

Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jatuh Tegangan Pada Trafo Bl 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etap 12.6.0

Partaonan Harahap, Muhammad Adam, Agus Prabowo

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Mukhtar Basri No. 3 Medan, Indonesia
Email: partaonanharahap@umsu.co.id

Abstrak — Pemasangan trafo sisip merupakan salah satu parameter untuk menentuan keandalan sistem tenaga listrik. Sebagai perusahaan yang menjajankan bisnis dibidang kelistrikan. PT. PLN (Persero) Rayon Tanah Jawa berupaya untuk mengurangi trafo yang mengalami beban lebih. Beban lebih pada trafo akan menyebabkan kerusakan trafo. Dengan demikian, diperlukan upaya untuk pemasangan trafo sisip untuk meminimalisir terjadinya beban lebih. Berkurangan tegangan jatuh dari pangkal ke ujung merupaka suatu dampak positif pemasangan trafo sisip dikarenakan panjang jaringan menjadi berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase beban dan jatuh tegangan pada saat trafo sebelum adanya penyisipan dengan sesudah adanya penyisipan. Data yang perlu dipertimbangkan untuk melakukan penyisipan trafo adalah pengukuran beban trafo dan pengukuran tegangan pangkal dengan ujung. Dari hasil perhitungan di peroleh bahwa nilai beban trafo berukurang dari yang 95,99% menjadi 64,54% sedang kan untuk jatuh tegangan pada ujung jaringan dari 190,5 Volt menjadi 206,8 Volt.

Kata kunci: Transformator Sisip, Beban Lebih, Jatuh Tegangan

Abstract — Installation of insert transformers is one of the parameters to determine the reliability of electric power systems. As a company that promises business in the field of electricity. PT. PLN (Persero) Rayon Tanah Jawa strives to reduce the transformer that is experiencing more burden. Overload on the transformer will cause damage to the transformer. Therefore, efforts are needed to install a fixed transformer to minimize the occurrence of overload. Reduced voltage falling from base to end is a positive impact on the installation of a transformer because the length of the network decreases. This research aims to determine the percentage of load and voltage drop during the transformer before insertion with after insertion. Data that needs to be considered for conducting transformer insertion is the measurement of transformer load and base voltage measurement with the tip. From the calculation results obtained that the transformer load value measured from 95.99% to 64.54% while the voltage drop at the end of the network from 190.5 Volt to 206.8 Volt.

Keywords: Insert Transformer, Overload, Falling Voltage

I. PENDAHULUAN

Dari tahun ke tahun, pengguna energi listrik semakin meningkat. Semakin banyak pengguna listrik otomatis permasalahan yang timbul juga semakin banyak. Salah satunya adalah pembebanan transformator distribusi yang sudah melebihi kapasitasnya atau dapat dikatakan transformator mengalami *overload*. Apabila hal ini terjadi, transformator akan dialiri arus yang lebih besar dari arus nominalnya. Hal ini menjadi masalah karena isolasi yang terdapat pada transformator telah disesuaikan dengan arus nominal dari transformator tersebut. Jika keadaan ini berlangsung dalam waktu yang lama maka akan menyebabkan isolasi pada transformator mengalami kerusakan karena panas yang berlebihan yang akan berujung pada rusaknya transformator. Selain hal tersebut, kelebihan beban pada transformator distribusi juga dapat menyebabkan terjadinya *drop* tegangan sepanjang penghantar yang dilaluinya. Untuk mengatasi permasalahan *overload*

tersebut, maka tindakan yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi jarak antara beban dengan trafo distribusinya melalui rekonfigurasi atau pemindahan beban maupun dengan pemasangan transformator sisipan, *uprating* transformator distribusi (meningkatkan kapasitas transformator) maupun mutasi transformator distribusi (transformator yang melayani beban kecil dimutasikan ke transformator yang melayani beban besar dan begitu juga sebaliknya).

Penelitian ini adalah untuk memenuhi salah satu untuk mengetahui nilai persentase pembebanan transformator antara sebelum dan sesudah dilakukannya penyisipan transformator distribusi. Selanjutnya engetahui nilai dan persentase jatuh tegangan antara sebelum dan setelah dilakukannya penyisipan transformator distribusi.

Dalam hal ini terdapat beberapa pokok permasalahan yang perlu dibahas diantaranya mengapa dilakukan penyisipan transformator

distribusi, Berapa persentase pembebanan transformator distribusi BL11 antara sebelum dan setelah dilakukan penyisipan transformator serta berapa persentase pembebanan transformator sisipan BL47, kemudian Berapa persentase jatuh tegangan transformator distribusi BL11 antara sebelum dan setelah dilakukan penyisipan transformator serta berapa persentase jatuh tegangan transformator sisipan BL47.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Transformator atau lebih sering disebut trafo adalah sebuah komponen listrik yang mengubah dan memindahkan arus listrik dari suatu rangkaian listrik atau lebih kerangkaian listrik lainnya dengan tanpa mengubah system frekuensi melalui gandengan magnet dan berdasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik. Transformator banyak digunakan secara luas dibidang tenaga listrik maupun elektronika. Dengan penggunaan transformator dalam system catu daya memungkinkan kita untuk memilih tegangan yang sesuai kebutuhan dan ekonomis. (Kadir,1989)

Dalam perkembangannya tenaga listrik disalurkan dari pusat pembangkit kepusat beban dilakukan dengan saluran transmisi yang begitu panjang. Supaya tegangan yang dibangkitkan pusat pembangkit dapat digunakan pada pusat-pusat beban, maka digunakanlah transformator sebagai alat elektromagnetik yan dapat mengubah tegangan pada tingkat tertentu.

Perubahan energi listrik dari satu tingkat tegangan ke tingkat tegangan yang lain, dilakukan dengan peralatan medan magnet. Transformator terdiri dari 2 kumparan yang digulung pada satu inti besi. Kumparan ini berhubungan secara elektrik, melainkan secara magnetis melalui suatu fluks magnet yang berada didalam inti besi transformator. (hutaaruk,1982)

Salah satu kumparan ini dihubungkan pada sumber energi listrik, kumparan ini disebut kumparan primer. Sedangkan kumparan kedua dihubungkan pada beban dan kumparan ini disebut kumparan sekunder. Jika transformator menerima energi dari tegangan rendah dan mengubah menjadi tegangan yang lebih tinggi, maka ia disebut trasformator penaik (*step up*), dan jika transformator diberi tegangan tertentu lalu ingin mengubahnya menjadi tegangan yang lebih rendah, maka transformator ini dinamakan penurun (*step down*). Setiap transformator dapat dioperasikan sesuai dengan kemampuannya. Jika transformator penaik, maka digunakan untuk menambah tegangan namun jika tranformator transformator penurun dapat digunakan untuk mengurangi tegangan. (Hadi,1994) .

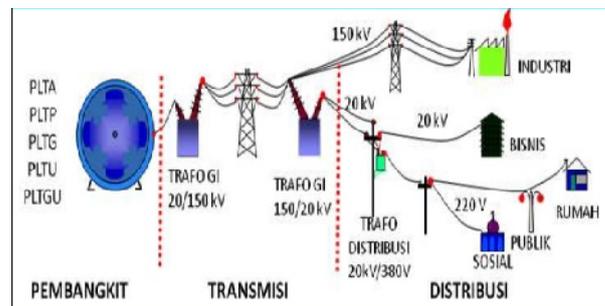
Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

1. pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)
2. merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Dilihat dari teganganya sistim distribusi pada saat ini dapat dibedakan dalam 2 macam yaitu :

- a. Distribusi Primer, sering disebut Sistem Jaringan Tagangna Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20 kV/11,6 kV.
- b. Distribusi Sekunder, sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 400/230 volt.

Tegangan menengah pada gardu induk (GI) melalui saluran distribusi primer, untuk disalurkan kegardu-gardu distribusi (GD) atau pemakai tegangan menengah (TM). Dari saluran ditribusi primer, tegangan menengah (TM) diturunkan menjadi tegangan rendah (TR) 220V/380V melalui gardu ditribusi (GD). Tegangan rendah dari gardu distribusi disalurkan melalui saluran tegangan rendah ke konsumen tegangan rendah



Gambar 1. Skema Sistem Tenaga Listrik

Dari gambar diatas terlihat jelas bahwa arah mengalirnya arus listrik berawal dari pusat tenaga listrik (pembangkit) melalui saluran saluran transmisi dan distribusi sampai pada instalsi pemakai.

A. 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.

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

- a. Jenis pemasangannya :
 - a. Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
 - b. Gardu pasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios
- b. Jenis Konstruksinya :
 - a. Gardu Beton bangunan sipil : batu, beton
 - b. Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol
 - c. Gardu Kios
- c. Jenis Penggunaannya :
 - a. Gardu Pelanggan Umum
 - b. Gardu Pelanggan Khusus

Khusus pengertian Gardu Hubung (GH) adalah gardu yang ditujukan untuk memudahkan manuver pembebanan dari satu penyulang ke penyulang lain yang dapat dilengkapi/tidak dilengkapi RTU (*Remote Terminal Unit*). Untuk fasilitas ini lazimnya dilengkapi fasilitas DC *Supply* dari Trafo Distribusi pemakaian sendiri atau Trafo distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan

B. Macam- macam Konfigurasi Distribusi Primer

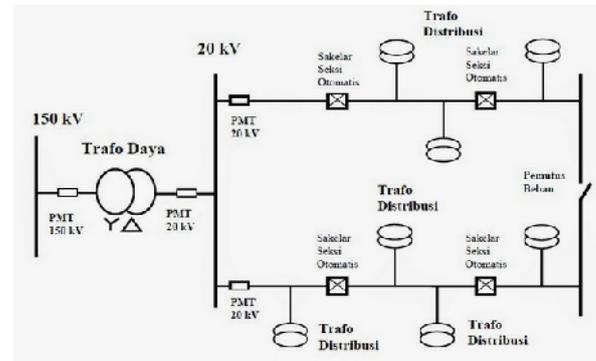
Di dalam merencanakan system distribusi tenaga listrik sangat diperlukan adanya pedoman untuk menetapkan suatu kriteria bagi perencanaan saluran udara tegangan menengah (SUTM) dan tegangan rendah (TR). Jaringan tegangan menengah adalah jaringan tenaga listrik yang berfungsi untuk menghubungkan gardu induk sebagai suplay tenaga listrik dengan gardu-gardu distribusi maupun kepelanggan yang memakai tegangan menengah seperti industri.

C. Jaringan Distribusi Primer menurut Susunan Rangkaian

Susunan rangkaian jaringan distribusi ada beberapa macam diantaranya:

- a. System Radial
- b. System loop
- c. System tertutup/Ring
- d. System spindel
- e. Sistem cluster
- f. System Grid/Network

Umumnya system yang digunakan ada system loop di karnakan bagian-bagian fider tersambung melalui alat pemisah (*disconnectors*), dan kedua ujung fider tersambung pada sumber energy. Jika terjadi gangguan pada fider pertama maka dapat dengan mudah di manuver ke fider yang ke dua



Gambar 2. sistem jaringan transmisi jaringan menengah

D. Prinsip Kerja dan Terminologi Transformator

Prinsip kerja transformator dapat dijelaskan berdasarkan induksi elektromagnetik, dimana antara sisi primer dan sisi sekunder terdapat penghubung magnetik. Gandengan magnet ini berupa inti besi tempat melakukan *fluks* bersama. Medan magnet berperan sangat penting sebagai rangkaian proses konversi energi. Melalui medium medan magnet, bentuk energi mekanik dapat diubah menjadi energi listrik, alat konversi ini disebut generator atau sebaliknya dari bentuk energi listrik menjadi energi mekanik, sebagai alat konversi disebut motor.

Pada transformator, gandengan medan magnet berfungsi untuk memindahkan dan mengubah energi listrik dari rangkaian primer ke sekunder melalui prinsip induksi elektromagnetik. Dari sisi pandangan listrik, medan magnet mampu untuk menginduksikan tegangan pada konduktor sedangkan dari sisi pandangan mekanis medan magnet sanggup untuk menghasilkan gaya dan kopel (penggandeng).

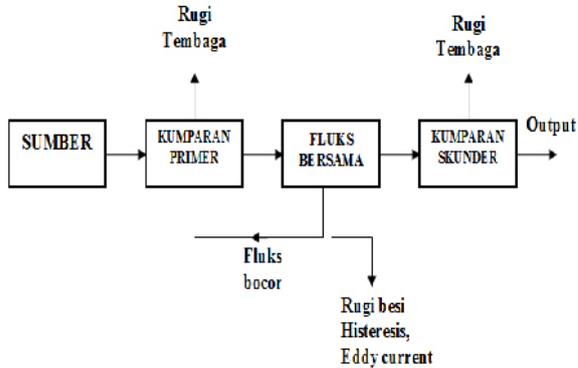
Kelebihan medan magnet sebagai perangkat proses konversi energi disebabkan terjadinya bahan-bahan magnetik yang memungkinkan diperolehnya kerapatan energi yang tinggi, kerapatan energi yang tinggi ini akan menghasilkan kapasitas tenaga per unit volume mesin yang tinggi pula. Jelaslah bahwa pengertian kuantitatif tentang medan magnet dan rangkaian magnet merupakan bagian penting untuk memahami proses konversi energi listrik.

Induktansi, tegangan pada kumparan didefinisikan sebagai perubahan arus terhadap waktu yang melewati kumparan tersebut. Atau ketika terjadi perubahan arus pada kumparan maka terjadi

perubahan fluk magnetik yang menyebabkan terjadinya perubahan induksi tegangan. dimana:

N = jumlah lilitan kumparan

ϕ = fluk magnet



Gambar 3 Blok Diagram Rugi-rugi Pada Transformator

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian : PT PLN (persero) Rayon Tanah Jawa jalan suhimahasar no 21, tanahjawa, pematang siantar. Waktu 07-15 Juli 2018. Metode yang dilakukan dengan cara pengambilan data langsung ke lokasi. Untuk mendapatkan data data gardu BL 11 yang akurat penulis langsung ke lokasi yaitu dengan melakukan pengambilan data sebelum dan setelah dilakukan pemasangan gardu sisip.

3.2 Alat dan Bahan

1. Laptop digunakan untuk pengolahan data, penyimpanan file dan lain lain, dan banyak lagi yang dapat digunakan.
2. Flasdisk Alat ini digunakan untuk menyimpan data/file guna mempermudah pembuatan tugas akhir
3. Hp Alat ini digunakan sebagai media foto, perhitungan, dan banyak lagi yang digunakan pada alat ini
4. Multi Meter dan Tang Ampere Alat ini digunakan untuk pengukuran besarnya arus, tegangan dan hambatan dan masih banyak lagi kegunaannya.
5. Tespen Alat ini digunakan untuk mengetahui apakah ada tegangan yang masuk
6. Perlengkapan APD (Alat Pelindung Diri)

Alat ini digunakan untuk K3 dalam Bekerja.

7. Detektor Fasa

Untuk mengecek urutan fasa

8. Handy talki dan hand phone

Dapat membantu mempermudah berkomunikasi apabila terdapat jaringan yang berjauhan.

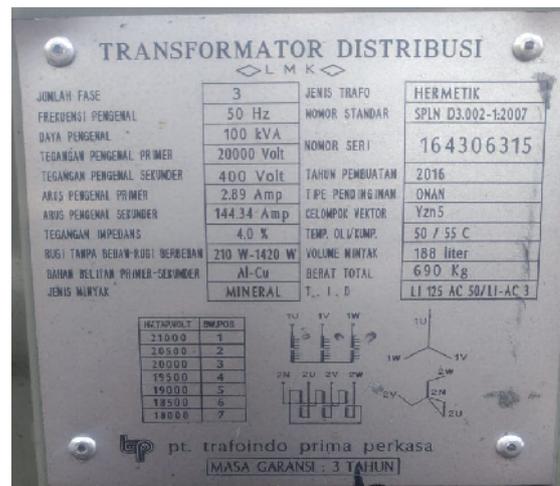
3.3 Data data transformator yang digunakan

Untuk memperoleh data data yang dibutuhkan dalam perhitungan, maka digunakan sebuah transformator tiga fasa dengan data data sebagai berikut :

Data trafo sebelum disisip

Trafo BL 11

Daya	:	100 kVA
Tegangan primer	:	20 KV
Tegangan sekunder	:	400 Volt
Frekuensi	:	50 Hz
Arus primer	:	2,9 Amp
Arus sekunder	:	144.3 Amp
Posisi tap	:	3/5
Cos Φ	:	0,85
Merk	:	trafoindo
Trafo	:	3 fasa



Gambar 4. nameplat trafo

Data trafo sisipan

Trafosisipan BL 47

Daya	:	50 kVA
Tegangan primer	:	20 KV
Tegangan sekunder	:	400 Volt
Frekuensi	:	50 Hz
Arus primer	:	2,9 Amp
Arus sekunder	:	144.3 Amp
Posisi tap	:	3/5
Cos Φ	:	0,85
Merk	:	asata utama electrical
Trafo	:	3 fasa

SIZE KABEL (MM ²)	PHASA			NETRAL
	R (Ohm/Km)	Arus Max (A)	X (Ohm/Km)	Resistansi (Ohm/Km)
2X16	3,08	54	0,188	3,08
2X25	1,95	72	0,138	1,91
2X25+1X25	1,2	130	0,124	1,38
2X35+1X25	0,868	125	0,116	1,38
2X30+1X25	0,611	134	0,106	0,986
3X10+1X20	0,443	106	0,103	0,62
3X25+1X20	0,32	242	0,098	0,42

3.4 Data Pengukuran Gardu Distribusi BL 11 sebelum di Sisip

Gardu BL 11 yang letaknya di daerah silampung balimbingan merupakan gardu portal terdiri dari 2 jurusan. Berdasarkan data pengukuran arus dan tegangan gardu BL 11 pada tanggal 8 Juli 2018 pukul 17.50 WIB, maka didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pengukuran Arus Beban Pada Gardu BL 11 sebelum disisip

Jurusan	Arus di gardu A			
	R	S	T	N
I total	166,8	111,6	135,9	90,3
1	72,3	81,3	57,3	38,2
2	94,5	30,3	78,6	52,1

Tabel 2. Data Pengukuran Tegangan Gardu BL 11 pada pangkal sebelum disisip

Tegangan di Gardu					
R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N
400	399	407	231	229	235

Tabel 3. Data Pengukuran Tegangan Ujung JTR Gardu BL11 sebelum disisip

J	Jarak	Tegangan di ujung JTR (V)					
		R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N
1	225 m	34	341,2	364,8	185,8	174,3	184,2
2	450 m	38	391,8	389,3	195,3	190,1	220,5

Dari data hasil pengukuran gardu tersebut diketahui drop tegangan pada jurusan 1 gardu BL11 sangat rendah, hal ini menyebabkan kualitas tegangan yang sampai ke pelanggan pada jurusan 1 sangat tidak sesuai dengan tegangan standar sistem tegangan rendah

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1. Perhitungan Losses dan Drop Tegangan Gardu Distribusi BL11 dengan Simulasi Etap

Untuk menghitung rugi daya (*losses*) serta drop tegangan pada gardu distribusi BL11 dengan simulasi Etap, diperlukan data-data sebagai berikut:

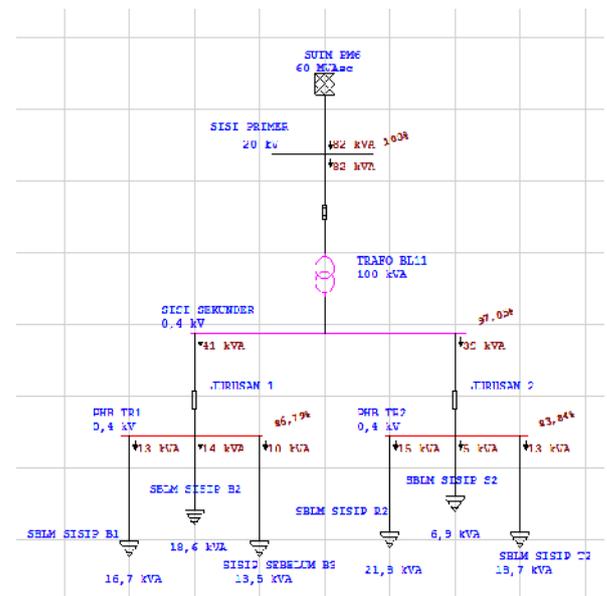
Data Sebelum di lakukan Penyisipan BL 11 :

- SUTM 20 kV
- Bus primer trafo 20 kV
- Trafo BL11 100 kVA
- Bus sekunder trafo 0,4 kV

- Jurusan 1
- Panjang penghantar 225 m
 - Daya terpasang 48,77 kVA
 - Daya terpakai 41 kVA

- Jurusan 2
- Panjang penghantar 450 m
 - Daya terpasang 47,22 kVA
 - Daya terpakai 39 kVA

Setelah data-data tersebut diinput ke dalam aplikasi Etap, kita dapat melihat simulasi rangkaian pada gardu distribusi BL11 seperti gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 5. simulasi pembebanan sebelum dilakukan penyisipan

Sedangkan data P_{lossis} dan drop tegangan pada trafo BL11 dapat kita lihat seperti Tabel 4.1 lossis dan drop tegangan pada trafo BL11

Branch Losses Summary Report

CKI / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bar Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
JURUSAN 1	-0.037	3.000	0.041	0.004	4.1	4.1	86.8	97.1	10.26
JURUSAN 2	-0.033	3.000	0.038	0.005	4.9	4.9	83.8	97.1	11.22
TRAFO BL11	0.081	3.014	-0.079	-0.009	1.8	4.3	100.0	97.1	1.95
					10.9	13.3			

Setelah mendapatkan jumlah daya (kVA) terpakai oleh beban, selanjutnya kita menghitung persentase pembebanan transformator tersebut (% beban) dengan menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ beban} &= \frac{64,44}{100} \times 100\% \\ &= 64,44 \% \end{aligned}$$

Untuk menghitung rugi daya (*losses*) serta drop tegangan pada gardu distribusi BL11 dan BL47 (transformator sisipan) dengan simulasi Etap. Dikarnakan BL11 telah disisip maka adanya penurunan beban dan pengurangan jarak penghantar.

Setelah Dilakukan Penyisipan

TRAFO BL11	
SUTM	20 kV
Bus primer trafo	20 kV
Trafo BL11	100 kVA
Bus sekunder trafo	400 V

Jurusan 1

Panjang penghantar	125 m
Daya terpasang	29 kVA

Jurusan 2

Panjang penghantar	200 m
Daya terpasang	32 kVA

TRAFO BL47 SISIP

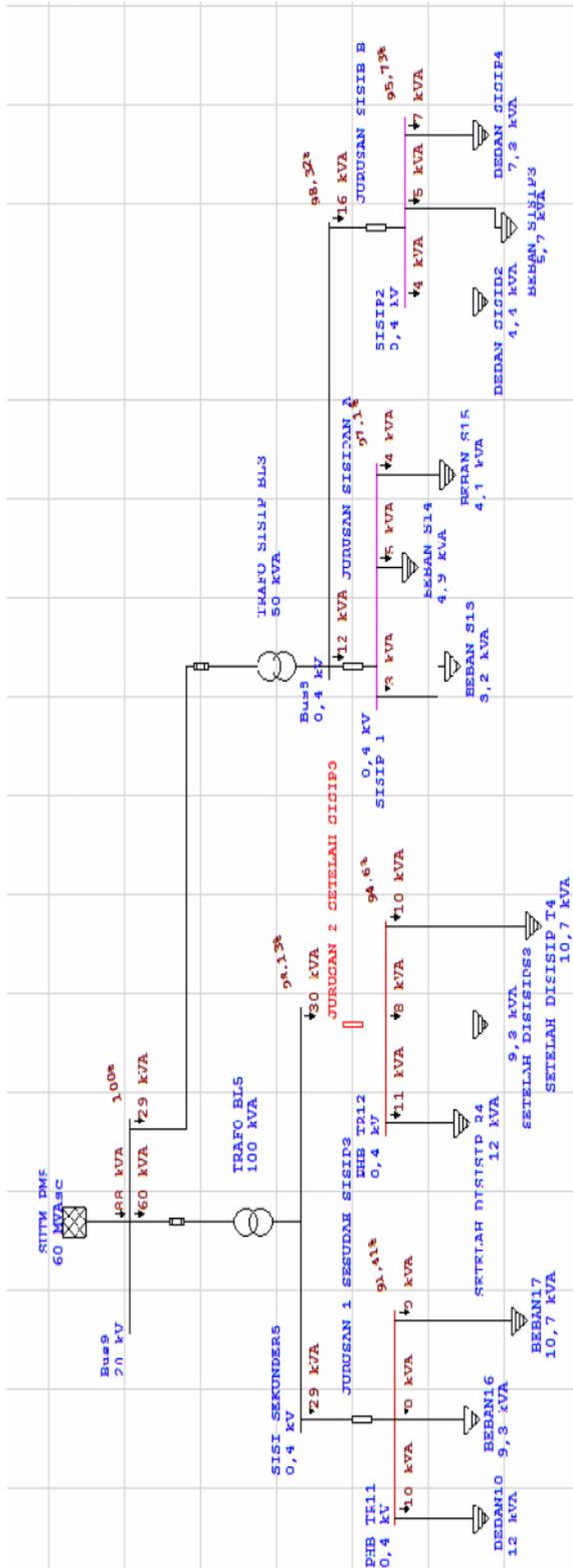
Jurusan A

Panjang penghantar	125 m
Daya terpasang	12 kVA

Jurusan B

Panjang penghantar	200 m
Daya terpasang	16 kVA

Setelah data-data tersebut diinput ke dalam aplikasi Etap, kita dapat melihat simulasi rangkaian pada gardu distribusi BL11 dan BL47 (trafo sisip) seperti gambar sebagai berikut:



Tabel 6. perhitungan losis pada trafo BL11 dan BL43 dan drop tegangan

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow			To-From Bus Flow			Losses			% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	Mvar	MW	Mvar	Mvar	kW	kvar	From	To		
JURUSAN SISIB B	0.016	0.000	0.000	-0.016	0.000	0.000	0.4	0.4	98.3	95.7	2.59	
JURUSAN SISIPAN A	0.012	0.000	0.000	-0.012	0.000	0.000	0.1	0.1	98.3	97.1	1.22	
TRAFU SISIP BL3	-0.028	-0.001	0.002	0.028	0.002	0.002	0.4	1.1	98.3	100.0	1.68	
TRAFU BLJ	0.029	0.000	0.000	-0.028	-0.003	-0.003	1.0	2.4	100.0	95.1	1.87	
JURUSAN 1 SESUDAH SISIP3	-0.027	0.000	0.000	0.029	0.002	0.002	1.9	1.9	91.4	98.1	6.72	
JURUSAN 2 SETELAH SISIP3	-0.029	0.000	0.000	0.030	0.001	0.001	1.0	1.0	94.6	98.1	3.33	
							4.9	7.0				

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pembahasan dan analisa pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Besar beban yang tersisa untuk transformator utama BL 11 sebesar 64,54 kVA dengan kapasitas transformator 100 kVA. Sedangkan beban yang dialihkan ke transformator sisipan sebesar 27,67 kVA dengan kapasitas transformator 50 kVA.
2. Adanya penambahan transformator sisip BL11 berpengaruh terhadap beberapa hal :
 - a. Kondisi pembebanan pada transformator BL 11 mengalami penurunan dari 95,99% menjadi 64,54 %, dengan pembebanan 64,54 % maka transformator tidak lagi mengalami *Overload*.
 - b. Pemasangan transformator sisipan pada transformator distribusi BL11 dapat meningkatkan tegangan ujung. Dari yang bernilai 190,5 Volt menjadi 206 Volt.
 - c. Etap menjadi jurusan 1 menjadi 6,72 % dan jurusan 2 menjadi 3,53 % . Pada ujung beban tentunya masih dalam ketentuan regulasi tegangan PLN.

5.2 Saran

1. Perlunya infeksi transformator untuk meminimalisir terjadinya beban lebih pada transformator, agar kebutuhan listrik di masyarakat dapat diprediksi sedini mungkin.

Berkaitan dengan penempatan transformator sisipan sebaiknya tidak hanya mengandalkan perhitungan saya, namun tetap dilakukan survey lokasi untuk mempertimbangkan dan perkembangan beban untuk beberapa tahun kedepan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fadli,Najmul, “*Analisa Pemasangan Transformator Sisipan Pada Saluran Transformator Distribusi Penyulang Pangutan*”,Universitas Mataram, NTB
- [2] Hakimah,Yusro dan Lisma, “*Perencanaan Pemasangan Gardu Sisip P117 di PT PLN (persero) Area Bangka*”,Universitas Tridinati Palembang,2013
- [3] PT PLN (persero) ”*Pembidangan prajabatamb smk/slta Teknisi Distribusi A1.4.2.50.3. buku. edisi I*”. 2015
- [4] PT PLN (persero) , ” *Standar Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Tegangan Rendah* ”, PT.PLN (persero),jalan tranujaya Blok M-I/135 Jakarta Selatan,2010
- [5] PT PLN (persero),” *kriterisa Desain Enjirig Kontruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*”, PT.PLN (persero),jalan tranujaya Blok M-I/135 Jakarta Selatan,2010
- [6] PT.PLN (Persero),”*Standar Kontruksi Gardu Distribusi Dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*”,PT.PLN(Persero),Jalan Trunajoyo Blok M-1/kebayoran lama,Jakarta Selatan,2010
- [7] PT PLN (PERSERO)EDARAN DIREKSI PT PLN (PERSERO) NOMOR “*SE DIR No 0017 E DIR 2014 Metode pemeliharaan trafo berbasis manajemen aset*”.201
- [8] Rangkuti,taufik,”*Studi Penempatan Transformator Distribusi*”,Medan,2015
- [9] Sarimun,”*wahyudi,Buku Saku Pelayanan Teknik*”,jln Kamboja I No 133 Depok II Tegah kota,Jakarta,2014
- [10] Suryadi,Erbert,” *Perbaikan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Distribusi Sekunder Dengan Penambahan Transformator Baru*”,Politeknik Negeri Medan,2014