Setelah Diseimbangkan

Tabel 7 Data Beban Setelah Diseimbangkan

PHASA	BEBAN TERPASANG (VA)	TEGANGAN (Volt)
R	14.650VA	216
S	14.650VA	211
T	14.600VA	215

Tabel 7 diatas menunjukkan setelah dilakukan penyeimbangan beban, tegangan fasa R yang sebelumnya terendah berubah menjadi 216V dari sumber 219V. Sehingga *drop* tegangan dinyatakan dalam persentase adalah *drop* tegangan pada fasa R berubah menjadi 1,36%, fasa S tetap 3,65% dan fasa T berubah menjadi 1,82%. Sedangkan menurut standar (SPLN) *drop* tegangan yang diijinkan untuk JTR tipe radial adalah tidak melebihi 5%. Sehingga dalam hal ini, *drop* tegangan pada JTR Gardu KD 056 sudah memenuhi standar (SPLN) yang diijinkan.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Pemerataan beban gardu KD 056 PT PLN (Persero) rayon Tabanan menggunakan aplikasi ETAP dapat disimpulkan:

1. Ketidakseimbangan beban pada gardu KD 056 PT PLN (Persero) rayon Tabanan pada fasa R *drop* tegangan sebelum diseimbangkan sebesar 7,30% dan setelah diseimbangkan menjadi 1,36%.
2. Pemerataan beban dilakukan dengan cara memindahkan sambungan listrik pelanggan dari fasa satu ke fasa yang lain (fasa R ke fasa T) sampai

beban dari ketiga fasa R, S dan T seimbang atau mendekati seimbang.

3. Aplikasi ETAP sebagai inovasi dalam menganalisis proses kelistrikan sangat efektif untuk membantu dalam melakukan simulasi pemerataan beban seperti tegangan pada fasa R, S dan T.

5.2 Saran

Untuk menghindari pemerataan beban yang terus menerus sebaiknya dilakukan penyambungan pada pelanggan baru harus memperhatikan fasa yang digunakan dari gardu distribusi agar tidak terjadi penumpukan pada satu fasa yang menyebabkan beban tidak seimbang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdillah, F. 2014. *Penyeimbang Beban Pada Gardu Distribusi Dengan Metode Seimbang Beban Seharian Di PT. PLN Area Bukittinggi*
- [2] Saputra, 2015. *Analisa Pemerataan Beban Gardu Distribusi U 046 PT PLN (Persero) Rayon Ampara Palembang*.
- [3] Priadi, 2014. *Evaluasi untuk Mengatasi Beban Lebih Pada Penyulang Batu Belig*
- [4] Antara. 2015. *Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) untuk Memperbaiki Drop Tegangan di Daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung*
- [5] Kadir, A. 2000. *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Pres).
- [6] PT PLN (PERSERO). 2010. *Buku Standar Konstruksi Gardu Distribusi Dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan : PT PLN (PERSERO).