

# STUDI PENEMPATAN AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI

Oleh:

Lancar Siahaan <sup>1)</sup>

Michael Purba <sup>2)</sup>

Janter Napitupulu <sup>3)</sup>

Randi Purba <sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2,3,4)</sup>

*E-mail:*

[lp.siahaan28@gmail.com](mailto:lp.siahaan28@gmail.com) <sup>1)</sup>

[Michael.poerbaa@gmail.com](mailto:Michael.poerbaa@gmail.com) <sup>2)</sup>

[jantermh@gmail.com](mailto:jantermh@gmail.com) <sup>3)</sup>

[randipurba@gmail.com](mailto:randipurba@gmail.com) <sup>4)</sup>

## ABSTRAK

Jaringan distribusi pada system tenaga listrik berfungsi sebagai sarana untuk menyalurkan energy listrik yang dihasilkan dari pusat pembangkit ke pusat-pusat beban. System jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi dua yaitu system jaringan distribusi primer dan sisitem jaringan distribusi sekunder. Kedua system tersebut dibedakan berdasarkan tegangan kerjanya. Salah satu problemnya yang timbul pada system distribusi adalah penurunan harga tegangan fider primer, yang disebabkan arus beban yang mengalir pada fider. Penurunan harga tegangan pada fider primer akan mengakibatkan harga tegangan yang diterima oleh kondumen akan bervariasi sesuai dengan variasi harga tegangan fider primer. Variasi harga tegangan pada fider primer adalah konsekuensi dari pada proses tegangan jatuh yang akan langsung dirasakan oleh konsumen, harga tegangan keluaran transformtir distribusi tergantung pada kondisi harga tegangan fider primer tersebut. Untuk mengatasi tegangan jatuh pada fider primer ditempatkan Automatic Voltage Regulator (AVR), yang berfungsi meregulasi tegangan kesistem secara otomatis selama penurunan tegangan suatu system terjadi. Besar toleransi tegangan Automatic Voltage Regulator (AVR) yang digunakan untuk menaikkan tegangan jatuh pada jaringan distribusi sebesar 10% dari harga tegangan jatuhnya. Dengan demikian mutu tegangan pada jaringan distribusi tetap terjaga.

**Kata Kunci : Jatuh Tegangan, Fider, AVR, Transformator.**

## 1. PENDAHULUAN

Sehubungan dengan semakin meningkatnya permintaan akan kebutuhan energy listrik, akibat pertumbuhan pendudukan dan sector industry yang semakin pesat, maka pada system distribusi tenaga listrik dalam melayani daya pusat-pusat beban, banyak timbul permasalahan. Salah satu problem yang timbul adalah perubahan-perubahan harga tegangan pada fider primer yang akan mengakibatkan harga tegangan

fider yang diterima oleh konsumen bervariasi sesuai dengan perubahan harga tegangan fider. Perubahan harga tegangan fider primer adalah dari proses kejatuhan tegangan dan kenaikan tegangan yang berubah-ubah besarnya selama perubahan-perubahan arus beban. Pada keyataan harga tegangan yang diterima oleh para konsumen yang dilayani oleh suatu fider primer tidak sama untuk seluruh konsumen. Konsumen lebih dekat dengan

substation akan memperoleh tegangan pada harga-harga yang diizinkan untuk pemakaian dan tegangan yang diterima konsumen yang berada diujung saluran akan memperoleh harga tegangan dengan penyimpangan yang relative dari harga tegangan yang dianggap mengizinkan untuk pemakaian.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem tenaga listrik merupakan suatu system yang terpadu oleh hubungan – hubungan peralatan dan komponen-komponen listrik seperti generator, transformator, jaringan listrik dan beban listrik yang keandalan [1] dan kinerja berupa stabilitas tegangan sangat diperitungkan dalam penyaluran daya listrik. Peranan utama dari suatu system tenaga listrik adalah menyalurkan energy listrik yang dibangkitkan oleh generator ke pelanggan yang membutuhkan energy listrik tersebut.

Fungsi utama dari system distribusi adalah menyalurkan daya listrik ke konsumen. Jadi masalah yang dihadapi dalam suatu system distribusi adalah bagaimana menyalurkan daya listrik ke konsumen dengan sebaik – baiknya untuk masa sekarang dan masa yang akan datang.

Biasanya suatu system distribusi harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Voltage regulation harus selalu dalam keadaan baik (tegangan tidak turun)
2. Gangguan terhadap pelayanan tidak boleh terlalu sering (kontinuitas pelayanan harus selalu baik)
3. Gangguan pelayanan tidak boleh terlalu lama dan daerah yang mengalami gangguan segera diatasi.
4. Biaya harus serendah mungkin

5. Mudah melakukan penambahan saluran.

### Rugi Daya (Power Losses):

Besarnya kerugian daya pada jaringan dengan panjang penghantar (L) meter berlaku rumus :

$$P_L = I^2 \cdot R \cdot L \text{ (watt)}$$

Dimana :  $P_L$  = Kerugian jaringan (watt)

$I$  = Arus yang mengalir pada jaringan (ampere)

$R$  = Resistansi kawat penghantar persatuan panjang untuk satu saluran ( $\Omega$ )

$L$  = Panjang penghantar (m)

Rugi daya adalah besarnya daya yang hilang pada jaringan yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dari sumber daya dikurangi dengan besarnya daya yang diterima pada suatu tempat. Besarnya rugi-rugi pada penghantar ( $I^2R$ ) dipengaruhi oleh resistansi dan arus yang melalui penghantar.

### Penyebab rugi-rugi pada jaringan:-

Penyebab tegangan jatuh yang terbesar pada jaringan ditentukan oleh beberapa hal, diantaranya adalah : Resistansi, Arus beban jaringan.

Resistansi ( $\Omega$ ):-

Penyebab Tegangan jatuh yang diakibatkan oleh adanya resistansi pada pengantar, hal ini dapat dilihat melalui rumus berikut, besarnya resistansi di tentukan dengan :

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ (}\Omega\text{)}$$

Dimana :

$R$  = Resistansi murni (ohm)

$L$  = Panjang pengantar (m)

$\rho$  = Resistansi jenis penghantar ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )

$A$  = Luas Penampang Penghantar ( $\text{mm}^2$ )

Demikian juga, besarnya resistansi dipengaruhi oleh :

1. Bahan pengantar
2. Panjang pengantar

3. Luas penampang penghantar  
Jadi besarnya resistansi tergantung dari panjang penghantar dan luas penghantar tersebut. Resistansi semakin kecil dengan memperbesar penampang atau luas penghantar, karena resistansi berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar

### 3. METODOLOGI PENELITIAN Tegangan Jatuh Pada Jaringan

#### Distribusi:-

Tegangan jatuh (voltage drop) adalah besarnya penurunan tegangan di suatu tempat pada jaringan dibandingkan dengan besarnya tegangan sumber. Arus yang mengalir pada suatu impedansi akan menimbulkan kerugian. Untuk dapat menghitung rugi tegangan ini hal – hal yang perlu diperhatikan adalah :

1. Impedansi dari rangkaian
2. Arus yang mengalir pada rangkaian impedansi
3. Faktor kerja beban dari arus tersebut yang berkaitan dengan beberapa tegangan harus diketahui.

Dalam perhitungannya rugi tegangan ini kita dapat menggunakan dua macam cara, yaitu :

- a. Dengan perhitungan yang menggunakan tegangan ujung kirim yang diketahui atau ujung terima, factor kerja beban arus dan impedansi total dari rangkaian.
- b. Menggunakan diagram dari rugi tegangan terhadap beban untuk bermacam-macam komponen.

Besarnya rugi tegangan dapat dinyatakan dengan suatu

Persamaan :

$$\Delta V = V_s - V_r \text{ (Volt)}$$

Dimana :  $\Delta V =$

Tegangan Jatuh (V)

$V_s =$   
Tegangan Ujung  
Pengirim (Volt)

$V_r =$   
Tegangan Ujung  
Penerima (Volt)

. Hubungan tegangan jatuh antara resistansi dengan reaktansi dapat dilihat pada rumus berikut :

$$\Delta V = I (R \cos\phi + X \sin\phi)$$

Dimana :

$\Delta V =$  Tegangan jatuh (V)

$I =$  Aliran arus pada konduktor (Amp)

$R =$  Resistansi saluran untuk satu konduktor (ohm)

$X =$  Reaktansi saluran untuk satu konduktor (ohm)

$\phi =$  Sudut cosinus beban factor daya

$\cos\phi =$  beban factor daya aktif

Besar tegangan jatuh juga tergantung dari arus beban jaringan. Arus aktif karena beban resistansi tidak dapat diperkecil (tergantung jenis penghantar dan diameter penghantar) kecuali dengan mengurangi beban pada konsumen. Arus kapasitif dapat dikompensasikan dengan beban. Jika arus jaringan besar, maka tegangan jatuh akan semakin besar pula. Pada umumnya, tegangan dari setiap peralatan yang dipakai, yaitu maksimum + 5% dan Minimum – 10% dari tegangan nominalnya masih dalam batas yang diijinkan.

Untuk suatu trafo yang memiliki panjang saluran dari substation sampai trafo B sebesar  $\frac{2}{3}$  panjang saluran ( $\frac{2}{3} L$ ), maka drop tegangan dari substation sub trafo distribusi B dapat ditentukan sebesar :

$$\Delta V = \frac{Sx \frac{2}{3} L (R \cos\phi + X \sin\phi)}{V^2} \times 100$$

Akibatnya terjadi drop tegangan disaluran distribusi maka harga tegangan yang diterima oleh konsumen

di trafo tersebut, yaitu 207 V dan kondisi tegangan pada saat beban ringan yang diterima konsumen yaitu 212V.

### **Perbaikan Kualitas Tegangan Jaringan Distribusi:-**

Perbaikan kualitas tegangan jaringan distribusi biasanya terjadi dikarenakan jaraknya yang jauh antara gardu yang satu dengan yang lainnya.

Akibat jarak yang jauh menyebabkan tegangan jatuh yang mengakibatkan rugi – rugi semakin besar, gejala ini disebut voltage drop atau tegangan jatuh.

Untuk mengurangi tegangan jatuh ini ada beberapa cara, yaitu :

1. Memperkecil resistansi jaringan
2. Mengurangi arus jaringan
3. Menaikkan tegangan sumber

Kebanyakan peralatan listrik dirancang agar bekerja pada tegangan tertentu, dan efisiensi kerja peralatan ini sangat terpengaruh jika tegangan yang dikenakan menyimpang dari harga yang telah ditentukan. Hal ini benar terutama untuk beban rumah tangga seperti lampu pijar dan pemanas listrik. Bila tegangan 90% dari yang seharusnya, keluaran iluminasi dari lampu pijar menjadi 70% dari harga yang seharusnya. Waktu pemanasan dari pemanas listrik kira – kira 120% dari harga normalnya bila dikenai tegangan 90% dari yang seharusnya. Walaupun kerja motor induksi tidak banyak terpengaruh oleh perubahan tegangan seperti halnya lampu dan pemanas, tetapi ada perubahan efisiensi, pemanasan, dan kepesatan yang disebabkan oleh perubahan tegangan. Untuk perbaikan kualitas tegangan digunakan Pengatur Tegangan Pemberi (Feeder Voltage Regulator).

### **Prinsip Kerja Automatic Voltage Regulator:-**

Automotive Voltage Regulator yang digunakan sebagai regulator tegangan otomatis (AVR) dengan berfungsi meregulasi tegangan suatu system jaringan selama terjadi perubahan arus beban, dengan tujuan mempertahankan tegangan system konstan, besar harga ditentukan sebelumnya yang dianggap masih mengizinkan untuk kondisi – kondisi operasi dari segi teknis. AVR yang di tempatkan disubstation dengan berfungsi sebagai regulator tegangan bus, menjaga atau mengontrol tegangan bus selama perubahan – perubahan arus beban yang keluar dari bus tegangan mencegah measuki fider – fider primer, agar tegangan bus konstan pada harga yang ditentukan sebelumnya. AVR yang ditempatkan di substaton yang berfungsi sebagai regulator tegangan fider, dengan tujuan agar tegangan fider primer secara keseluruhan berada pada harga yang masih mengizinnkan. Demikian halnya juga untuk AVR yang ditempatkan pada tempat tertentu di sepanjang bagian fider, bertujuan untuk mempertahankan tegangan bagian fider (sepanjang fider yang dihitung dari lokasi AVR sampai titik ujung fider primer), selama perubahan – perubahan arus beban pada harga yang masih mengizinkan.

### **Koordinasi Penempatan AVR pada Fider Primer:-**

Pemilihan tempat station AVR pada suatu tempat disepanjang fider primer memerlukan beberapa pertimbangan antara lain :

1. Output AVR tidak boleh melewati harga tegangan maksimum fider primer yang mengizinkan untuk pelayanan jika AVR ini bekerja dengan

range regulasi nominalnya (untuk operasi boosting) ataupun tegangan outputnya tidak melewati harga minimum tegangan fider yang mengizinkan untuk pelayanan (untuk operasi bucking). Hal ini adalah berarti bahwa kita perlu memperhitungkan persen regulasi tegangan pada tempat yang akan dipilih.

2. Panjang Fider primer yang akan diregulasi adalah sampai batas tertentu dimana harga tegangan pada batas tersebut (titik regulasi = TR) tidak melewati batas harga minimum tegangan fider primer yang mengizinkan untuk pelayanan, yang diperhitungkan berdasarkan perkembangan beban yang dilayani fider primer hingga batas umum pemakaian AVR. Hal ini berarti bahwa tegangan fider primer pada titik regulasi tidak akan melewati batas minimum tegangan mengizinkan untuk pelayanan hingga akhir umur pemakaian Automatic Voltage Regulator (AVR).
3. Bila fider relatif panjang, maka untuk keperluan regulasi yang lengkap disepanjang fider primer, diperlukan beberapa satuan unit – unit AVR.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Data



Data yang dibutuhkan, di dalam membentuk penempatan Automatic Voltage Regulation (AVR) disaluran distribusi, yaitu :

1. Jenis konduktor yang digunakan di jaringan distribusi, luas penampang yang digunakan konduktor. Dalam pengatur mutu tegangan Pada Jaringan Distribusi 20 KV Aplikasi PTI PLN (Persero) Cabang Binjai jenis konduktor yang digunakan adalah AAAC (All-Aluminium-Alloy Conductor), yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium.
2. Nilai impedansi pada resistansi dan reaktansi, di konduktor tersebut yaitu :  $0,2250 + 3,3305 \Omega/\text{Km}$ .
3. Jarak penghantar yang dibutuhkan antara gardu induk sampai Automatic Voltage regulation (AVR) Binjai jarak dari AVR Binjai sampai ke AVR Kuala.
4. Ration trafo arus
5. Ratio trafo tegangan
6. Tegangan jatuh pada beban yang merata tiap saluran
7. Beban total saluran

Untuk penyaluran daya ke daerah – daerah beban di Binjai dan sekitarnya, Kuala dan sekitarnya, dan daerah bahorok, digunakan sebuah fider primer utama yaitu BN-4 yang keluar (out going) dari gardu induk Binjai.

Gambar 1. Konfigurasi Penyulang Bendi BN-4 Binjai

Keterangan:



Pada gardu induk Binjai digunakan trafo tenaga dengan 60 MVA 3 $\phi$ , 150 km/20 KV, hubungan delta/bintang, yang dilengkapi sadapan beban yang dapat mengatur tegangan  $\pm$  10%. Dengan system penyaluran secara sederhana dapat dilihat pada gambar diatas.

Dari Gambar 1. dapat diketahui data sebagai berikut :

1. Jenis konduktor saluran = AAAC
2. Penampang konduktor (Bottle Neck) = 150 mm<sup>2</sup> dan 240 mm<sup>2</sup>
3. Dari penampang 150 mm<sup>2</sup> di dapat :  
 $R = 0,2250 \Omega/\text{km}$   
 $jX = 0,3305 \Omega/\text{km}$   
 $Z \text{ saluran} = \sqrt{R^2 + X^2} = 0,3998 \Omega/\text{km}$
4. Dari Penampang 240 mm<sup>2</sup> di dapat :  
 $R = 0,1344 \Omega/\text{km}$   
 $jX = 0,3158 \Omega/\text{km}$
5. Base tegangan primer (Vbase) = 20 KV



Gambar 2. Kondisi saluran dari gardu induk sampai AVR Kuala dari Sehingga dapat diketahui :

6. Ratio trafo arus  $\left(\frac{V1}{V2}\right) = a = \left(\frac{\frac{20000}{\sqrt{3}}}{\frac{100}{\sqrt{3}}}\right) = 200$
7. Trafo arus primer = (TAP) = 300 A
8. Beban total saluran (S) = 9 MVA  
 Factor Daya (Cos  $\phi$ ) = 0,85  
 Langging dan factor daya (Sin  $\phi$ ) = 0,52 Langging

### Penempatan Automatic Voltage Regulation

Penempatan AVR sangat penting, untuk menaikkan tegangan, pada saat terjadinya tegangan jatuh (voltage drop) di jaringan distribusi.

Penempatan AVR pada jaringan distribusi dapat berjarak  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{2}{4}$  dan  $\frac{3}{4}$  dari sepanjang jaringan yang dipergunakan, dimana sebelum penempatan AVR dilakukan maka terlebih dahulu diketahui :

1. Besar tegangan jatuh antara G1 Binjai hingga AVR Kuala
2. Besar tegangan jatuh antara AVR Kuala dengan Bahorok

### Kasus 1

Pada kasus ini sebelum membahas penempatan AVR, maka akan dianalisa dulu tegangan jatuh sebelum disalurkan AVR Kuala, dimana dapat digambarkan dengan Gambar 2. di bawah ini.

1. Panjang saluran dari gardu induk sampai AVR Kuala adalah 50 km yang dibagi berdasarkan luas penampang (A) konduktor, yaitu :

- Luas Penampang (A) = 150 mm<sup>2</sup> AAAC, diketahui :  
Panjang Saluran (L) = 3 km  
Impedansi saluran (Z saluran) = 0,2250 + j 0,3305 Ω/km

2. Luas Penampang (A) = 240 mm<sup>2</sup> AAAC, diketahui :  
- Panjang Saluran (L) = 47 km  
- Impedansi saluran (Z saluran) = 0,1344 + j 0,3158 Ω/km

Dari data – data yang ada maka dapat kita hitung tegangan jatuh dengan beban merata tiap saluran, antara lain adalah :

$$(\Delta V)\% = \frac{Sx\frac{1}{2}xLx(R\cos\phi + X\sin\phi)}{V^2} \times 100\%$$

(Volt)

Dimana :

S = Daya semu (VA)

V = V jala – tegangan jala (nominal) V

R = tahanan perfasa (Ω/km)

L = Panjang saluran distribusi (km)

Maka untuk :

1. L = 3 km, didapat besar tegangan jatuh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} (\Delta V_1)\% &= \frac{9.10^6 x \frac{3}{2} x (0,225 x 0,85 + 0,3305 x 0,52)}{(20.000)^2} \times 100\% \\ &= \frac{13,5.10^6 x (0,19 + 0,17)}{400.10^6} \times 100\% \\ &= 1,215\% \end{aligned}$$

2. L = 47 Km, didapat besar tegangan jatuh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} (\Delta V_2)\% &= \frac{9.10^6 x \frac{47}{2} x (0,1344 x 0,85 + 0,3158 x 0,52)}{(20000)^2} \\ &\times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2115,5.10^6 x (0,11424 + 0,164216)}{4000.10^6} \times 100\% \\ &= 14,7\% \end{aligned}$$

Maka tegangan jatuh total dari gardu induk hingga AVR kuala adalah :

$$\begin{aligned} \Delta V \text{ Total} &= \Delta V_1 + \Delta V_2 \\ &= 1,215\% + 14,7\% \\ &= 15,915\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V \text{ Total} &= \frac{15,915}{100} \times 20000 \\ &= 3183 \text{ V} \\ &= 3,183 \text{ KV} \end{aligned}$$

Jadi tegangan yang mengalir dari gardu induk Binjai sampai AVR Kuala adalah :

$$\begin{aligned} V \text{ Penerima} &= 20 \text{ KV} - 3,183 \text{ KV} \\ &= 16,817 \text{ KV} \end{aligned}$$

Sebelum AVR ditempatkan di Kuala, AVR sudah sipasang terlebih dahulu sekitar penghantar 47 km, misalnya jika tegangan jatuh 17 KV yang akan diregulasi tegangannya, maka dapat diketahui jarak penempatan AVR tersebut, yaitu :

$$\begin{aligned} (\Delta V)\% &= \frac{19,757 \text{ KV} x 17 \text{ KV}}{100} \\ &= 3,35\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\Delta V)\% &= \frac{9.10^6 x \frac{L}{2} x (0,1344 x 0,85 + 0,3158 x 0,52)}{(20000)^2} \\ &\times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3,35\% &= \frac{4,5.10^6 x L x (0,11424 + 0,164216)}{(20000)^2} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3,35\% &= 0,313\% \times L \\ L &= \frac{3,35\%}{0,313\%} \\ &= 10,7 \text{ Km} \end{aligned}$$

## Kasus 2

Perhitungan kenaikan tegangan pada AVR Kuala hingga konsumen di daerah Bahorok dapat dianalisa dengan

menggunakan data – data yang ada dilapangan, yang digambarkan seperti Gambar berikut :



Gambar 3. Kondisi penempatan tegangan yang akan dinaikkan pada gardu hubungan Bahorok

Dari Gambar 3. dapat di ketahui

- :
1. Panjang fider dari gardu induk hingga AVR Kuala adalah 50 km
  2. Panjang saluran dari alat pengatur sampai titik pengatur adalah 100 km – 50 km = 50 km
- Dari data yang dibekirkan maka dapat kita tentukan :
- a. Kenaikan tegangan pada alat ukur (V alat) AVR Kuala
  - b. Penyetelan terbaik untuk rele pengaturan tegangan (RPT)
  - c. Penyetelan terbaik dari Rset dan Xset dari LDC AVR Kuala

Kenaikan Tegangan Pada Alat Pengatur (V alat) AVR Kuala :

Pengaturan kenaikan tegangan AVR Kuala sebesar 10%, sehingga tegangan jatuh dari gardu induk Binjai AVR Kuala dapat dinaikkan, sebesar :

$$\begin{aligned} V \text{ Kenaikan} &= 10\% \times 16,817 \text{ KV} \\ &= 0,1 \times 16817 \text{ v} \\ &= 168,7 \text{ v} \\ &= 16817 \text{ V} + 1681,7 \text{ V} \\ &= 18,498 \text{ KV} \end{aligned}$$

Maka jumlah tap yang dibutuhkan untuk pengaturan kenaikan tegangan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tap} &= \frac{5 \times 32}{8} \times 16,817 \\ &= 3,363 \text{ KV} \\ &= 18,498 \text{ KV} - 3,363 \text{ KV} \\ &= 15,13 \text{ Tap atau 16 Tap} \end{aligned}$$

Dimana untuk beban pada titik alat pengatur (Sp) pada L = 50 Km dari GI adalah :

$$\begin{aligned} Sp &= \frac{100-50}{75} \times 9 \text{ MVA} \\ &= 4,5 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Besar arus pada pengatur adalah :

$$\begin{aligned} Ip &= \frac{Sp}{\sqrt{3V \text{ fasa}}} \\ &= \frac{4,5 \cdot 10^6}{\sqrt{3 \cdot 2 \cdot 10^4}} \\ &= 129,8 \text{ Amp} \end{aligned}$$

Maka besar tegangan jatuh antara AVR Kuala sampai Bahorok adalah :

$$L = 50 \text{ Km, di dapat besar tegangan jatuh sebagai berikut :$$

$$\begin{aligned} (\Delta V)\% &= \frac{9 \cdot 10^6 \times \frac{50}{2} \times (0,225 \times 0,85 + 0,3158 \times 0,52)}{(20000^2)} \\ &\times 100 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{225 \cdot 10^6 \times L \times (0,19125 + 0,17186)}{400 \cdot 10^6} \times 100 \% \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 (\Delta V) &= 20,4 \% \\
 &= \frac{20,4}{100} \times 18498 \\
 &= 3773,5 \text{ KV} \\
 &= 3,7735 \text{ KV}
 \end{aligned}$$

Maka besar tegangan yang diterima pada daerah Bahorok adalah :

$$\begin{aligned}
 V \text{ Penerima} &= 18,498 \text{ KV} - 3,7735 \text{ KV} \\
 &= 14,724 \text{ KV}
 \end{aligned}$$

### Penyetelan terbaik untuk rele pengatur tegangan (RPT)

Dimana tegangan pada titik sasaran pengatur tegangan ( $V_{sp}$ ) adalah 14,724 KV atau 0,7362 pu V (pada base 20 KV) maka :

$$\begin{aligned}
 \text{RPT} &= \frac{v_{fasa}}{v_{trafaso \ tegangan} \times V_{sp}} \\
 &= \frac{\frac{\sqrt{3}}{20000}}{\frac{\sqrt{3}}{20000}} \times 0,7362 \text{ pu V} \\
 &= 0,7362 \text{ pu V}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 \text{RPT set} &= \frac{20000}{\frac{\sqrt{3}}{200} \times 0,7362 \text{ pu V}} \\
 &= 42,504 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{RPT set, pu} &= \frac{48,08}{20000} \\
 &= 0,00212 \text{ pu V}
 \end{aligned}$$

### Penyetelan Rset dan Xset dari LDC AVR Kuala

- a.  $A = 150 \text{ mm}^2$  AAAC

b.  $Z \text{ saluran} = 0,2250 + j 0,3305 \text{ } \Omega/\text{Km}$

- c. Panjang saluran dari lokasi alat pengatur sampai Bahorok adalah  $100 \text{ Km} - 50 \text{ Km} = 50 \text{ Km}$

Maka dapat dihitung impedansinya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Z &= 50 \text{ Km} (0,225 + j 0,3305) \text{ } \Omega/\text{Km} \\
 &= 11,25 + j 16,525 \text{ } \Omega
 \end{aligned}$$

Atau :

$$R = 11,25 \text{ } \Omega$$

$$X = 16,525 \text{ } \Omega$$

Maka penyetingan R set dan X set, dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{R set} = \frac{T_{Ap}}{a} \times R$$

$$\begin{aligned}
 \text{R set} &= \frac{300}{200} \times 11,25 \\
 &= 16,875 \text{ volt}
 \end{aligned}$$

Dan untuk :

$$\text{X set} = \frac{T_{Ap}}{a} \times X$$

$$\begin{aligned}
 \text{X set} &= \frac{300}{200} \times 16,525 \\
 &= 24,787 \text{ volt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{X set up} &= \frac{24,787}{20000} \\
 &= 0,00124 \text{ pu V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{R set up} &= \frac{16,875}{20000} \\
 &= 0,00084 \text{ pu V}
 \end{aligned}$$

**Tabel 1. Data Sistem Jaringan Distribusi AVR Kuala**

No	Besaran	AVR Kuala
1	L saluran	50 Km
2	A saluran	AAAC
3	Z saluran	$0,2250 + j 0,3305 \text{ } \Omega/\text{Km}$
4	Z	$11,25 + j 16,525 \text{ } \Omega/\text{Km}$
5	Tap	300 A
6	A	200 A
7	RPT set up	0,00212 pu V
8	R set up	0,00084 pu V
9	X set up	0,0012 pu V
10	$\Delta V$	3,7735 KV

**Tabel 2.  $\Delta V$  Pada Beberapa Titik Saluran Distribusi PT.PLN (persero) Cabang Binjai**

No	L (Km)	$\Delta V$ (KV)
1	25	1,62
2	50	3,183
3	75	5,208
4	95	6,828
5	100	7,263

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### SIMPULAN

1. AVR ditempatkan pada kota Kuala, sebab di Kuala sudah terdapat pemakaian Listrik (Konsumen)
2. Hasil tegangan jatuh pada saluran distribusi ini, merupakan hasil tegangan jatuh pada panjang saluran distribusi, bukan merupakan tegangan jatuh pemakaian ke konsumen.
3. LDC dapat bekerja apabila RPT merasakan perubahan dari tegangan settingnya melalui CT dan PT, atau RPT tidak akan bekerja meber instruksi ke LDC jika tidak ada perubahan arus beban atau tegangan yang diterima RPT, atau masih sama dengan setting yang ditentukan sebelumnya.

### SARAN

1. Berdasarkan perhitungan tegagnan jatuh, R set dan X set dari kasus 1 dan kasus
2. Sehingga diketahui tegangan pada tiap saluran antara lain :
  - Tegangan dari GI sampai AVR Kuala = 16, 817 KV
  - Tegangan dari AVR Kuala sampai ke ujung saluran (Bahorok) = 14,724 KV

Dimana tiap pembagian saluran mengalami tegangan jatuh rata-rata 3,38 KV yang mengakibatkan tegangan pada sisi distribusi sekunder atau konsumen hanya dapat menerima tegangan  $\pm$  182,7 Volt/rumah tangga. Sementara

beban tiap tahunnya bertambah, maka penulis menyarankan agar pihak PLN lebih memperbanyak penggunaan AVR sehingga drop tegangan lebih sedikit atau pihak PLN harus menambah suplay tegangan, melalui Gardu Induk Binjai.

2. PT.PLN (Persero) Cabang Binjai, hendaknya melakukan penyettingan R set dan X set secara berkala sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan meningkatkan beban selalu bertambah setiap tahunnya, sehingga kontinuitas pelayanan berjalan dengan baik.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. J Napitupulu, Y.Ginting, ML Gaol. Keandalan Peralatan Pengaman Jaringan Distribusi Pada Pt Pln Rayon Medan Timur, Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro 8 (2), 62-72, 2019.
2. Hasan Basri, Jr, 1996 “*Sistem Distribusi Tenaga Listrik*”, edisi Kedua
3. Mc. Graw Edison, 1991, “*Voltage Regulators-32 and CMC Control Installation Information*” edisi pertama.
4. Turan G “*Electric Power Distribution System Engineering*”, Mc Graw – Hill Book Company, 1987, edisi pertama.
5. Turan G, “*Modern Power System Analysis*”. Jhon Wiley & Son, 1982
6. William D. Stevensos, JR “*Element of Power System Analysis*”, Mc Graw – Hill, 1982, edisi keempat.