

STUDI TATA ULANG LETAK TRANSFORMATOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV APLIKASI PT.PLN (PERSERO) RAYON BINJAI TIMUR

Raja Putra Sitepu, Eddy Warman

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail : sitepu09@students.usu.ac.id

Abstrak

Tata ulang letak transformator khususnya pada jaringan distribusi 20 kV diperlukan guna mengetahui besar tegangan yang ada, masih dalam standar yang ditentukan PT. PLN (Persero), yakni jatuh tegangan tidak lebih dari 5 % sehingga dalam *paper* ini meneliti agar kondisi tersebut dapat tercapai. Letak transformator pada jaringan distribusi memiliki keterkaitan dengan besar jatuh tegangan, semakin jauh letak transformator tersebut maka jatuh tegangan semakin besar. Tegangan listrik merupakan salah satu besaran yang sangat penting diperhatikan, baik dari sisi pembangkitan, penyaluran, maupun distribusi tenaga listrik. Namun, terdapat suatu persoalan, yakni penyaluran tenaga listrik memiliki jarak yang cukup jauh dari Gardu Induk (GI) untuk sampai kepada konsumen tenaga listrik, yang juga tentunya konsumsi energi yang oleh konsumen menimbulkan arus listrik yang cukup besar, sehingga terdapat regulasi tegangan yang relatif cukup besar dari saluran ke konsumen. Memang tidak dipungkiri, pada faktanya terdapat transformator distribusi, tetapi jaraknya cukup jauh dari Gardu Induk (GI) sehingga hal ini membuat terjadi *voltage drop* (jatuh tegangan) yang diterima sisi primer transformator distribusi melebihi dari standar yang ditetapkan sehingga perlu ditata ulang berdasarkan analisa yang akan dilakukan terhadap panjang saluran dari distribusi primer dengan mengatur letak transformator distribusi agar kinerja transformator distribusi sesuai standar yang diizinkan. Dalam hal ini, juga membahas *Power Losses* (Rugi – Rugi Daya) dimana aplikasi penelitian dilakukan pada Gardu Induk (GI) Paya Geli sampai pada transformator distribusi pada PT. PLN (Rayon Binjai Timur) . Setelah dianalisa terdapat terdapat dua transformator distribusi yang mengalami jatuh tegangan yang melebihi standar sehingga perlu di tata letak ulang. Transformator tersebut, yakni dengan nomor gardu LB 30 -1 dari 26,65 kms dari jarak ke gardu induk ditata letak ulang menjadi 26,554 kms, LB 28 – 1 dari 19,95 kms dari jarak ke gardu induk ditata letak ulang menjadi 19,894 kms.

Kata Kunci : transformator distribusi 20KV, jatuh tegangan

1. Pendahuluan

Pada era sekarang ini umumnya letak dari pusat – pusat pembangkit tenaga listrik jauh dari pusat beban salah satu penyebabnya adalah kebutuhan akan energi listrik ini sudah menjadi kebutuhan primer dimana kebutuhan energi listrik terus meningkat sesuai dengan tingkat pertumbuhan penduduk maupun tingkat pendapatan perkapita dari penduduk, sehingga terus diupayakan mencari sumber pembangkit listrik yang pada umumnya letaknya jauh dari pusat beban.

Letak Pusat pembangkit dengan Pusat beban yang jauh sudah tentu mengakibatkan kerugian yang relatif besar dalam penyaluran tenaga listrik. Kerugian yang diperoleh disebabkan oleh saluran pendistribusian tenaga listrik yang cukup panjang yang menimbulkan *Drop Voltage* (Tegangan Jatuh) sepanjang saluran yang dilalui tenaga listrik.

Tegangan sistem diupayakan agar sesuai dengan standar dari PT.PLN (Persero) yakni tegangan jatuh pada saat pembebanan tidak lebih dari 5% yang selanjutnya dilakukan studi tata ulang peletakkan dari transformator dari yang sudah ada terinstalasi pada jaringan sistem distribusi primer.

Dari panjang saluran distribusi mulai dari Gardu Induk baik menuju transformator distribusi maupun mulai dari Transformator Distribusi menuju ke konsumen dapat menyebabkan *Voltage Drop* (Tegangan Jatuh) yang cukup besar dengan kata lain transformator distribusi yang diletakkan terlalu jauh dari konsumen akan menyebabkan *voltage drop* yang besar sehingga tegangan pada konsumen menjadi turun, bila jarak antara transformator terlalu jauh dengan beban yang akan di layani yang besar dan tentu saja menyebabkan kinerja dari transformator distribusi menjadi kurang maksimal. Dengan persoalan ini, oleh

sebab itu diperlukan evaluasi dan rekondisi dengan mempertimbangkan *point – point* perencanaan seperti *Voltage Drop* yang masih dapat di berikan toleransi dan kontinuitas pelayanan listrik yang berdampak optimasi pada jaringan yang dilalui tenaga listrik.

Memang pada transformator distribusi terdapat *tap changer* yang merupakan alat bantu utama dari sebuah transformator yang memungkinkan transformator tersebut mempunyai variasi perbandingan belitan untuk mendapatkan tegangan sekunder tertentu pada saat tegangan primernya berubah.

Akan tetapi, seperti prinsip keteknikan bahwa kriteria suatu peralatan harus terjangkau atau ekonomis dan juga handal merupakan hal yang sangat penting perhatikan. *Tap Changer* dimana pada transformator distribusi menggunakan *off load tap changer* juga mempunyai suatu kekurangan yang harus ditumpu dengan teknik yang mendukung lainnya sehingga didapat perpaduan agar kontinuitas pelayanan listrik tetap terjaga dengan kualitas penyaluran daya yang baik, yakni pengaturan tata letak transformator distribusi yang sesuai.

Adapun yang menjadi kekurangan yang terjadi pada *tap changer* sehingga perlu adanya tumpuan teknik lainnya dalam mengatasi jatuh tegangan ialah karena

1. sering terjadi kerusakan pada beberapa bagian mekanik *tap changer*. Hal ini disebabkan karena pengaruh *tap changer* yang senantiasa selalu bergerak.
2. fenomena – fenomena yang terjadi sering menyebabkan kerentanan *tap changer* terhadap beberapa permasalahan, sehingga *tap changer* memerlukan sistem pengamanan yang lebih.
3. jika terjadi kerusakan parah seperti retakan atau patahan pada *tap changer*, maka perbaikan terhadap *tap changer* akan cenderung susah untuk dilakukan bahkan mungkin *tap changer* harus diganti dengan yang baru. Harga *tap changer* cenderung lebih mahal [1].

Oleh karena itu, perlu diadakan analisa untuk penentuan letak transformator distribusi sehingga dapat dikatakan menjadi saling berkoordinasi dengan *tap changer* dan juga tentunya dengan penentuan letak dari transformator yang dianalisa ini dapat membuat kinerja dari *tap changer* lebih dapat diminimalisasi sehingga kehandalan dari *tap*

changer ataupun *lifetime*-nya menjadi bertambah, sehingga dapat menjadi ekonomis.

Studi tata letak ulang dilakukan pada saluran distribusi primer PT. PLN (PERSERO) Rayon Binjai Timur, sehingga secara penelitian, peneliti membahas persoalan ini yang dikarenakan berdasarkan pengamatan dari peneliti secara sementara berhubung peneliti berdomisili di daerah yang dilayani PT. PLN (PERSERO) Rayon Binjai Timur, tegangan jatuhnya melebihi 5% sehingga harapan kedepannya dapat diaplikasikan oleh PT. PLN (PERSERO) khususnya Rayon Binjai Timur.

Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah dengan membuat analisa dan perhitungan rugi – rugi dan tegangan jatuh pada penyulang (*Feeder*) yang kemudian disesuaikan dengan perhitungan berdasarkan *Voltage Drop* (Tegangan Jatuh) yang sesuai standar PT. PLN (Persero), dan upaya untuk mendapatkan hal tersebut adalah diperlukan suatu letak dari saluran yang sesuai dengan penempatan dari transformator distribusi.

Sistem distribusi merupakan keseluruhan komponen dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan secara langsung antara sumber daya yang besar (seperti gardu transmisi) dengan konsumen tenaga listrik. Secara umum yang termasuk ke dalam sistem distribusi adalah [2].

1. Gardu Induk (GI)
2. Jaringan Distribusi Primer
3. Gardu Distribusi (Transformator)
4. Jaringan Distribusi Sekunder

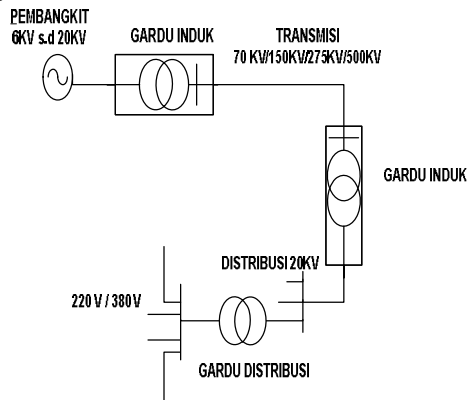
Dalam menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen diperlukan suatu jaringan tenaga listrik. Sistem jaringan ini terdiri dari jaringan transmisi dan jaringan distribusi. Dalam sistem distribusi pokok permasalahan tegangan muncul karena konsumen memakai peralatan dengan tegangan muncul karena konsumen memakai peralatan listrik yang tegangannya sudah ditentukan besarnya. Apabila tegangan sistem terlalu tinggi atau rendah sehingga melewati batas – batas toleransi maka akan mengganggu dan selanjutnya merusak peralatan konsumen.

Jika kita meninjau secara umum, ada empat unsur yang terdapat dalam sistem tenaga listrik, yakni:

- a) adanya unsur pembangkit tenaga listrik yang umumnya tegangan yang dihasilkan berupa Tegangan menengah;
- b) suatu sistem transmisi yang dilengkapi dengan adanya perangkat Gardu Induk, karena jaraknya yang biasa jauh, sehingga kita memerlukan

- penggunaan tegangan tinggi ataupun tegangan ekstra tinggi;
- adanya saluran distribusi, yang biasanya terdiri dari saluran distribusi primer yang dengan tegangan menengah dan saluran distribusi sekunder yang merupakan dengan menggunakan tegangan rendah.
 - adanya unsur pemakai tenaga listrik atau konsumen tenaga listrik baik skala industri dengan tegangan menengah, maupun rumah tangga dengan tegangan rendah [3].

Untuk proses dari Sistem Tenaga Listrik mulai dari pembangkit sampai ke konsumen dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses dari Sistem Tenaga Listrik Mulai dari Pembangkit sampai ke konsumen.

Di Indonesia, tegangan yang dihasilkan Pembangkit tenaga listrik berkisar 6KV s.d 20 KV, kemudian karena letak pembangkit tenaga listrik jauh dari konsumen, maka energi listrik harus diangkut melalui saluran transmisi dengan tegangan yang dinaikkan dengan transformator *step up* menjadi 70 KV, 150 KV, 275 KV dan bahkan untuk tegangan ekstra tinggi 500 KV. Kemudian, setelah mendekati kepada pemakai tenaga listrik, maka tegangan diturunkan dengan tranformator *step down* menjadi tegangan menengah 20 KV yang dilakukan di GI, ini disebut sebagai saluran distribusi primer, kemudian melalui transformator distribusi diturunkan menjadi tegangan rendah, yakni 220/380 Volt yang kemudian disebut sistem distribusi sekunder.

Bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan konsumen adalah sistem distribusi. Juga sistem distribusi adalah bagian sistem tenaga listrik yang paling banyak mengalami gangguan, sehingga masalah utama dalam operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan.

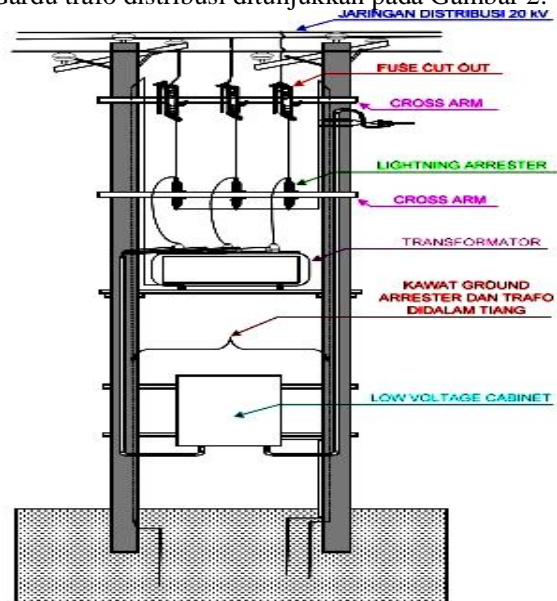
Disamping itu masalah tegangan, bagian – bagian instalasi yang berbeban lebih dan rugi –

rugi daya dalam jaringan merupakan masalah yang perlu dicatat dan dianalisa secara terus menerus, untuk dijadikan masukan bagi perencanaan pengembangan sistem dan juga untuk melakukan tindakan – tindakan penyempurnaan pemeliharaan dan penyempurnaan operasi sistem distribusi.

Gardu trafo distribusi berlokasi dekat dengan konsumen. Transformator dipasang pada tiang listrik dan menyatu dengan jaringan listrik. Untuk mengamankan transformator dan sistemnya, gardu dilengkapi dengan unit-unit pengaman. Karena tegangan yang masih tinggi belum dapat digunakan untuk mencatu beban secara langsung, kecuali pada beban yang didesain khusus, maka digunakan transformator penurun tegangan (*step down*) yang berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah 20kV ke tegangan rendah 400/230Volt. Gardu trafo distribusi ini terdiri dari dua sisi, yaitu : sisi primer dan sisi sekunder. Sisi primer merupakan saluran yang akan mensuplay ke bagian sisi sekunder. Unit peralatan yang termasuk sisi primer adalah :

- Saluran sambungan dari SUTM ke unit transformator (primer trafo).
- Fuse cut out.
- Ligthning arrester.

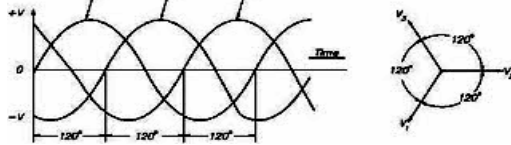
Gardu trafo distribusi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gardu Trafo Distribusi

Pada sistem tenaga listrik tiga fasa, idealnya daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan, dan diserap oleh beban semuanya seimbang. Gelombang sistem tiga fasa dapat kita lihat pada gambar 3. Pada tegangan yang seimbang terdiri dari satu fasa yang mempunyai magnitude

dan frekuensi yang sama tetapi antara 1 fasa dengan fasa lainnya berbeda 120° listrik, sedangkan secara fisik mempunyai perbedaan sebesar 60° , dan dapat dihubungkan secara bintang (Y/wye) atau segitiga (delta/ Δ /D).



Gambar 3. Sistem Tiga Fasa

Gambar tersebut menunjukkan fasor diagram dari tegangan fase. Bila fasor – fasor tegangan tersebut berputar dengan kecepatan sudut dan dengan arah berlawanan jarum jam (arah positif), maka nilai maksimum positif dari fase terjadi berturut – turut untuk fase V_1 , V_2 , dan V_3 . Sistem ini dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan fasa a – b – c. Sistem tiga fasa ini dibangkitkan oleh generator sinkron 3 fasa.

Untuk sumber tegangan yang sinusoidal satu fasa juga menghasilkan daya sesaat yang sinusoidal dengan frekuensi dua kali dari frekuensi sumbernya maka persamaan 1 berikut dapat diaplikasikan pada setiap fasa dalam suatu sistem tiga fasa yang seimbang.

$$P = VI \cos \phi - VI \cos (2\omega t - \phi) \text{ Watt} \quad (1)$$

Satu – satunya perubahan yang diperlukan adalah adanya pergeseran fasa 120° diantara fasa – fasanya itu. Sesuai dengan hal tersebut, untuk masing – masing fasa dapat ditulis :

$$P_R = VI \cos \phi VI \cos (2\omega t - \phi) \text{ Watt} \quad (2)$$

$$P_S = VI \cos \phi VI \cos (2\omega t - \phi) \text{ Watt} \quad (3)$$

$$P_T = VI \cos \phi - VI \cos (2\omega t - \phi) \text{ Watt} \quad (4)$$

Dengan fasa R dipilih sebagai fasa acuan V_p dan I_p menyatakan nilai – nilai efektif tegangan fasa, dan arus fasanya serta ϕ menyatakan sudut impedansi beban tiga fasa seimbang yang menyerap daya. Jadi daya sesaat keseluruhannya adalah :

$$P = P_R + P_S + P_T \text{ Watt} \quad (5)$$

$$P = 3 V_p I_p \cos \phi - V_p I_p [\cos (2\omega t - \phi) + \cos (2\omega t - \phi - 120^{\circ}) + \cos (2\omega t - \phi - 240^{\circ})] \text{ Watt} \quad (6)$$

$$P = 3 V_p I_p \cos \phi \text{ Watt} \quad (7)$$

Untuk suatu sistem tiga fasa yang dihubungkan secara Y, maka :

$$V_1 = \sqrt{3} V_p \text{ Volt} \quad (8)$$

$$I_1 = I_p \text{ Ampere} \quad (9)$$

Untuk suatu sistem tiga fasa yang dihubungkan secara Δ , maka :

$$V_1 = V_p \text{ Volt} \quad (10)$$

$$I_1 = \sqrt{3} I_p \text{ Ampere} \quad (11)$$

Untuk hubungan Y, dengan menggunakan persamaan 6. dan persamaan 7. maka didapatkan :

$$P = 3 \frac{V_p}{\sqrt{3}} I_1 \cos \phi - \sqrt{3} V_1 I_1 \cos \phi \text{ Watt} \quad (12)$$

Untuk hubungan Δ , dengan menggunakan persamaan 1. maka didapatkan :

$$P = 3 \frac{V_p}{\sqrt{3}} I_1 \cos \phi - \sqrt{3} V_1 I_1 \cos \phi \text{ Watt} \quad (13)$$

Tampak bahwa kedua pernyataan diatas menunjukkan bahwa daya dalam suatu sistem tiga fasa adalah sama, baik untuk hubungan Y ataupun Δ bila dayanya dinyatakan dalam besaran – besaran saluran tetapi perlu diingat bahwa ϕ menyatakan sudut impedansi beban perfasa dan bukan sudut antara V_1 dengan I_1 .

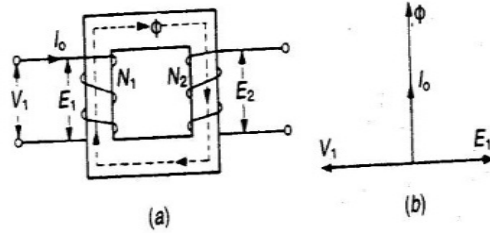
Tujuan dari penggunaan transformator distribusi adalah untuk mengurangi tegangan utama dari sistem distribusi listrik untuk tegangan pemanfaatan penggunaan konsumen. Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator *step-down* 20kV/400V. Tegangan fasa ke fasa sistem jaringan tegangan rendah adalah 380 V. Karena terjadi drop tegangan, maka pada tegangan rendahnya dibuat diatas 380V agar tegangan pada ujung penerima tidak lebih kecil dari 380V.

Transformator ialah suatu alat listrik statis, yang dipergunakan untuk memindahkan daya dari suatu rangkaian ke rangkaian lain, dengan mengubah tegangan, tanpa mengubah frekuensi. Dalam bentuknya yang paling sederhana transformator terdiri atas dua kumparan dan satu induktansi mutual. Kumparan primer adalah yang menerima daya, dan kumparan sekunder tersambung pada beban. Kedua kumparan dibelit pada suatu inti yang terdiri atas material magnetik yang berlaminasi[4].

Landasan fisik transformator adalah induktansi mutual (timbang bailik) antara kedua rangkaian yang dihubungkan oleh suatu fluks magnetik bersama yang melewati suatu jalur dengan reluktansi rendah.

Gambar konstruksi transformator tersebut dapat kita lihat pada gambar 4(a) dan untuk vektor diagramnya sendiri seperti yang ditunjukkan gambar 4(b).

Bila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 yang sinusoidal maka akan mengalir arus primer I_0 yang juga sinusoidal dan dengan menganggap belitan N_1 reaktif murni maka I_0 akan tertinggal 90° dari V_1 .



Gambar 4 (a). Gambar konstruksi transformator tanpa beban
(b). Gambar vektor diagram transformator tanpa beban

Arus primer I_0 menimbulkan fluks yang sefasa dan juga berbentuk sinusoidal. Fluks sinusoidal ini akan menghasilkan tegangan induksi (Hukum Faraday)

Regulasi tegangan berdasarkan ialah persen tegangan jatuh dari saluran (contohnya pada penyulang) dengan mengacu pada penerimaan akhir tegangan [3].

Efisiensi pada transformator pada prinsipnya ialah perbandingan dari masukan dengan keluaran dari transformator distribusi tersebut.

2. Metodologi Penelitian

Salah satu cara dari perbaikan tegangan yang dilakukan adalah dengan memindahkan jarak transformator distribusi yang terlalu jauh dari gardu induk. Ini dilakukan karena letak beban terlalu jauh dari gardu induk sehingga penempatan transformator distribusi pun ikut jauh dari gardu induk sehingga dengan pembebanan yang terlalu jauh dan pula pembebanan semakin besar maka tegangan jatuh yang terjadi sepanjang saluran distribusi primernya pun bertambah besar dengan melewati batas yang diijinkan. Oleh karena itu perlu dilakukan peninjauan kembali letak transformator agar tidak terjadi tegangan jatuh yang cukup besar pada sistem distribusi primer tenaga listrik.

Besar arus fasa yang dapat diperoleh pada sisi primer transformator distribusi ,dapat diketahui rumus :

$$I_{phasa} = S / (3 V_{L-L}) \tag{14}$$

Dimana :

I_{phasa} = Besar arus Fasa (Ampere)

S_{in} = Besar kVA saluran (kVA)

V_{LL} = Besar tegangan jala – jala (Volt)

Total resistansi distribusi primer dari gardu induk sampai pada sisi primer transformator

$$R_{total} = R_{utama} L_{utama} + R_{sub utama} L_{sub utama} + R_{lateral} L_{lateral} \tag{15}$$

Induktansi total saluran distribusi primer dari gardu induk sampai pada sisi primer transformator

$$X_{total} = X_{utama} L_{utama} + X_{sub utama} L_{sub utama} + X_{lateral} L_{lateral} \tag{16}$$

Dimana :

R = Besar Tahanan Saluran (Ω /kms)

X = Besar induktansi saluran (Ω /kms)

L = Besar panjang saluran (kms)

Metoda pengambilan data transformator distribusi dilakukan dengan mengambil data hasil ukur tiap – tiap transformator distribusi pada waktu beban puncak dengan menggunakan rumus pendekatan statistik, yakni sebagai berikut:

$$n = N / (N(d)^2 + 1) \tag{17}$$

Dimana :

n = Sample

N = Jumlah Populasi (Jumlah Trafo Distribusi pada GI Paya Geli sampai ke PLN (Persero) Rayon Binjai Timur

d = Derajat kebebasan

dimana : d = 0,1 [5].

Maka, jumlah dari data transformator distribusi yang diambil sebagai sample adalah sejumlah

n = 79 transformator distribusi, untuk N = 371 Transformator distribusi dan d = 0,1.

3. Hasil dan Analisis

Untuk menganalisis tata letak transformator perlu diketahui seberapa besar jatuh tegangan sepanjang saluran distribusi primer melalui data – data sekunder yang diperoleh dari PT.PLN (Persero) mengenai saluran distribusi primer dan transformator yang terpasang. Begitu juga dengan dayanya yang disalurkan dari gardu induk paya geli menuju PT. PLN (Persero) Rayon Binjai Timur untuk dapat melakukan penganalisaan data. Berikut Tabel 1. konstanta jaringan yang digunakan berdasarkan SPLN SPLN 64 Tahun 1985 yang digunakan pada penyulang di Paya Geli, berdasarkan pada luas penampang, impedansi dan kemampuan hantar arusnya.

Tabel 1. Konstanta Jaringan / SPLN 64 Tahun 1985 yang Digunakan pada Penyulang Paya Geli

Luas Penampang (mm ²)	Impedansi (Ω /kms)	KHA (A)
XLPE 240	0,098 + j0,133	553
AAAC 240	0,1344 + j0,3158	585
AAAC 150	0,2162 +j0,3305	425

AAAC 70	0,4608 + J0,3572	155
AAAC 50	0,6452 + J0,3678	210

Untuk transformator dengan kode LB1-1 besar arus fasa pada sisi primer transformator distribusi :

$$I_{\text{fasa}} = \frac{S}{\sqrt{3} V_{L-1}}$$

$$I_{\text{fasa}} = \frac{118 \text{ kVA}}{\sqrt{3} (20 \text{ kV})} = 1,97 \text{ A}$$

Tahanan total saluran distribusi primer dari GI Paya Geli sampai ke sisi primer transformator distribusi ialah :

$$R_{\text{total}} = R_{\text{utama}} L_{\text{utama}} + R_{\text{sub utama}} L_{\text{sub utama}} + R_{\text{lateral}} L_{\text{lateral}}$$

$$R_{\text{total}} = ((0,2162 \Omega/\text{kms} \times 7,31 \text{ kms}) + (0,4608 \Omega/\text{kms} \times 4,78 \text{ kms}) + 0)$$

$$R_{\text{total}} = 3,78 \Omega$$

Induktansi total saluran distribusi primer dari GI Paya Geli sampai ke sisi primer transformator distribusi ialah :

$$X_{\text{total}} = X_{\text{utama}} L_{\text{utama}} + X_{\text{sub utama}} L_{\text{sub utama}} + X_{\text{lateral}} L_{\text{lateral}}$$

$$X_{\text{total}} = ((0,3305 \Omega/\text{kms} \times 7,31 \text{ kms}) + (0,3572 \Omega/\text{kms} \times 4,78 \text{ kms}) + 0)$$

$$X_{\text{total}} = 4,12 \Omega$$

Jatuh Tegangan pada saluran distribusi primer dari GI Paya Geli sampai ke sisi primer transformator distribusi ialah :

$$\Delta V_{\text{total}} = \Delta V_{\text{utama}} + \Delta V_{\text{sub utama}} + \Delta V_{\text{lateral}}$$

$$\Delta V_{\text{total}} = \sqrt{3} \times I \times (R_{\text{total}} \cos \phi + X_{\text{total}} \sin \phi)$$

$$= \sqrt{3} \times 1,97 \text{ A} \times (3,78 \Omega \times 0,9 + 4,12 \Omega \times 0,44)$$

$$= 17,79 \text{ V}$$

Persentase Jatuh Tegangan pada saluran distribusi dari gardu induk Paya Geli sampai pada sisi primer transformator distribusi pada PT.PLN (Persero) Rayon Binjai Timur

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{L-1}} \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = \frac{17,79 \text{ V}}{20 \text{ kV}} \times 100 \%$$

$$= 0,089 \%$$

Dengan metode analisis yang sama dengan transformator distribusi LB1-1, maka ΔV_{total} uk untransformator LB 30 -1

$$\Delta V_{\text{yang di ijin}} = 5 \% \times 20.000$$

$$= 1000 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{\text{total}} = 1105,56 \text{ volt}$$

Selisih *Voltage Drop* yang harus di kurangi adalah :

$$= 1105,56 \text{ V} - 1000 \text{ V} = 105,56 \text{ V}$$

Oleh karena itu, besar perubahan jarak transformator yang diinginkan adalah :

$$\Delta L = \frac{\Delta V}{\sqrt{3} \times I \times (R \cos \phi + X \sin \phi)}$$

$$\Delta L = \frac{105,56}{\sqrt{3} \times 34,5 \times (15,03 \times 0,91 + 11,62 \times 0,41)}$$

$$\Delta L = 0,096 \text{ kms}$$

Maka jarak transformator setelah mengalami perbaikan jarak adalah :

$$L_2 = L_1 - \Delta L$$

$$= 26,65 \text{ kms} - 0,096 \text{ kms}$$

$$= 26,554 \text{ kms}$$

Begitu juga dengan transformator distribusidengan kode LB 28 - 1

$$\Delta V_{\text{yang di ijin}} = 5 \% \times 20.000$$

$$= 1000 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{\text{total}} = 1059,33 \text{ volt}$$

Selisih *Voltage Drop* yang harus di kurangi adalah :

$$= 1059,33 \text{ V} - 1000 \text{ V} = 59,33 \text{ V}$$

Oleh karena itu, besar perubahan jarak transformator yang diinginkan adalah :

$$\Delta L = \frac{\Delta V}{\sqrt{3} \times I \times (R \cos \phi + X \sin \phi)}$$

$$\Delta L = \frac{59,33}{\sqrt{3} \times 50,13 \times (9,17 \times 0,89 + 8,78 \times 0,46)}$$

$$\Delta L = 0,056 \text{ kms}$$

Maka jarak transformator setelah mengalami perbaikan jarak adalah :

$$L_2 = L_1 - \Delta L$$

$$= 19,95 \text{ kms} - 0,056 \text{ kms}$$

$$= 19,894$$

4. Kesimpulan

Melalui analisis data maka didapat dua kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa data sekunder yang dilakukan peneliti, menggunakan sampel Ditemukan transformator yang besar *Voltage Droponya* pada sisi saluran distribusi primernya lebih dari 5 %. Dimana dalam penelitian ini terdapat dua transformator distribusi yang mengalami hal tersebut , yaitu dengan nomor gardu LB 30 -1 dari 26,65 kms dari jarak ke gardu induk menjadi 26,554 kms, LB 28 - 1 dari 19,95 kms dari jarak ke gardu induk menjadi 19,894 kms
2. Jatuh tegangan pada transformator distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Binjai Timur masih dalam keadaan layak operasi dan tidak perlu dilakukan perbaikan tata letak ulang posisi atau pemindahan jarak transformator distribusi.

5. Daftar Pustaka

- [1] Chapman, Stephen J., 1985, "Electric Machinery Fundamental", Edisi IV, McGraw-Hill, Inc: USA
- [2] Glover, J. Duncan, dkk, 2008, "Power System Analysis and Design", Edisi Keempat, RPK Editorial Services, Inc: USA.
- [3] Gonen, Turan, 1986, "Electric Power Distribution System Engineering", Mc.Graw-Hill, Inc : USA.
- [4] Gnan, Turan, 1988, "Electric Power Transmission System Engineering", Jhon Wiley & Son Inc : Canada.
- [5] Hutauruk, M.Sc., Prof. Ir. T.S., 1996, "Transmisi Daya Electric", Penerbit Erlangga : Jakarta.