

## MANAJEMEN TRAF0 DISTRIBUSI 20KV ANTAR GARDU BL031 DAN BL033 PENYULANG LILIGUNDI DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PROGRAM ETAP

I Wayan Sudiarta, I Putu Sutawinaya, I Ketut TA, dan Ardy Firman

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali  
Bukit Jimbaran, PO Box 1064 Tuban Badung-Bali  
Phone (0361) 701981, Fax (0361) 701128

Trafo distribusi berperan penting dalam jaringan distribusi untuk mentransformasikan energi listrik dari tegangan menengah 20 kV ke tegangan rendah 220/380 V. Oleh sebab itu, kondisi pembebanan transformator harus diperhatikan guna menjaga kontinuitas energi listrik. Kapasitas transformator distribusi harus disesuaikan dengan beban yang ditanggungnya. Ketidaksiuaian kapasitas transformator dengan beban akan mengakibatkan transformator *overload*, pembebanan transformator rendah, dan terjadinya *drop* tegangan disisi pelanggan. Hal tersebut juga mampu memengaruhi umur trafo, dan penyaluran tenaga listrik yang tidak berkualitas dan andal. Salah satu permasalahan ini terjadi pada gardu BL031 dengan kapasitas 200 kVA dimana pembebanan transformator masih rendah yaitu 16,80% serta *drop* tegangan 1,13% difasa S jurusan B, dan gardu BL033 dengan kapasitas 100 kVA yang mengalami *overload* yaitu 96,90% serta *drop* tegangan 11% difasa S jurusan B. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan manajemen trafo dengan cara mutasi trafo yaitu, dengan cara menukar posisi trafo antargardu BL031 dan BL033 yang disimulasikan menggunakan program ETAP. Setelah dilakukannya mutasi trafo dengan menggunakan simulasi program ETAP prosentase pembebanan pada gardu BL031 menjadi 34,32% dan *drop* tegangan difasa S jurusan B menjadi 0,88%, sedangkan di gardu BL033 prosentase pembebanannya menjadi 49,02% dan *drop* tegangannya menjadi 6,97% difasa S jurusan B. Dengan melakukan mutasi trafo, trafo yang tersedia dapat digunakan secara optimal guna mengatasi pembebanan trafo rendah dan trafo *overload* meskipun persediaan trafo terbatas.

**Kata Kunci:** Transformator, Pembebanan Transformator, Drop Tegangan, Mutasi Trafo.

### *Management of Distribution Transformer Substation 20 kV Inter BL031 and BL033 Feeder Liligundi Simulation Program Using ETAP*

*Distribution transformer plays an important role in the distribution network to transform electrical power from medium voltage of 20 kV to the low voltage 220/380 V. Therefore, power. Distribution transformer capacity shall be adjusted with the load borne. The inconsistency of transformer capacity with load will result in transformer overload, low transformer loading, and a voltage drop on consumers. In addition, the condition can also be influential to transformer age, low quality and insufficient electric power distribution. One of the problem happened at BL03 substation with capacity 200 kVA where transformer is still low, that is 16,8% and 1,13% voltage drop in the S phase majors B, and BL033 substation with capacity 100 kVA with over load of 96,90% and voltage drop of 11% at phase S majors b. To overcome the problem, a transformer management with transformer mutation by switching transformer position between substation BL03 and BL033 simulated by using ETAP program. Upon transformer mutation by using ETAP simulation program, loading percentage on substation became 34,32% and voltage drop at phase S major B became 0,88%. Meanwhile, loading percentage at substation BL031 became 49,02% and voltage drop became 6,97% at phase S major B. By doing transformer mutation, the available transformer be used optimally to overcome low transformer loading and transformer overload even though transformer supply is low.*

**Key words :** transformer, transformer loading, voltage drop, transformer mutation.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

PT.PLN (Persero) adalah perusahaan penyedia tenaga listrik milik Negara (BUMN) yang ada di Indonesia membawahi PT. PLN (Persero) Distribusi Bali. Dalam pengelolaannya, PT.PLN (Persero) Distribusi Bali dibantu beberapa Rayon yang diantaranya adalah Rayon Singaraja. Sesuai dengan moto pelayanan kelas dunia (*World Class Service*) yang menjadi *icon* perusahaan ini, PT. PLN (Persero) Distribusi Bali dituntut untuk dapat memberikan layanan kepada masyarakat secara maksimal. Layanan maksimal yang dimaksud dalam hal ini adalah dapat memberikan penyaluran tenaga listrik yang berkualitas, berkesinambungan (kontinu) dan andal.

Trafo distribusi berperan penting dalam jaringan distribusi untuk mentransformasikan energi listrik dari tegangan menengah 20 kV ke tegangan rendah 220/380 V. Seiring bertambahnya jumlah penduduk yang membutuhkan tenaga listrik, penggunaan trafo distribusi sebagai penyedia tenaga listrik harus diperhitungkan agar mampu melayani beban yang ditanggungnya.

Apabila trafo kelebihan beban atau *overload* maka kontinuitas penyaluran energi listrik akan terganggu karena umur trafo akan berkurang serta kerusakan trafo akibat panas berlebihan sehingga nantinya perlu dilakukan pemeliharaan yang akan berakibat berhentinya *supply* listrik ke pelanggan.

Demikian pula sebaliknya, jika trafo dengan kapasitas besar dibebani terlalu sedikit, maka PLN sebagai penyedia jasa tenaga listrik akan mengalami kerugian dari segi ekonomis di mana trafo dengan kapasitas besar tersebut seharusnya dapat digunakan untuk menanggung beban yang besar.

Pembebanan trafo distribusi yang diizinkan oleh PLN tidak boleh melebihi 80 % dari kapasitasnya, hal ini akan berakibat terjadinya *overload* (OL) atau *overblast* (OB). Dampaknya di lapangan, terjadi *drop* tegangan di sisi pelanggan pada bagian ujung beban (pelanggan). Menurut regulasi dari PLN (SPLN No. 1 tahun 1995) syarat keandalan sistem adalah salah satunya *drop* tegangan di sisi pelanggan tidak boleh lebih dari +5% - 10% dari tegangan normalnya.

Syarat-syarat keandalan sistem tenaga listrik, antara lain adalah :

1. Prosentase pembebanan tidak lebih dari 80%.

2. *Drop* tegangan disisi pelanggan tidak lebih dari 10%
3. Faktor ketidakseimbangan tidak lebih dari 20%

Merujuk pada syarat keandalan tersebut, penulis mengamati kasus yang terjadi di Penyulang Liligundi, tepatnya pada gardu BL033 dengan kapasitas 100kVA. Berdasarkan hasil pengukuran terukur bahwa prosentase pembebanannya sebesar 96,90%. Tegangan ujung disisi pelanggan pada jurusan B difasa R, S, T secara berturut-turut adalah 225V, 207V, 215V. Berdasarkan data tersebut terdapat bahwa terjadi *drop* tegangan sebesar 11% pada fasa S. Faktor ketidakseimbangan beban bila dihitung sebesar 22,67%, yang artinya sistem dalam kondisi tidak seimbang. Mencermati data hasil pengukuran tersebut terhadap trafo BL033, bahwa trafo BL033 telah terjadi *overload* (OL) atau *overblast* (OB) dan *drop* tegangan melebihi regulasi dari PLN (SPLN No. 1 tahun 1995) yaitu salah satunya *drop* tegangan disisi pelanggan tidak boleh lebih dari +5% - 10% dari tegangan normalnya. Dalam kondisi seperti ini dikatakan sistem tidak andal.

Disisi lain terdapat adanya trafo pada gardu BL031 dengan kapasitas 200kVA, terbebani relatif kecil, yaitu sebesar 16,80% dengan *drop* tegangan sebesar 1,31% difasa S jurusan B, dan prosentase ketidakseimbangannya sebesar 9,67%.

Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, penulis mencoba melakukan studi analisis terhadap kasus ini dengan cara manajemen trafo melalui mutasi trafo. Penulis mencoba melakukan mutasi trafo dengan cara menukar posisi trafo antar gardu BL031 dan BL033 yang disimulasikan menggunakan program ETAP. Harapannya dapat memberikan solusi alternatif atau masukan kepada pihak PLN terkait kasus ini, sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik khususnya di Penyulang Liligundi.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi awal ke dua trafo (masing-masing trafo) sebelum dimutasi ditinjau dari prosentase pembebanan dan prosentase *droptegangan*nya?
2. Berapa prosentase pembebanan masing-masing trafo tersebut setelah dimutasi?

3. Berapa prosentase terjadinya *drop* tegangan disisi pelanggan masing-masing trafo setelah dimutasi?
4. Berapa prosentase ketidakseimbangan pada trafo BL031 dan BL033?

### 1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kondisi awal ke dua trafo (masing-masing trafo) sebelum dimutasi dan ditinjau dari prosentase pembebanan dan prosentase *drop* tegangannya.
2. Untuk mengetahui berapa prosentase pembebanan masing-masing trafo tersebut setelah dimutasi pada gardu BL031 dan BL033.
3. Untuk mengetahui berapa prosentase terjadinya *drop* tegangan disisi pelanggan masing-masing trafo setelah dimutasi.
4. Untuk mengetahui berapa prosentase ketidakseimbangan beban pada gardu BL031 dan BL033.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1. Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sistem jaringan distribusi sekunder atau sering disebut jaringan distribusi tegangan rendah (JDTR), merupakan jaringan yang berfungsi sebagai penyalur tenaga listrik dari gardu-gardu pembagi (gardu distribusi) ke pusat-pusat beban (konsumen tenaga listrik). Besarnya standar tegangan untuk jaringan ditribusi sekunder ini adalah 127/220 V untuk sistem lama, dan 220/380 V untuk sistem baru, serta 440/550 V untuk keperluan industri. Besarnya tegangan maksimum yang diizinkan adalah 3 sampai 4% lebih besar dari tegangan nominalnya. Penetapan ini sebanding dengan besarnya nilai tegangan jatuh (*voltage drop*) yang telah ditetapkan berdasarkan PUIL 661 F.1, bahwa rugi-rugi daya pada suatu jaringan adalah 15 %. Dengan adanya pembatasan tersebut stabilitas penyaluran daya ke pusat-pusat beban tidak terganggu.

### 2.2. Gardu Distribusi

Pengertian umum gardu distribusi tenaga listrik yang paling dikenal adalah suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan

Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V). Konstruksi gardu distribusi dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan peraturan Pemda setempat.

### 2.3. Transformator

Transformator adalah sebuah alat magnetoelektrik yang sederhana, andal, dan efisien untuk mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat lain. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Prinsip kerja dari transformator adalah daya listrik dari kumparan primer ke kumparan sekunder dengan perantaraan *flux magnet* (garis gaya magnet) yang dibangkitkan oleh aliran listrik yang mengalir melalui kumparan primer. Untuk dapat membangkitkan tegangan listrik pada kumparan sekunder, *flux magnet* yang dibangkitkan oleh kumparan primer harus berubah-ubah.

### 2.4 Perhitungan Arus Beban Penuh Transformator

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \text{ (VA)}$$

Di mana :

S = daya transformator ( kVA)

V = tegangan sisi primer transformator (V)

I = Arus (A)

Sehingga , untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan persamaan :

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

Dimana :

$I_{FL}$  = Arus beban Penuh (A)

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan sisi sekunder transformator (V)

Menurut Frank D. Petruzella, dalam menghitung persentase pembebanan suatu transformator dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Rumus untuk menghitung Irata-rata adalah:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3}$$

Dimana :

$I_{rata-rata}$  = rata-rata arus beban (A)

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

$I_r$  = arus fasa R (A)

$I_s$  = arus fasa S (A)

$I_t$  = arus fasa T (A)

### 2.5. Pengertian Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Rendah

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Sesuai dengan standar tegangan yang ditentukan oleh PLN (SPLN), perancangan jaringan dibuat agar jatuh tegangan di ujung diterima 10%.

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\%$$

Dimana :

$V_s$  = tegangan pada pangkal pengiriman

$V_r$  = tegangan pada ujung penerimaan

### 2.6. Ketidakseimbangan Beban

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan dimana :

- Ketiga vektor arus / tegangan adalah sama besar
- Ketiga vektor saling membentuk sudut 120o satu sama lain

Perhitungan Ketidakseimbangan Beban :

$$I_{rata-rata} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3}$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata, maka koefisien a, b dan c diperoleh dengan :

$$a = \frac{I_R}{I}$$

$$b = \frac{I_S}{I}$$

$$c = \frac{I_T}{I}$$

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

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

### 2.7. Manajemen Trafo

Manajemen trafo adalah cara pengelolaan trafo distribusi yang bertujuan untuk meningkatkan suatu jaringan distribusi yang berkualitas dan handal. Ada beberapa cara dalam melakukan Manajemen Trafo yaitu dengan cara :

- Menukar transformator atau mutasi transformator (*change*) antar gardu yang mengalami *overload* dan pembebanan rendah yang sudah terpasang.
- Mengalihkan sebagian beban (daya terpasang) yang dipikul Transformator yang telah mengalami *overblast* ke Transformator terdekat yang masih memungkinkan untuk dapat memikul beban tambahan (Split beban).
- Menyisipkan transformator baru diantara transformator yang telah mengalami *overblast* dengan beban yang paling ujung (sisi pelanggan).

### 2.8. Mutasi Trafo

Mutasi trafo adalah salah satu cara pengelolaan trafo-trafo distribusi yang terpasang di jaringan dalam upaya mengatasi ketidaksesuaian kapasitas trafo dengan beban, dengan cara menukar trafo yang terpasang antara gardu satu dengan gardu yang lainnya.

Tujuan pelaksanaan mutasi trafo antara lain untuk:

- Mencegah terjadinya kerusakan trafo akibat trafo *overload*
- Meningkatkan mutu pelayanan
- Meningkatkan kualitas keandalan dalam penyaluran energi listrik
- Menjaga keselamatan umum dan lingkungan
- Memperkecil kerugian

### 2.9. ETAP

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan *software fullgrafis* yang dapat digunakan sebagai alat analisa untuk mendesain dan menguji kondisi secara *offline* dalam bentuk modul simulasi, *monitoring* data operasi secara *real time*, simulasi sistem secara *real time*, optimasi, manajemen energi sistem dan simulasi *intelligent load shedding*. Untuk membuat simulasi aliran daya dan hubungan singkat, maka data-data yang dibutuhkan untuk menjalankan program simulasi antara lain :

- Data Transformator
- Data kawat penghantar

- c. Data beban  
d. Data Bus  
- Single line diagram jaringan distribusi

### III ANALISIS

#### 3.1. Analisis

Perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya dapat dibuat tabel perbandingan parameter-parameter sebelum dan setelah dilakukannya mutasi mutasi trafo antara gardu BL031 dan BL033 seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel Rekapitulasi Hasil Perhitungan Gardu Distribusi BL031 dan BL033 Sebelum Dan Setelah Mutasi Trafo

Gardu Distribusi	Kondisi	kVA Trafo	Beban (kVA)	Prosentase Beban (%)	% Drop Tegangan						% Ketidak seimbangan Beban
					Jurusan B			Jurusan C			
					R	S	T	R	S	T	
BL031	Sebelum	200	34,63	17,10	0,43	0,43	0,43	-	-	-	9,67
	Sesudah	100	34,63	34,23	1,3	0,88	0,88	-	-	-	9,67
BL033	Sebelum	100	94,08	98,17	0,8	10,47	5,50	4,07	4,45	2,2	22,67
	Sesudah	200	94,08	49,02	1,28	6,97	4,07	2,2	2,2	0,87	22,67

#### 3.2. Pembebanan Transformator

Perbandingan prosentase pembebanan transformator sebelum dan setelah kegiatan mutasi trafo antar gardu BL031 dan BL033, bahwa prosentase pembebanan setelah dilakukan mutasi trafo pada gardu BL031 dengan kapasitas trafo yang baru sebesar 100 kVA meningkat sebesar 17,13% menjadi 34,23% dari sebelumnya 17,10%, sehingga masalah pembebanan rendah pada trafo BL031 sudah teratasi. Sedangkan prosentase pembebanan setelah mutasi trafo pada gardu BL033 dengan kapasitas trafo baru 200 kVA adalah sebesar 49,02%, menurun sebesar 49,15% dari prosentase sebelumnya sebesar 98,17%. Dengan kapasitas trafo yang baru yaitu 200 kVA, maka masalah *overload* pada gardu BL033 sudah teratasi dimana prosentase pembebanan trafo masih di bawah ketentuan yang berlaku yaitu di bawah 80%. Dengan demikian, besarnya prosentase pembebanan trafo pada gardu BL031 dan BL033 setelah dilakukannya mutasi trafo berada pada kondisi yang ideal yaitu berada pada *range* 40% - 80%.

#### 3.3. Drop Tegangan BL031 Jurusan B

Perbandingan prosentase *drop* tegangan sebelum dan setelah kegiatan mutasi trafo pada gardu BL031. Prosentase *drop* tegangan ujung pada gardu BL031 masih dalam keadaan normal yaitu sebesar 0,43% di fasa S. Lalu setelah dilakukannya mutasi trafo pada gardu BL031 maka prosentase *drop* tegangan mengalami peningkatan sebesar 0,45% mejadi 0,88%. Jadi *drop* tegangan di gardu BL031 jurusan B masih dalam standar yang diijinkan sesuai SPLN No. 1 Tahun 1995.

#### 3.4. Drop Tegangan BL033 Jurusan B

Perbandingan prosentase *drop* tegangan sebelum dan setelah kegiatan mutasi trafo pada gardu BL033.

Prosentase *drop* tegangan ujung pada gardu BL033 di jurusan B dalam keadaan tidak normal atau terjadinya *drop* tegangan yang cukup besar yaitu sebesar 10,47% di fasa S. Jadi *drop* tegangan di gardu BL033 di jurusan B telah melampaui standar yang diijinkan sesuai SPLN No. 1 Tahun 1995. Sesuai dengan regulasi tegangan yang ditentukan oleh PLN, perencanaan jaringan dibuat agar jatuh tegangan atau *drop* tegangan di ujung tidak melebihi dari 10%. Lalu setelah dilakukannya mutasi trafo pada gardu BL033, maka *drop* tegangan pada jurusan B menjadi 6,97%, menurun sebesar 3,5%. Sehingga *drop* tegangan pada gardu BL033 sudah teratasi dan sudah sesuai regulasi tegangan yang di tentukan oleh PLN yaitu di bawah 10%.

#### 3.5. Drop Tegangan BL033 Jurusan C

Perbandingan prosentase *drop* tegangan sebelum dan setelah kegiatan mutasi trafo antar gardu BL031. Prosentase *drop* tegangan ujung pada gardu BL033 masih dalam keadaan normal yaitu sebesar 4,45% di fasa S. Lalu setelah dilakukannya mutasi trafo pada gardu BL031 maka prosentase *drop* tegangan mengalami perubahan mejadi 2,2%, menurun sebesar 2,25%. Jadi *drop* tegangan di gardu BL031 jurusan B masih dalam standar yang diijinkan sesuai SPLN No. 1 Tahun 1995.

#### 3.6. Ketidakseimbangan Beban

Prosentase ketidakseimbangan beban sebelum dan setelah kegiatan mutasi trafo antar gardu BL031 dan BL033 tidak mengalami perubahan dikarenakan penulis hanya menganalisis terhadap ketidakseimbangan beban. Prosentase ketidakseimbangan beban setelah dilakukan mutasi trafo pada gardu BL031 dengan kapasitas trafo yang baru sebesar 100 kVA didapatkan hasil yang sama

yaitu sebesar 9,67%, sedangkan prosentase ketidakseimbangan beban setelah dimutasi trafo pada gardu BL033 dengan kapasitas trafo baru 200 kVA didapatkan hasil yang sama yaitu sebesar 22,67%. Dengan demikian, besarnya prosentase ketidakseimbangan beban trafo pada gardu BL033 setelah dilakukannya mutasi trafo sudah melebihi dari faktor ketidakseimbangan beban sebesar 20%.

#### IV Kesimpulan

Dari pembahasan dan analisis yang telah dipaparkan, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Kondisi awal prosentase pembebanan trafo pada gardu BL031 dalam keadaan relatif rendah, yaitu sebesar 16,80% dan *drop* tegangan di jurusan B fasa S sebesar 1,31%. Lalu kondisi awal prosentase pembebanan trafo pada gardu BL033 yaitu sebesar 96,90% dan *drop* tegangan di jurusan B fasa S sebesar 11%.
2. Prosentase pembebanan setelah dilakukan mutasi trafo dengan menggunakan simulasi program ETAP pada gardu BL031 dengan kapasitas trafo yang baru sebesar 100 kVA meningkat sebesar 17,13% menjadi 34,23% dari sebelumnya 17,10%, sehingga masalah pembebanan trafo yang rendah pada trafo BL031 sudah teratasi.
3. Prosentase pembebanan setelah dilakukan mutasi trafo dengan menggunakan simulasi program ETAP pada gardu BL033 dengan kapasitas trafo yang baru 200 kVA adalah sebesar 49,02%, menurun sebesar 49,15% dari prosentase sebelumnya sebesar 98,17%, maka masalah pembebanan trafo yang *overload* pada gardu BL033 sudah teratasi dimana prosentase pembebanan trafo masih di bawah ketentuan yang berlaku yaitu di bawah 80%..
4. Prosentase *drop* tegangan pada gardu BL031 setelah dilakukan mutasi trafo dengan menggunakan simulasi program ETAP di jurusan B fasa S adalah sebesar 0,88% dari sebelumnya sebesar 0,43% meningkat sebesar 0,45%, dan pada gardu BL033 prosentase *drop* tegangan di jurusan B fasa S adalah sebesar 6,97% dari sebelumnya sebesar 10,47% menurun sebesar 3,5%.
5. Prosentase ketidakseimbangan beban pada gardu BL031 setelah dilakukan mutasi trafo dengan menggunakan simulasi program ETAP adalah sebesar 9,67% dan prosentase ketidakseimbangan beban pada gardu BL033 adalah sebesar 22,67%. Dilihat dari hasil prosentase ketidakseimbangan beban sebelum dan setelah simulasi mutasi trafo antar gardu BL031 dan BL033, hasil prosentase ketidakseimbangan beban tidak mengalami perubahan dikarenakan penulis hanya menganalisis terhadap hasil prosentase ketidakseimbangan beban.
6. Trafo dengan kapasitas 100 kVA sesuai dipasang pada gardu BL031, karena daya yang

terpasangnya pada gardu BL031 sebesar 34,63 kVA, sedangkan pada gardu BL033, dengan daya terpasang sebesar 94 kVA sesuai dengan trafo yang berkapasitas sebesar 200 kVA .

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Kadir, *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Jakarta: Universitas Indonesia, 2000.
- [2] Adiaktis Wiras Windaru, “Audit Energi Pada Pendistribusian Listrik di PT. PLN Distribusi APJ X Dengan Metode Manajemen Trafo”, Tugas Akhir, ITS, Surabaya, 2011.
- [3] Eddy Warman, “Pemilihan Dan Peningkatan Penggunaan / Pemakaian Serta Manajemen Trafo Distribusi”, Medan: Universitas Sumatera Utara, 2004.
- [4] Kelompok Kerja Standar Konstruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*, (Jakarta Selatan : PT. PLN (Persero), 2010.
- [5] Kelompok Kerja Standar Konstruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, *Buku 3 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik*, (Jakarta Selatan : PT. PLN (Persero), 2010.
- [6] PT. PLN(Persero) Jasdik, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*
- [7] PT. PLN (Persero), *Teori Transformator*, PT. PLN (Persero) Pusat Pendidikan Dan Pelatihan (PUSDIKLAT).
- [8] S.J.C. *Power System Analysis (Short-circuit, Load Flow and Harmonic)* Amec, inc. Atlanta, Georgia. 2002.
- [9] SPLN 50:1997 *Spesifikasi Transformator Distribusi 20 kV*, PT. PLN (Persero), 1997.
- [10] Suhadi,dkk. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*, Direktorat Pembina Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [11] Raja Putra Sitepu, “Studi Tata Ulang Letak Transformator Pada Jaringan Distribusi 20 KV Aplikasi PT. PLN Rayon Binjai Timur,” *Jurnal Teknik Elektro USU*, [online], 2014. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/42678/3/Chapter%20II.pdf> (Accessed: 12 May 2015)
- [11] Tentang ETAP (Electric Transient and Analysis Program) Power Station, Laboratorium Sistem Tenaga dan Distribusi Listrik Teknik Elektro Universitas Andalas, [online], 2013, <http://stdelaboratory.blogspot.com/2013/11/tentang-etap-electric-transient-and.html> (Accessed: 17 May 2015)