

Desain Modul Saluran Distribusi Tegangan Menengah Dan Beban

Rudi Syahputra¹, Yaman², Roudhatul Jannah³

^{1,2,3} *Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280,3 Buketrata 24301 INDONESIA*

¹rudi.syahputra75@gmail.com

²yaman_gayo@ymail.com

³raudhatuljannah154@gmail.com

Abstrak— Dalam proses penyaluran energi listrik dari saluran distribusi tegangan menengah sampai ke pusat beban biasanya mengalami penurunan tegangan yang disebut dengan jatuh (*drop*) tegangan. Hal ini disebabkan karena adanya impedansi pada saluran dan parameter pada beban berupa arus. Tujuan penelitian ini adalah untuk pembuktian perbaikan jatuh tegangan menggunakan saluran distribusi tegangan menengah dan beban yang telah dibuat dengan cara mengatur tegangan kirim, menambah kapasitor pada ujung beban induktif, dan menghubungkan paralel saluran distribusi tegangan menengah. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengujian dan pengukuran untuk mendapatkan nilai parameter jaringan dan jatuh tegangan yang diinginkan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa jatuh tegangan pada kondisi awal 21,06 Volt dengan beban lampu pijar dan 44,2 Volt pada lampu TL. Pada pengujian menaikkan tegangan kirim dari 380 Volt ke 409 Volt dengan beban lampu pijar jatuh tegangan yang diperoleh sebesar 22,23 Volt. Pada pengujian paralel saluran jatuh tegangan sebesar 4,03 Volt dan pada pengujian menggunakan kapasitor 4 μ F dengan beban lampu TL jatuh tegangan sebesar 23,53 Volt.

Kata kunci: *Tegangan Menengah, Beban, Parameter Jaringan, Jatuh Tegangan*

Abstract— In the process of distributing electrical energy from the medium voltage distribution channel to the center of the load, the voltage is usually decreased which is called the voltage drop. This is due to the impedance of the channel and the parameters of the current load. The purpose of this study is to prove the improvement of voltage drop using medium voltage distribution channels and the load that has been made by regulating the send voltage, adding capacitors at the end of the inductive load, and connecting parallel medium voltage distribution channels. The method used in this research is testing and measurement methods to get the value of the network parameters and the desired voltage drop. The measurement results show that the voltage drop in the initial condition is 21.06 Volts with the incandescent lamp load and 44.2 Volts on the TL lamp. In the test increase the sending voltage from 380 Volts to 409 Volts with incandescent lamp loads the voltage obtained is 22.23 Volts. In parallel testing the channel voltage drop is 4.03 Volts and the test uses a 4.03 μ F capacitor with a TL lamp voltage drop of 23.53 Volts.

Keywords: *Medium Voltage, Load, Network Parameters, Voltage drop*

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi daya listrik digunakan untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban. Proses penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban biasanya mengalami penurunan tegangan pada beban, hal ini disebabkan karena terjadinya drop tegangan. Drop tegangan disebabkan oleh parameter pada saluran yang dikenal dengan impedansi saluran yaitu resistansi, induktansi dan parameter beban yaitu arus, ($\cos \varphi$) faktor daya beban. Untuk memperbaiki profil tegangan pada beban dapat dilakukan dengan memparalel saluran, perbaikan faktor daya dan mengatur tegangan sumber.

Jumlah tarikan sambungan rumah (SR) deret yang tidak sesuai standar akan berpengaruh terhadap *losses* (susut daya) yang merupakan kerugian bagi PLN, kerugian di sisi pelanggan akibat penarikan sambungan rumah yang tidak sesuai standar tersebut adalah *drop voltage* (jatuh tegangan) yang membuat pelanggan hanya dapat menikmati listrik dengan tegangan kurang dari 220 Volt. *Drop voltage* ini sangat merugikan pelanggan karena dapat merusak peralatan listrik pelanggan. Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi di lokasi studi kasus diperlukan rencana desain perbaikan

jaringan. Rencana perbaikan jaringan tersebut meliputi perluasan jaringan tegangan menengah 1 fasa, penambahan trafo 1 fasa 50 kVA dan penataan sambungan rumah deret pelanggan [4].

Perlu adanya peningkatan pelayanan terhadap para konsumen tenaga listrik utamanya pada penyaluran Sistem Distribusi Listrik agar tidak terjadi susut energi atau disebut juga *losses* yang akan merugikan konsumen pengguna listrik maupun PT. PLN (Persero) [7].

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen karena data yang digunakan bersumber dari penelitian laboratorium. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah angket (*Kuesioner*). Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif presentase [5].

Hasil evaluasi rugi – rugi daya dan tegangan jatuh pada tiap fasa gardu distribusi M-184 PT. PLN (Persero) Rayon Mariana menunjukkan bahwa arus pada penghantar menjadi penyebab utama rugi – rugi daya. Hal tersebut terlihat pada cabang A yang memiliki panjang penghantar lebih pendek daripada cabang B, namun menghasilkan rugi – rugi daya yang lebih besar. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan penambahan jurusan baru pada gardu distribusi M-184. Dengan penambahan jurusan baru ini, sebagian beban dapat dialihkan ke jurusan baru tersebut untuk mengurangi arus yang mengalir pada penghantar guna memperbaiki kualitas pendistribusian tenaga listrik [6].

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan modul saluran distribusi tegangan menengah dan modul perbaikan drop tegangan yang terjadi pada saluran distribusi berupa beban resistif dan induktif. Hasil yang diharapkan adalah diperoleh desain konstruksi modul saluran distribusi tegangan menengah dan beban yang selanjutnya dapat digunakan untuk pembuktian jaringan distribusi tegangan menengah dan perbaikan profil tegangan.

a. Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Fungsi distribusi tenaga listrik secara umum adalah :

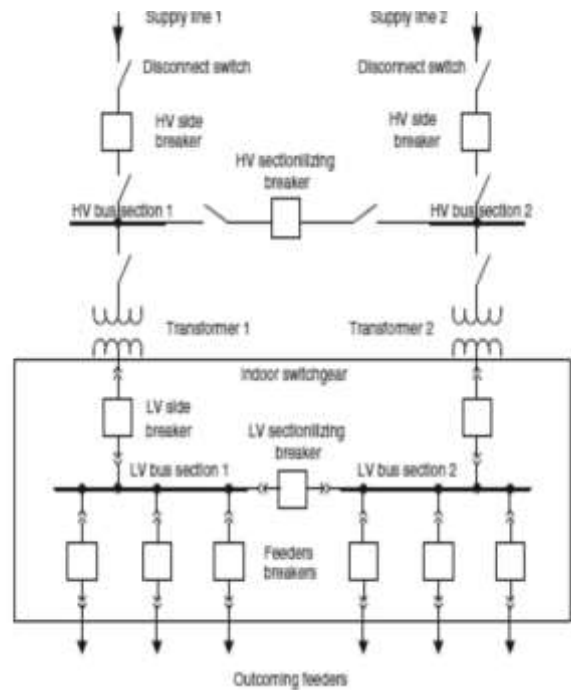
1. Pembangkitan atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik dengan besar tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV , 220 kV, atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir (I^2R). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurunan tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan transformator distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan transformator-transformator step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV,UHV,EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan-perengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada si beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan transformator-transformator step-down. Akibatnya, bila ditinjau ini tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda [13].

b. Jaringan Distribusi Tenaga Listrik



Gambar 1.1 Single Line Diagram Jaringan Distribusi

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti pada Gambar diatas:

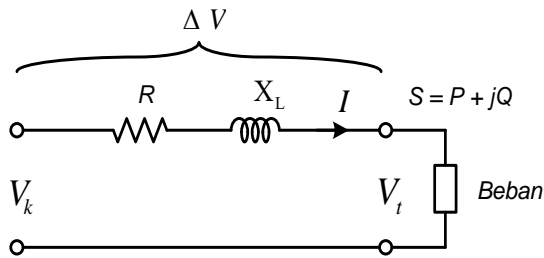
- Daerah I: Bagian pembangkitan (Generation)
- Daerah II : Bagian penyaluran (Transmission), bertegangan tinggi (HV,UHV,EHV);
- Daerah III: Bagian Distribusi Primer, bertegangan menengah (6 atau 20kV);
- Daerah IV: Di dalam bangunan pada beban/konsumen, Instalasi, bertegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi sistem distribusi adalah daerah III dan IV, yang pada dasarnya diklasifikasikan menurut beberapa cara. Dengan demikian ruang lingkup jaringan distribusi adalah:

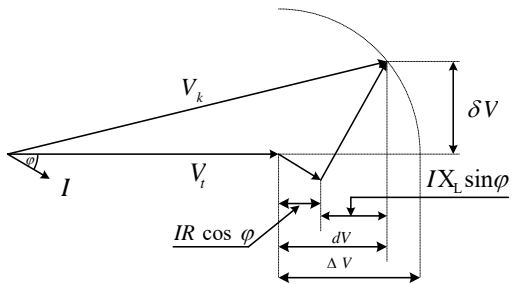
- a. SUTM, terdiri dari : tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya,serta peralatan pengaman dan pemutus.
- b. SKTM, terdiri dari : kabel tanah, indoor dan outdoor termination dan lain-lain.
- c. Gardu Transformator, terdiri dari : transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, arrester, kabel-kabel, transformer band, peralatan grounding, dan lain-lain.
- d. SUTR dan SKTR, terdiri dari : sama dengan perlengkapan/material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya [13].

c. Drop Tegangan

Sistem jaringan distribusi jarak pendek dengan tegangan sampai 66 kV, panjang 50 miles (80,5 km), kapasitansinya dapat diabaikan. Rangkaian ekuivalennya terdiri dari resistansi dan induktansi [18].



Gambar 1.2 Rangkaian Ekvivalen Sistem Distribusi



Gambar 1.3 Diagram Phasor Sistem Distribusi

Secara matematis persamaan tegangannya:

$$V_k = V_t + (IR \cos \phi + IX_L \sin \phi) \tag{1}$$

Keterangan :

V_k = tegangan kirim (Volt)

V_t = tegangan terima (Volt)

I = arus (Amper)

$R = (l \cdot r)$ tahanan penghantar (ohm)

$X_L = (l \cdot x)$ reaktansi penghantar (ohm)

r = tahanan perfasa (ohm/km)

x = reaktansi perfasa (ohm/km)

Susut tegangan :

$$\Delta V = V_k - V_t \tag{2}$$

Maka,

$$\Delta V = IR \cos \phi + IX_L \sin \phi \tag{3}$$

Jika diketahui jarak atau panjang saluran l (km), maka turun tegangan dapat dicari dengan [13]:

$$\Delta V = Il(R \cos \phi + X_L \sin \phi) \tag{4}$$

atau,

$$\Delta V = \frac{RP + X_L Q}{V} \tag{5}$$

Persentase susut tegangan :

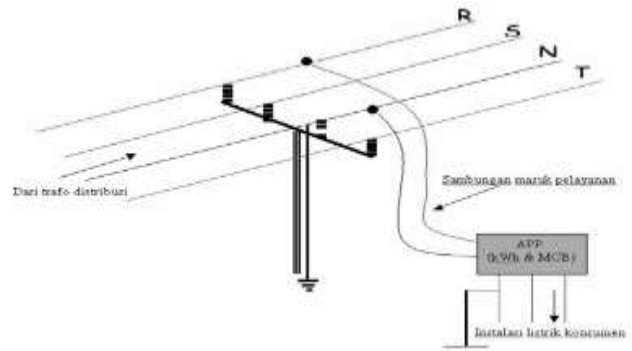
$$\% \Delta V = \frac{V_k - V_t}{V_t} \times 100\% \tag{6}$$

II. METODOLOGI PENELITIAN

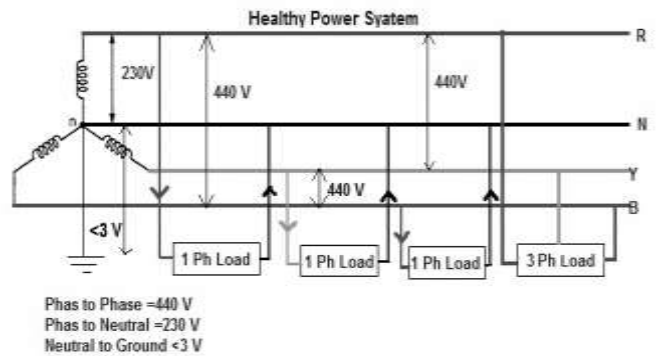
2.1 KONSEP DESAIN

Saluran distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke

konsumen dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Jaringan distribusi tegangan menengah adalah jaringan distribusi yang berada pada sisi primer transformator yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik ke beban-beban yang ada pada konsumen. Pada sistem distribusi tegangan menengah ini, bentuk saluran yang paling banyak digunakan adalah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Saluran distribusi 3 fasa dasar seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.1.

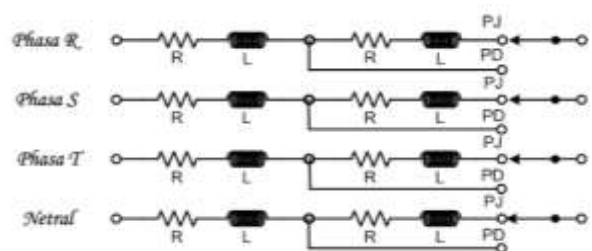


Gambar 2.1 Saluran Distribusi 3 Fasa



Gambar 2.2 Sistem Pembebanan 3 Fasa 4 Kawat

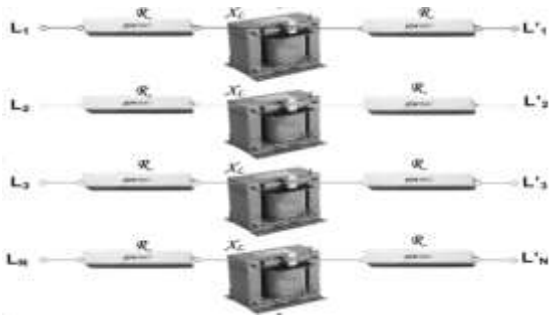
Saluran distribusi tegangan menengah memiliki penghantar fasa dan penghantar netral, rangkain ekivalen impedansi sistem 3 fasa 4 kawat memiliki dua parameter listrik yaitu resistansi dan induktansi, dibuat dengan jarak pendek dan panjang seperti terlihat pada gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Rangkaian Ekvivalen Saluran

Rangkaian ekuivalen impedansi sistem 3 fasa 4 kawat pada gambar 2.3 dapat diganti dengan menggunakan rangkaian ekuivalen induktor inti besi atau transformator. Transformator digunakan sebagai induktansi jaringan (L) dan resistor digunakan sebagai resistansi jaringan yang dihubungkan secara seri.

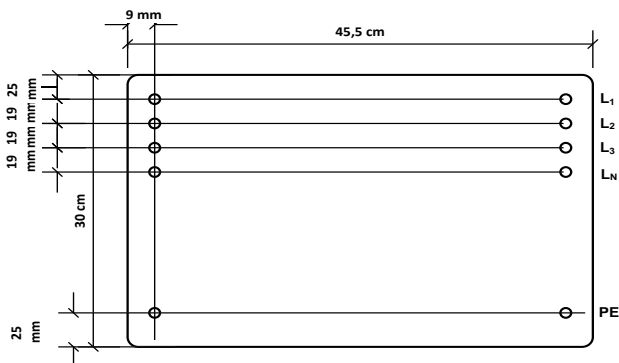
Desain modul dalam penelitian ini terdiri dari 3 induktor fasa yang sama impedansinya dan satu induktor untuk impedansi netral. Induktor dan resistor yang digunakan untuk menggantikan rangkaian ekuivalen impedansi sistem 3 fasa 4 kawat tersebut terlihat pada gambar 2.4.



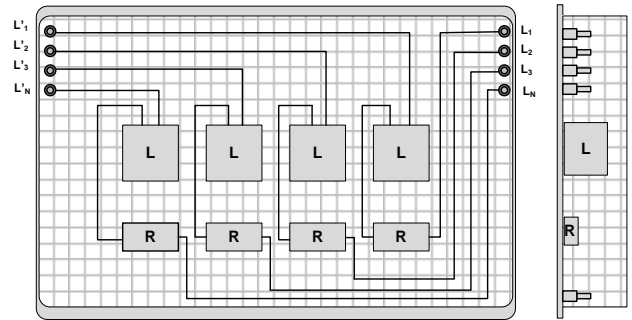
Gambar 2.4 Induktor 3 Fasa dan Netral

2.2 Desain Modul Saluran Distribusi

Desain modul saluran distribusi yang direncanakan dipergunakan untuk saluran distribusi tegangan menengah, menggunakan arcylik sebagai panel depan dengan ukuran tepi atas dengan *safety plug* (atas dengan *safety plug* L₁) 25mm, ukuran tepi samping dengan *safety plug* 9 mm (samping dengan *safety plug* L₁, L₂, L₃), ukuran antara *safety plug* 19 mm (antara *safety plug* L₁dengan L₂, L₂ dengan L₃), ukuran tepi bawah dengan *safety plug* 19 mm (tepi bawah dengan *safety plug* PE), seperti terlihat pada gambar 2.5. Ukuran ini sama dengan untuk modul beban, tujuannya agar dapat di sandingkan dan masuk kedalam bingkai (*frame*). Gambaran modul tampak belakang dan samping, tata letak induktor, resistor serta sambungan kabel ke terminal, terlihat pada gambar 2.6. Gambar arsiran sebagai tutup untuk keamanan modul.

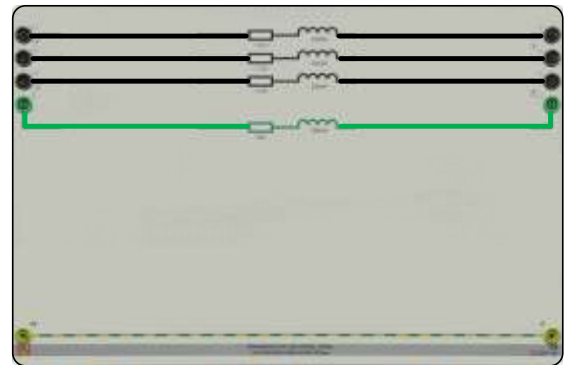


Gambar 2.5. Desain Modul Tampak Depan



Gambar 2.6. Bentuk Fisik Modul Sisi Belakang Dan Tata Letak Komponen

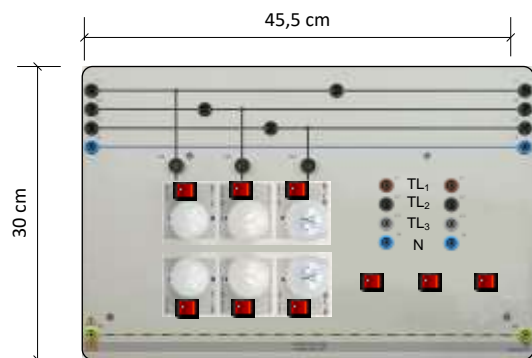
Gambar 2.5 merupakan desain modul saluran distribusi tegangan menengah tampak depan dengan ilustrasi gambar rangkaian ekuivalen saluran distribusi yang direncanakan seperti pada gambar 2.7.



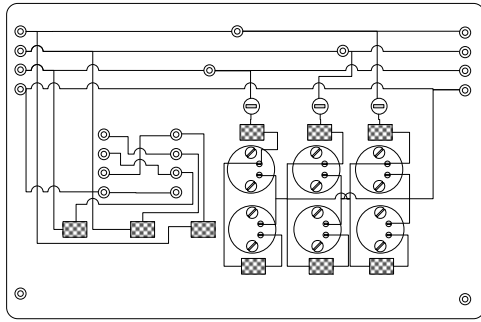
Gambar 2.7 Desain Modul Saluran Distribusi Tampak Depan

2.3 Modul Beban

Modul beban terdiri dari fitting lampu dan lampu, serta di *tambah safety plug banana* untuk beban luar, yang akan digunakan untuk lampu TL. Model beban yang direncanakan dua buah *fitting* seri per fasa dan terminal untuk beban luar, untuk mengaktifkan beban digunakan saklar dengan indikator sebagai tanda on/off beban. Dimensi modul beban untuk trainer saluran distribusi tegangan menengah terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Desain Modul Beban Tampak Depan



Gambar 2.9 Hubungan Pengawatan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran Induktansi Dan Resistansi Pada Induktor

Induktor yang digunakan sekunder transformator adalah induktor dengan intibesi tipe V dengan toleransi 25%, untuk mendapat nilai induktor yang pasti dilakukan pengukuran induktansi dan resistansi pada induktor transformator dengan menggunakan alat ukur RCLmeter, setting RCL meter mode L R Seri dan $Z\angle\theta$ pada frekuensi 50 Hz.

Hasil pengukuran induktansi dan resistansi transformator dengan menggunakan RCL meter sebelum penambahan resistor dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1

Pengukuran induktansi dan resistansi induktor menggunakan RCL meter sebelum penambahan resistor

No	Terminal CT Ke Terminal 30 Volt		Terminal CT Ke Terminal 12 Volt	
	L/mH	R/ Ω	L/mH	R/ Ω
1	107,10	5,44	205,9	9,64
2	79,58	4,07	155,73	7,19
3	101,27	5,11	195,25	9,0
4	78,46	4,49	152,5	7,9
5	60,79	3,66	136,7	6,38
6	97,77	5,01	198,6	8,84
7	69,95	3,50	137,34	6,18
8	83,55	5,70	161,82	10,97
Rerata	84,81	4,62	167,98	8,26

Dari hasil pengukuran resistansi dan induktansi transformator maka dikumpulkan nilai yang terdekat dijadikan satu modul, pengukuran resistansi dan induktansi terbesar dijadikan sebagai saluran netral.

3.2 Pengukuran Dan Perhitungan Parameter Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Dari hasil pengukuran pada tabel 3.1 dilakukan pengukuran kembali pada parameter jaringan yang telah dilakukan penambahan resistor dan selanjutnya dilakukan perhitungan pada parameter jaringan. Perhitungan parameter jaringan dilakukan agar dapat dilakukan perhitungan pada jarak saluran dalam kilo-meter dengan asumsi saluran menggunakan penghantar aluminium AAAC 16 mm²,

berdasarkan impedansi kawat penghantar menurut SPLN 64-1995. Pada parameter jaringan panjang untuk modul satu dan modul dua adalah dua kali dari panjang parameter jaringan pendek.

Tabel 3.2
Pengukuran Parameter Jaringan Pendek Setelah Penambahan Resistor

Saluran	R (Ω)	L (mH)	Z (Ω)	$\angle\theta$
L1	12,200	70,985	25,417	61,350
L2	11,860	70,880	25,240	62,000
L3	12,180	61,578	22,860	57,800
L rerata	12,080	67,814	24,506	60,383

Tabel 3.3
Pengukuran Parameter Jaringan Panjang Setelah Penambahan Resistor

Saluran	R (Ω)	L (mH)	Z (Ω)	$\angle\theta$
L1	21,460	129,230	45,918	62,140
L2	21,550	138,420	48,562	63,670
L3	22,290	120,780	44,008	59,570
L rerata	21,767	129,477	46,163	61,793

Dari hasil pengukuran parameter jaringan pada tabel 3.2, 3.3 maka dilakukan perhitungan parameter jaringan. Untuk menghitung parameter jaringan dapat dilakukan dengan cara;

$$Xl = 2\pi fl$$

Induktansi Induktor,

$$L = 70,985 \text{ mH}$$

$$Xl = 2\pi fl$$

$$Xl = 2.3,14.50.70,985$$

$$Xl = 22,28 \Omega$$

Impendansi saluran ditentukan dengan cara;

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$Z = \sqrt{12,200^2 + 22,28^2}$$

$$Z = 25,420 \Omega$$

Sudut Phasa :

$$\theta = \text{Atan} \left(\frac{X_L}{R} \right)$$

$$\theta = \text{Atan} \left(\frac{22,28}{22,00} \right)$$

$$\theta = 61,318$$

3.3 Perhitungan Panjang Jaringan Pada Modul Saluran Distribusi Tegangan Menengah

Dari hasil perhitungan parameter jaringan pada tabel 3.2, dan 3.3, maka dilakukan perhitungan panjang jaringan yang diambil dari nilai rata-rata induktansi induktor inti besi (tipe V) yang mempunyai toleransi 25%. Kemudian diasumsikan saluran menggunakan penghantar aluminium AAAC 16 mm²

berdasarkan impedansi kawat penghantar menurut SPLN 64: 1985.

Data tahanan (R) dan reaktansi (Xl) penghantar AAAC 20 kV menurut SPLN 64: 1985.

Kabel AAAC SPLN - 64 1985 (16mm ²)	Impedansi (Ohm/Km)	
	R	X _L
	2,0161	0,4036

Data penggunaan beban pada lampu pijar.

Lampu Pijar Eterna	V (Volt)	P (Watt)
	220	25

Data penggunaan beban pada lampu TL.

Lampu TL Philips	V (Volt)	P (Watt)	Cosφ
	220	18	0,37

Panjang Saluran, $P_s = \frac{R_l}{R_s}$

Panjang Saluran, $P_s = \frac{Xl_l}{Xl_s}$

Keterangan;

Ps = Panjang saluran

Xl_l = Induktansi terhitung

Rs = Resistansi terhitung

InduktansiSPLN

R_l = Resistansi SPLN

$P_s = \frac{12,200\Omega}{2,0161 \Omega/Km}$
 $P_s = 6,05Km$

$ps = \frac{22,301 H}{0,4036 H/Km}$
 $Ps = 55,25Km$

$Xl_s =$

Tabel 3.4

Panjang Jaringan Modul Satu

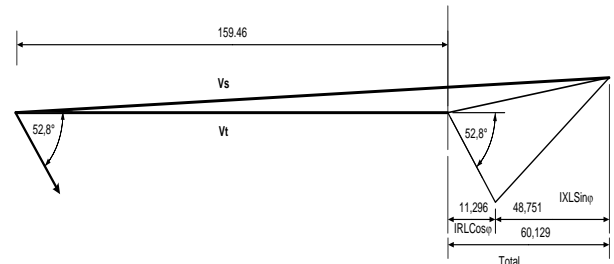
Saluran	Pendek (Km)		Panjang (Km)	
	R	XL	R	XL
L1	6,05	55,25	10,64	100,59
L2	5,88	55,17	11,66	107,75
L3	6,04	47,93	11,93	94,01
L rerata	5,99	52,79	11,41	100,78

Tabel 3.5

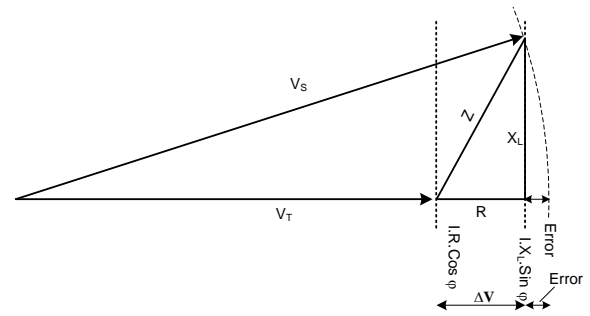
Panjang Jaringan Modul Dua

Saluran	Pendek (Km)		Panjang (Km)	
	R	XL	R	XL
L1	6,74	81,68	12,44	157,03
L2	6,77	71,71	12,21	139,04
L3	6,74	68,96	12,45	133,67

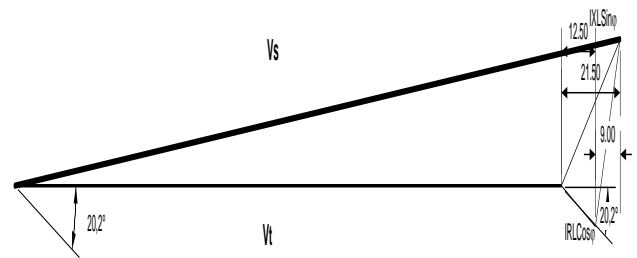
L rerata	6,75	74,12	12,37	143,24
----------	------	-------	-------	--------



Gambar 4.1 Vektor DropTegangan Pada Kondisi Awal



Gambar 4.2 Vektor Drop Tegangan Beban Resistif



Gambar 4.3 Vektor Drop Tegangan Yang Telah Diperbaiki dengan Kapasitor

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pengukuran terhadap modul trainer distribusi jaringan tegangan menengah, maka dapat disimpulkan;

1. Modul saluran tegangan menengah dapat dioperasikan dalam mode panjang atau pendek dengan impedansi rata – rata saluran perphasa dalam mode pendek sebesar 24,885 ∠58,88 Ohm dan 46,762∠60,455 Ohm dalam mode panjang.
2. Modul beban dioperasikan dengan menggunakan beban resistif menggunakan lampu pijar dan beban induktif menggunakan lampu TL, hasil pengukuran drop tegangan untuk;

a. Beban resistif

Drop tegangan pada kondisi awal sebesar 21,06 Volt menggunakan lampu pijar 25 Watt, tegangan terima 354 Volt. Dengan menaikkan tegangan kirim dari 380 Volt ke 409 Volt drop tegangan sebesar 22,23 Volt, tegangan terima 381 Volt. Dengan menghubungkan paralel saluran distribusi drop tegangan 4,03 Volt tegangan terima 376 Volt.

b. Beban induktif

Pada kondisi awal drop tegangan sebesar 44,2 Volt tegangan kirim 382 Volt tegangan terima 325 Volt. Dengan menggunakan kapasitor 4 μ F drop tegangan sebesar 23,53 Volt, tegangan kirim 383 Volt dan tegangan terima 347 Volt.

REFERENSI

- [1] B & K Precision., 2017, " LCR Meter Guide", Yorba Linda, Carlifornia.
- [2] Radial the Next Connexion., 2017, "Banana Plugs Series", Europe.
- [3] Slamet ., 2017, "Materi Instalasi Listrik", UMY.
- [4] Agung Nugroho, dan Eko Setiawan., 2015, "Analisa Perbaikan Losses Dan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Sambungan Rumah Tidak Standar Dengan Simulasi *Software* Etap 7.5.0", Semarang.
- [5] M. Kaanal Miska., 2015, "Simulator Sistem Tenaga Listrik Double Feeder Satu Fasa Sebagai Pendukung Perkuliahan Praktik Sistem Tenaga Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Unnes", Semarang.
- [6] Muhammad Mirwan Setiawan., 2014, "Evaluasi Distribusi Tegangan Rendah Pada Gardu Distribusi Pt. Pln (Persero) Rayon Mariana", Palembang.
- [7] Ratih Novalina Putri, Hari Putranto., 2014, "Analisis Perhitungan Losses Pada Jaringan Tegangan Rendah Dengan Perbaikan Pemasangan Kapasitor".
- [8] David A. Snyder, PE., 2014, "Voltage Drop Calculations", Meadow
- [9] Jonh D'McDonald, Bartosz, Wojszczyk, Byron Flynn, and Ilia Voloh., 2013, "Distribution Systems, Substations and Integrations of Distributed Generation", New York.
- [10] Arief.Wara., 2010, "Fisika Lampu Pijar".
- [11] Kuswanto Hery., 2010, "Alat Ukur Listrik AC (Arus, Tegangan, Daya) Dengan Port Paralel". Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [12] Schneider Electric., 2008, "Connection To the LV Utility Distribution Network", Prancis.
- [13] Suhadi, dkk., 2008, "Teknik Distribusi Tenaga Listrik", Jakarta.
- [14] Vishay., 2007, "Inductance and Tolerance Conversion Tables for Global Part Numbers", Amerika.
- [15] Ahmadi Fali Oklilas., 2007, "Elektronika Dasar", Universitas Sriwijaya.
- [16] Robert B. Northrop., 2005, "Introduction To Instrumentation and Measurements". Francis.
- [17] Estates Drive. Helm., 2004, "Workbook Level 1, Keith Complex Impedance", Mini-Case.
- [18] Basri. H., 1997, "Sistem Distribusi Daya Listrik", ISTN, Jakarta Selatan.
- [19] Gupta, J.B., 1997, "Transmission And Distribution", S.K. Kataria & Son.