

# SIMULASI PERBAIKAN KINERJA DAN KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV MELALUI OPTIMASI PADA GARDU HUBUNG

**I Gusti Putu Arka**

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

*Abstrak: Simulasi ini dilakukan untuk memperbaiki kinerja dan keandalan system distribusi dalam hal ini pada suatu penyulang gardu hubung dengan cara optimasi dengan memanfaatkan aplikasi ETAP (Electrical Transient Analisis Program). Daya listrik merupakan kebutuhan pokok manusia dalam kehidupan. Di Indonesia listrik sebagian dilayani oleh Perusahaan Milik Negara (PLN). Dengan semakin banyaknya kebutuhan listrik tersebut mengakibatkan pentingnya pengembangan kapasitas pembangkit dan saluran transmisi/distribusi. Jarak antara pembangkit dengan konsumen sangat jauh maka penyaluran daya listrik dilakukan melalui suatu saluran transmisi yang panjang umumnya berupa saluran udara terbuka. Gangguan-gangguan sering terjadi jika dibiarkan akan menyebabkan terjadinya arus gangguan yang cukup besar dan bisa mengganggu pendistribusian daya listrik ke konsumen. Hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini untuk memperbaiki kinerja dan keandalan sistem distribusi dengan melakukan optimasi penentuan pemasangan optimum kapasitor PT. PLN (Persero) Gardu Hubung diperoleh sebesar 3 x 600 kVAr menggunakan program ETAP sehingga diperoleh tegangan terima dapat diperbaiki sebesar 17,6 kV dan penghematan rugi-rugi daya sebesar 553 kW dan 817 kVAr. Dengan SAIDI dan SAIFI diperoleh tingkat keandalan sebesar 0,7638 (nilai indeks 76%).*

*Kata Kunci: Sistem Distribusi, Kapasitor, Rugi Daya, Tegangan Jatuh*

## Simulation of Distribution System 20 kV Activity and Quality Recovery with Optimization in the Conduction Fuse

*Abstract: This simulation has been done for recovery activity and quality of distribution system 20 kV indeed feeder of transmission with optimization method by using application of ETAP (Electrical Transient Analisis Program). Electric power is main human need in life. In Indonesia, electric can be served by PT PLN (Persero). With more electric need make development of electric capacity and transmission line/distribution are important. Distance between generator and consumer very far, so that transfer electric power is by using a long transmission line, generally is open transmission line. Troubles often appear if disobey it will be make a big trouble current and can be disturb electric distribution to consumers. The result of analysis and determine in this research for recovery activity and quality of distribution system by optimization to determine the optimum location for capasitor of PLN Contact Generator found 3 x 600 kV Ar by using ETAP, so that found receive voltage can be recovery is 17,6 kV and safe power losses is 553 kW and 817 kV Ar. And with SAIDI and SAIFI found mutu grade is 0,7638 (index value 76%).*

*Keywords: Distribution system, capasitor, power losses, drop voltage*

### 1. Pendahuluan

Perkiraan kebutuhan tenaga listrik dihitung berdasarkan besarnya aktivitas dan intensitas penggunaan tenaga listrik. Aktivitas penggunaan tenaga listrik berkaitan dengan tingkat perekonomian dan jumlah penduduk. Dalam penyaluran tenaga listrik dari sumber tenaga listrik ke konsumen yang letaknya berjauhan selalu mengalami terjadinya kerugian berupa rugi-rugi daya dan rugi tegangan. Besarnya rugi-rugi daya dan rugi tegangan pada saluran distribusi tergantung pada jenis dan panjang saluran penghantar, tipe jaringan distribusi, kapasitas trafo, tipe beban, faktor daya, dan besarnya jumlah daya terpasang serta banyaknya pemakaian beban-beban yang bersifat induktif yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan daya reaktif.

Tujuan penelitian ini adalah menghitung jatuh tegangan, rugi-rugi daya, impedansi saluran, dan menentukan letak kapasitor optimum serta menghitung tingkat keandalan sistem dalam SAIDI dan SAIFI pada Gardu Hubung 20 kV. Pemasangan kapasitor dapat mengurangi rugi tegangan dan rugi-rugi daya dengan menentukan jumlah pemakaian dan

menentukan lokasi yang optimum pada saluran distribusi sehingga nantinya akan diperoleh profil tegangan sesuai dengan standar yang diijinkan.

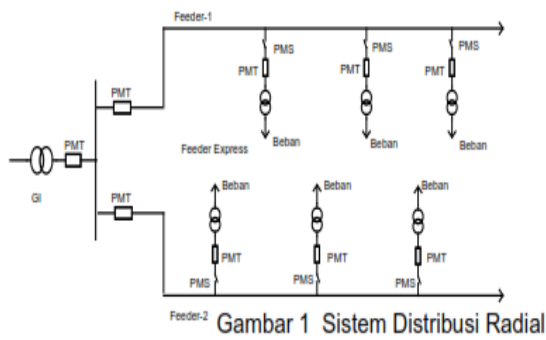
### 2. Metode Penelitian

Dalam sistem distribusi terdapat beberapa bentuk jaring yang umum digunakan dalam menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik [4] :

- a) Sistem Jaringan Distribusi Radial.
- b) Sistem Jaringan Distribusi Rangkaian Tertutup (loop).
- c) Sistem Jaringan Distribusi Spindel.

#### a. Sistem distribusi radial

Disebut sistem distribusi radial adalah karena bentuk rangkaian sistem yang sangat sederhana sehingga secara ekonomis biaya investasi yang dibutuhkan lebih murah di dibandingkan dengan sistem distribusi yang lainnya. Sistem radial ini apabila terjadi gangguan pada saluran maka semua konsumen yang tersambung ke sistem ini akan terputus, atau daerah pemadaman lebih luas dibandingkan dengan sistem loop maupun sistem spindel [4].



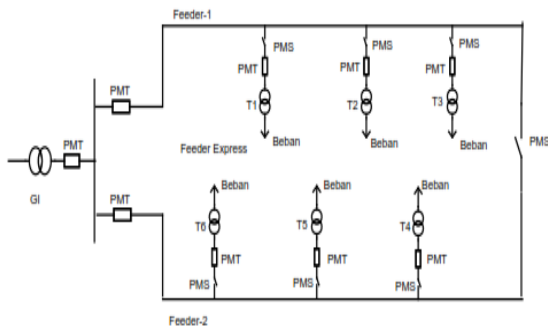
Gambar 1 Sistem Distribusi Radial

Keterangan

- PMT : Pemutus
- GI : Gardu Induk
- PMS : Pemisah
- GD : Gardu Distribusi

**b. Sistem distribusi loop**

Sistem distribusi jenis lup dengan ciri pokoknya adalah saluran utama (penyulang) dimulai dari gardu induk dan berakhir kembali ke gardu induk yang sama. Bentuk yang sederhana dapat diberikan pada Gambar 2 Jaringan distribusi ini memiliki tingkat kehandalan yang lebih baik dibandingkan dengan sistem radial. Alih fungsi penyaluran oleh salah satu sisi penyulang apabila salah satu sisi lainnya mengalami gangguan [4].



Gambar 2 Sistem Distribusi Loop

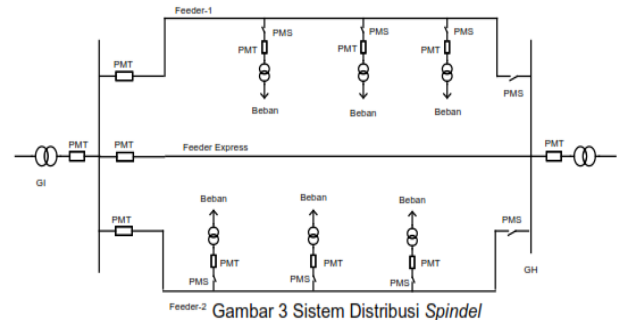
Keterangan

- PMT : Pemutus
- GI : Gardu Induk
- PMS : Pemisah
- GD : Gardu Distribusi
- T : Trafo

**c. Sistem distribusi spindel**

Sistem jaringan jenis ini merupakan perkembangan dari jaringan jenis lup. Dimana perluasan ini berupa penambahan saluran primer (penyulang utama) yang disebut saluran ekspres (Express Feeder) kesemuanya bertemu pada satu titik, dimana titik pertemuan tersebut merupakan sebuah gardu hubung (GH). Dari sistem ini, diharapkan perolehan tingkat kelangsungan pelayanan daya akan lebih baik jika dibandingkan dengan sistem radial ataupun lup. Perbedaan sistem jaringan lup dengan

sistem jaringan spindel yaitu pada sistem jaringan lup, besar ukuran penampang saluran penghantar harus mampu untuk memikul seluruh beban, sedangkan pada sistem jaringan spindel, besar penampang penghantar berdasarkan atas jumlah beban yang paling besar pada saluran utama. Sistem distribusi spindel diberikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Sistem Distribusi Spindel

Keterangan

- PMT : Pemutus
- GI : Gardu Induk
- GD : Gardu Distribusi

**2.1. Jatuh Tegangan (Voltage Drop)**

Terjadinya jatuh tegangan pada saluran di suatu lokasi adalah disebabkan oleh bagian yang berbeda tegangan didalam suatu sistem daya tersebut dan juga dipengaruhi oleh resistansi, reaktansi, dan impedansi pada saluran. Jatuh tegangan pada saluran adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik [5].

Penurunan tegangan terdiri dari dua komponen :

- a. I.Rs yaitu rugi-rugi tegangan akibat tahanan saluran
- b. I.Xl yaitu rugi-rugi tegangan akibat reaktansi induktif saluran

Besarnya rugi tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut:

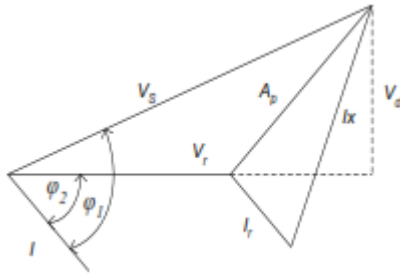
$$\Delta V = I.R \cdot \cos\phi + I.X \cdot \sin\phi$$

$$\Delta V = I \cdot X (1)$$

keterangan:

- $\Delta V$  = Jatuh tegangan(Volt)
- $I$  = Arus yang mengalir (Amper)
- $R$  = Tahanan saluran (Ohm)
- $X$  = Reaktansi (Ohm)
- $\phi$  = Sudut dari factor daya beban
- $Z$  =  $R + jX$ = impedansi saluran

Pada saluran arus bolak-balik besarnya jatuh tegangan tergantung dari impedansi saluran serta beban dan faktor daya. Oleh karena itu perlu diketahui hubungan fasor antar tegangan dan arus serta reaktansi dan resistansi pada perhitungan yang akurat. Hubungan dengan diagram fasor antara tegangan pada sisi pengirim dari sebuah rangkaian dan jatuh tegangan pada ujung penerima ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar4. Diagram Fasor hubungan tegangan dengan R dan X

Selanjutnya rumus jatuh tegangan dan rumus tegangan pada sisi pengiriman ( $V_s$ ) adalah sebagai berikut:

$$V_s = V_r + IR \cos \Phi + IX \sin \Phi$$

$$= V_r + IxZ \tag{2}$$

keterangan:

- $V_s$  = Tegangan kirim (Volt)
- $V_r$  = Tegangan terima (Volt)
- $I$  = Arus yang mengalir (Amper)
- $R$  = Tahanan saluran (Ohm)
- $X$  = Reaktansi saluran (Ohm)
- $\Phi$  = Sudut dari faktor daya beban

**2.2. Rugi Daya (Power Losses)**

Dalam menentukan distribusi beban secara ekonomis diantara stasiun-stasiun dijumpai keperluan untuk mempertimbangkan kehilangan daya dalam saluran-saluran distribusi. Hilang daya (rugi daya) utama pada saluran adalah besarnya daya yang hilang pada saluran, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dari sumber daya yang dikurangi besarnya daya yang diterima pada perlengkapan hubungan bagi utama.

Besarnya rugi daya satu fasa dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta P = I^2 x R \tag{watt} \tag{3}$$

- $\Delta P$  = Rugi daya pada saluran (Watt)
- $I$  = Arus beban pada saluran (Amper)
- $R$  = Tahanan Murni (Ohm)

Untuk rugi-rugi daya pada saluran tiga fasa dinyatakan oleh persamaan :

$$\Delta P = 3 x I^2 x R \tag{Watt} \tag{4}$$

Dengan mengabaikan arus kapasitif pada saluran, maka arus di sepanjang kawat dapat dianggap samadan besarnya adalah sama dengan arus pada ujung penerimanya :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} x V x I x \cos \varphi} \tag{Amper} \tag{5}$$

Besar daya pada tiga fasa adalah:

$$P = \sqrt{3} x V x I x \cos \varphi \tag{Watt} \tag{6}$$

Keterangan:

- $P$  = Daya beban pada ujung penerima saluran (Watt)
- $V$  = Tegangan Fasa (Volt)
- $\cos \varphi$  = Faktor daya beban

**2.3. Impedansi Saluran**

Impedansi ( $Z$ ) terdiri dari Resistansi ( $R$ ) dan Reaktansi ( $X$ ). Impedansi merupakan parameter utama pada suatu saluran transmisi atau distribusi. Kombinasi antara resistansi dan reaktansi disebut dengan impedansi yang dinyatakan dalam satuan *Ohm* dengan lambing  $\Omega$ . Impedansi pada saluran transmisi atau distribusi perlu diketahui untuk melakukan analisa sistem, baik untuk analisa aliran daya, hubungan singkat dan proteksi, kestabilan sistem maupun kontrol sistem. Nilai resistansi dan reaktansi (induktif) dan kapasitif ditentukan oleh jarak antarsaluran dan jumlah serat kawat penghantarnya. Biasanya untuk sistem bertegangan rendah dan menengah, reaktansi kapasitif dapat diabaikan, karena nilainya relatif kecil dibandingkan dengan reaktansi induktif [9].

$$Z = R + jX \tag{7}$$

Keterangan:

- $Z$  = Impedansi Saluran (Ohm)
- $R$  = Tahanan Saluran (Ohm)
- $jX$  = Reaktansi

**a. Resistansi**

Tiap konduktor memberi perlawanan atau tahanan terhadap mengalirnya arus listrik dan hal ini dinamakan resistansi. Resistansi atau tahanan dari suatu konduktor (kawat penghantar) adalah penyebab terpenting dari rugi daya (*power losses*) pada saluran transmisi, resistansi yang dimaksud adalah resistansi efektif yaitu perbandingan rugi daya pada penghantar dengan arus pangkat dua. Resistansi efektif sama dengan resistansi arus searah (dc), RDC ini tergantung pada jenis bahan kawatnya [9].

$$R = \rho \frac{l}{A} \tag{8}$$

Keterangan:

- R = Resistansi (Ohm)
- $\rho$  = Resistivitas (Jenis Penghantar) (Ohm)
- l = Panjang kawat (m)
- A = Luas penampang kawat (mm<sup>2</sup>)

Dalam sistem satuan untuk resistivitas  $\rho$  diberikan dalam Ohm Meter, panjang dalam Meter, Luas Penampang dalam Meter Kuadrat [12].

**b. Reaktansi Penghantar (Reaktansi Induktif)**

Konduktor yang dialiri arus listrik dikelilingi oleh garis-garis magnetic yang berbentuk lingkaran-lingkaran konsentrik. Arus bolak-balik medan yang berada di sekeliling konduktor tidaklah konstan, melainkan akan selalu berubah-ubah dan akan selalu mengait konduktor itu sendiri maupun konduktor-konduktor lainnya yang terletak berdekatan. Dengan adanya kaitan-kaitan fluks tersebut maka saluran akan memiliki sifat induktansi.

Reaktansi pada saluran transmisi atau distribusi terdiri dari reaktansi induktif (*jX*) dan reaktansi kapasitif (*-jX*).

Namun pada saluran distribusi, reaktansi kapasitif sangat kecil, sehingga biasanya diabaikan [12].

Besarnya reaktansi induktif (*X*) diformulasikan sebagai berikut :

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \tag{9}$$

Keterangan:

- f = Frekuensi (Hz)
- L = induktansi (Henry)
- X = Reaktansi Induktif (Ohm)

**2.4. Hubungan Kapasitor Terhadap Lokasi Optimum Penempatan Kapasitor**

Untuk mendapatkan tegangan yang lebih baik, dipasang kapasitor dengan kapasitas tertentu dengan penempatan pada beberapa lokasi disaluran, sehingga akan diketahui lokasi penempatan kapasitor yang palingtepat. Akan tetapi dari sisi tinjauan teknis, posisi kapasitor sebaiknya ditempatkan sedekat mungkin denganbeban karena :

1. Tegangan yang dinaikkan berada dekat dengan beban sehingga memberikan unjuk kerja yang lebih baik.
2. Rugi-rugi pada penghantar akan semangkin berkurang karena arus reaktif yang dibutuhkan beban tidak mengalir pada penghantar.
3. kVAr kapasitor dapat secara otomatis di kurangi bersama operasi beban karena kapasitor dipasang langsung dengan beban.

Untuk tingkat beban yang berubah pemasangan kapasitor dengan tingkat kompensasi k tertentu, maka lokasi optimum penempatan kapasitor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [12] :

$$X_1 = 1 - \frac{(2i-1)}{2n} \cdot k \cdot l \tag{10}$$

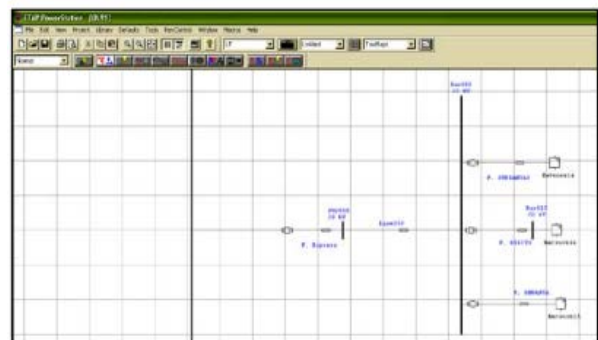
Keterangan:

- i = Letak kapasitor 1,2,3,...dst
- k = Faktor Kompensasi
- n = Jumlah Kapasitor
- l = Panjang total Saluran

**2.5. Program ETAP**

*Power Station* adalah *software* untuk *power system* yang bekerja berdasarkan perencanaan (*plant/project*). Setiap *plant* harus menyediakan *modelling* peralatan dan alat - alat pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilakukan. Misal generator, data motor, dan data kabel. Sebuah *plant* terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektris yang khusus dan saling berhubungan. Dalam *Power Station*, setiap perencanaan harus menyediakan data *base* untuk keperluan itu.

ETAP *Power Station* dapat melakukan penggambaran *single line diagram* secara grafis dan mengadakan beberapa analisis/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), *motor starting*, *harmonicspower systems*, *transient stability*, dan *protective device coordination*.



Gambar 5. Tampilan program ETAP 4.0.0

Dalam pembahasan penelitian, penulis melakukan beberapa metode untuk mendapatkan tujuan dari pembahasan ini. Dari data-data yang

diperoleh, Penulis melakukan perhitungan dan analisis aliran daya menggunakan metoda Newton-Raphson dan dibantu dengan program ETAP 4.0, untuk mengetahui profil tegangan dan rugi daya pada kondisi eksisting, sedangkan untuk menghitung tingkat keandalan sistem dalam SAIFI dan SAIIFI digunakan metoda Distribusi Poisson. Cara dan langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan hasil pembahasan, maka dilakukan metode dan perhitungan di bawah ini:

1. Menghitung impedansi saluran
2. Menghitung drop tegangan
3. Menghitung rugi-rugi daya
4. Menghitung nilai kapasitor dan menentukan penempatan kapasitor
5. Menghitung tegangan dan rugi-rugi daya setelah pemasangan kapasitor
6. Menghitung tingkat keandalan sistem dalam SAIFI dan SAIDI

**2.6. Analisa Keandalan Sistem Distribusi Daya Listrik [4]**

Untuk menghitung tingkat keandalan suatu sistem jaringan distribusi setelah melakukan langkah – langkah di atas barulah kita masukkan data total rata – rata jumlah gangguan selama setahun dan data total lamanya pemadaman kedalam suatu rumus untuk menghitung tingkat keandalan, perhitungan tersebut kita pakai metode distribusi poisson, alasan penulis menggunakan Distribusi Poisson tersebut antara lain :

- a) Karena metode Poisson di gunakan untuk menghitung data kejadian yang mempunyai rentang waktu tertentu.
- b) Karena metode Poisson di gunakan untuk menghitung *n* (jumlah waktu) yang besar, misal seratus atau lebih seratus.

Yang mana dalam distribusi tersebut kemungkinan ada kerusakan sebanyak *x* dalam interval waktu tertentu di nyatakan dengan distribusi Poisson [4].

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^x}{x!} \tag{11}$$

Maka kemungkinan tidak terjadi kerusakan selama periode waktu 0 t di sebut fungsi keandalan R(t) yaitu:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{12}$$

Keterangan :

- R(t) = fungsi keandalan
- e = eksponensial
- λ = jumlah kerusakan atau gangguan (kali/jam)
- Jumlah Waktu (jam selama setahun)
- Jumlah waktu : 8760 ( yaitu jumlah jam selama setahun )

**3. Hasil Pembahasan dan Analisis**

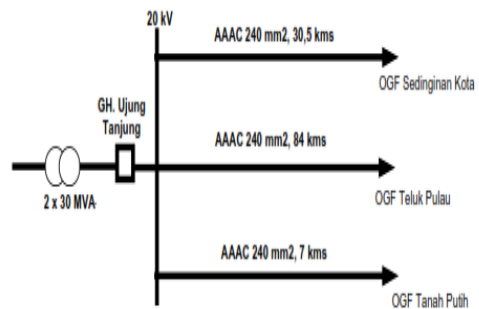
**3.1. Perhitungan Impedansi pada Gardu Hubung**

Berdasarkan data kawat AAAC 240mm<sup>2</sup>, maka dapat dilakukan perhitungan impedansi saluran pada masing-masing feeder Gardu Hubung sebagai berikut:

Untuk luas penampang AAAC70 mm<sup>2</sup>  
 Untuk saluran 1 pada feeder  
 - Panjang Saluran = 84 km  
 - R = 0.1310 ohm  
 - X = 0.4017 ohm

Maka Impedansi:

$$\begin{aligned} Z &= R + jX \\ &= \sqrt{R^2 + X^2} \times \text{Panjang saluran} \\ &= \sqrt{(0.1310)^2 + (0.4017)^2} \times 84 \text{ kms} \\ &= 0,3549 \text{ ohm} \end{aligned}$$



Gambar 5. Single Line Gardu Hubung Ujung Tanjung

**3.2. Penentuan Lokasi Optimum Kapasitor pada PT.PLN (Persero) Gardu Hubung.**

Diketahui bahwa total daya reaktif yang mengalir pada saluran adalah 2641,6 kVAr. Faktor kompensasi kapasitor (K) digunakan 60%, maka daya reaktif yang disuplai oleh kapasitor adalah:

$$\begin{aligned} K &= \frac{kVAr \text{ Cap}}{kVAr \text{ Total}} = 0,75 \\ kVAr - \text{Cap} &= 0,75 \times kVAr \text{ Total} \\ &= 0,75 \times 2641,6 \text{ kVAr} \\ &= 1981,2 \text{ kVAr} \end{aligned}$$

Bila satu unit kapasitor 600 kVAr, maka kapasitor yang diperlukan adalah:

$$N = \frac{1981,2}{600} = 3,302$$

Dibulatkan menjadi 3x600 kapasitor

Letak optimum setiap kapasitor dapat ditentukan sebagai berikut:

$$X_1 = \left[ 1 - \frac{(2 \times i - 1)}{2 \times n} \times K \right] \times l$$

Dengan panjang saluran pada Gardu Hubung 84 kms, maka penempatan kapasitor adalah:

Kapasitor-1:

$$\begin{aligned} X_1 &= \left[ 1 - \frac{(2 \times 1 - 1)}{2 \times 4} \times 0,75 \right] \times 84 \text{ kms} \\ &= \left[ 1 - \left( \frac{1}{8} \right) \times 0,75 \right] \times 84 \text{ kms} \\ &= 55,13 \text{ kms} \end{aligned}$$

Kapasitor-2

$$\begin{aligned} X_2 &= \left[ 1 - \frac{(2 \times 2 - 1)}{2 \times 4} \times 0,75 \right] \times 84 \text{ km} \\ &= \left[ 1 - \left( \frac{3}{8} \right) \times (0,75) \right] \times 84 \text{ km} \\ &= 39,75 \text{ km} \end{aligned}$$

Kapasitor-3

$$\begin{aligned} X_3 &= \left[ 1 - \frac{(2 \times 3 - 1)}{2 \times 4} \times 0,75 \right] \times 84 \text{ km} \\ &= \left[ 1 - \left( \frac{5}{8} \right) \times (0,75) \right] \times 84 \text{ km} \\ &= 23,63 \text{ km} \end{aligned}$$

Dengan memasukan 3x 600 kVar kapasitor pada kondisi seimbang (eksisting) menggunakan program ETAP versi 4.0.0, maka diperoleh tegangan terima pada setiap trafo dan rugi daya pada saluran. Tegangan terendah total rugi daya pada saluran untuk kondisi sebelum dan setelah pemasangan 3 unit kapasitor dengan kapasitas kapasitor 600 kVAr pada Gardu Hubung dapat dibandingkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pembahasan Menggunakan Etap 4.0.0

Feeder	Sebelum			Setelah Pemasangan Kapasitor 3 x 600 kVAr		
	Teg. Terendah	Total Rugi Daya		Teg. Terendah	Total Rugi Daya	
	kV	kW	Kapasitor (kVAr)	kV	kW	Kapasitor (kVAr)
Teluk Pulau	13,6	2413	2641,6	17,6	1265	1824

Berdasarkan tabel di peroleh tegangan dapat diperbaiki dari tegangan terima terendah sebesar 13,6 kV menjadi 17,6 kV dan penghematan daya aktif sebesar 553 kW dan daya reaktif sebesar 817 kVAr

**3.3. Analisis Keandalan PT. PLN (Persero)**

Keandalan suatu sistem jaringan tenaga listrik sangatlah perlu diperhatikan, karena keandalan suatu sistem sangat berpengaruh pada kontinuitas penyaluran energi listrik. Dengan menghitung tingkat keandalan suatu sistem maka kita akan mengetahui apakah sistem tersebut dalam operasinya dalam kurun waktu yang ditentukan masih layak atau perlu perbaikan.

Data diperoleh pada bulan Januari hingga Desember bahwa jumlah gangguan yang terjadi selama satu tahun (SAIFI) adalah 45 kali dengan rata-rata ( $\lambda$ ) adalah 0,0043 kali/jam selama setahun, dengan total waktu lama pemadaman/gangguan ( $t$ ) (SAIDI) adalah 52,83 jam, dan jumlah jam dalam setahun 8760 jam, dengan demikian tingkat keandalannya adalah:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Keterangan:

- $\lambda$  = 45/8760 = 0,0051 kali/jam
- $t$  = total lama waktu gangguan selama setahun = 52,83jam
- $R$  =  $e^{-0,0051 \times 52,83}$
- =  $e^{-2694}$
- = 0,7638

Dengan menggunakan rumus untuk mencari tingkat keandalan sistem, dengan memasukkan jumlah data gangguan dan lamanya waktu pemadaman rata-rata selama satu tahun maka didapat perhitungan bahwa tingkat keandalan Gardu Hubung adalah 0,7638

**4. Simpulan**

Berdasarkan hasil dan perhitungan, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan untuk sistem distribusi 20 kV PT.PLN (Persero) Gardu Hubung sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan melalui Program ETAP rugi daya aktif pada GarduHubung sebesar 553 kW dan daya reaktif sebesar 817 kVAR dan perbaikan tegangan terima terendah sebesar 17,6 kV.
2. Penentuan pemasangan kapasitor menggunakan kapasitor sebesar 3x600 kVAr, sehingga tegangan terima dari kondisi eksisting 13,6 kV dapat diperbaiki sebesar 17,6 kV.
3. Berdasarkan gangguan sistem distribusi pada Gardu Hubung dengan jumlah SAIDI adalah 45 kali gangguan dan lamanya gangguan sebesar 52,83 jam, sehingga rata-rata ( $\lambda$ ) sebesar 0.0051 kali/jam. Dengan demikian berdasarkan perhitungan



diperoleh tingkat keandalan 0,7638 (besar indek 76 %).

#### **Daftar Pustaka**

1. Hadi, Abdul, Ir. As Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga, Cetakan Pertama, 1994
2. Hasan, M. Iqbal, MM, Ir, *Pokok-pokok Materi Statistik2 (Statistik Inferensi)*, Bumi Aksara, Cetakan Pertama, 2002.
3. Hutaeruk, T.S, Prof.Ir.M.Sc, *Transmisi Daya Listrik*, Erlangga
4. Kadir Abdul, *Distribusi dan Utilasi Tenaga listrik*, Universitas Indonesia, Cetakan Pertama, 2001
5. Kaplan M., "Optimization of Number, Location, Size, Type and Capacitors on Radial Distribution Feeders", *IEEE Transaction on Power Apparatus and System*, Vol.103, No. 9, September 1984.
6. Munandar, Aris. A. Dr, *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid 2, Pradnya Paramita, Cetakan Keenam, 1993
7. Munandar, Aris A. Prof.Dr, *Teknik Tegangan Tinggi*, Pradnya Paramita, Cetakan kedelapan, 2001.
8. Sariadi, Dkk, *Jaringan distribusi Listrik*, Angkasa Bandung, Cetakan II, 1999.
9. William D. Stevensen Jr, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta, 1984