

**ID: 11**

## Analisis Rugi Daya pada Sistem Distribusi 20 KV menggunakan *Software* ETAP

### *Power Loss Analysis On 20 KV Distribution System Using ETAP Software*

**Irfan Abiwaluya Rachmat<sup>1\*</sup>, Mohammad Taufik<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung - Sumedang km.21, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat, 45363

irfanarach@gmail.com<sup>1\*</sup>, m.taufik@unpad.ac.id<sup>2</sup>

**Abstrak** – Dalam penyediaan daya listrik, tidak seluruhnya dapat disalurkan kepada masyarakat (konsumen), karena adanya energi yang hilang dalam bentuk rugi daya listrik. Rugi-rugi pada sistem distribusi tenaga listrik yang biasanya diukur pada kurun waktu tertentu, merupakan salah satu faktor penting dalam pengoperasian sistem tenaga listrik. Dalam perhitungan rugi daya pada objek sistem distribusi penyulang UTM PT. PLN (Persero) Rayon Tanjungsari yang telah di analisis menggunakan data-data berupa beban rata-rata yang telah diproduksi, beban puncak rata-rata, kuat arus jaringan, dan karakteristik penampang penyulang. Total daya rata-rata bulan Desember 2018 yang diproduksi untuk penyulang UTM sebesar 3.108,6 kW. Sedangkan rugi daya rata-rata pada bulan Desember 2018 penyulang UTM sebesar 110,825 kW. Prosentase selisih antara rugi daya dan rugi sesungguhnya pada penyulang UTM sebesar 3,56%. Hal ini menunjukkan bahwa rugi daya pada penyulang UTM masih dibawah batas normal, menurut ketentuan Asosiasi Profesional Elektrikal-Mekanikal Indonesia (APEI) yaitu persentase rugi daya sistem distribusi sebesar 10% [1], sehingga penyulang UTM masih layak atau dapat dilakukan penambahan pembebanan. Sedangkan rugi daya yang diperoleh dengan menggunakan software ETAP sebesar 116,2 kW. Persentase selisih antara perhitungan manual dengan menggunakan software ETAP sebesar 4,8%. Nilai rugi daya penyulang UTM mengalami pengurangan setelah ditambahkan *capacitor bank* di setiap bus beban menggunakan simulasi software ETAP sebesar 9,8%.

**Kata Kunci:** rugi daya, penyulang UTM, ETAP

**Abstract** – In providing electrical power, not all of it can be distributed to the community (consumers), because there will be energy loss in the form of electrical power losses. Losses in the electric power distribution system, which are usually measured at a certain time, are an important factor in which the operation of an electric power system. In the calculation of power loss on the object of the distribution system UTM feeder PT. PLN (Persero) Rayon Tanjungsari which has been analyzed using data such as the average load that has been produced, the average peak load, the network current strength, and feeder cross-sectional characteristics. The total average power in December 2018 produced for UTM feeders is 3,108.6 kW. Meanwhile, the average power loss in December 2018 for UTM feeders was 110,825 kW. The percentage difference between power loss and actual loss in UTM feeder is 3.56%. This shows that the power loss in the UTM feeder is still below normal limits, according to the provisions of the Indonesian Electrical-Mechanical Professional Association (APEI), namely the percentage of power loss in the distribution system is 10% [1], so that the UTM feeder is still feasible or additional loading can be done. While the power loss obtained using ETAP software is 116.2 kW. The percentage difference between manual calculations using the ETAP software is 4.8%. The value of the UTM feeder power loss decreased after adding the capacitor bank in each load bus using the ETAP simulation software of 9.8%.

**Keywords:** power losses, UTM feeder, ETAP

## 1. Pendahuluan

Salah satu faktor utama yang menyebabkan selalu adanya kerugian yang cukup besar dalam penyaluran daya listrik sistem distribusi adalah jauhnya pusat energi listrik ke pusat beban. Hal itu berkaitan dengan luas penampang dan panjangnya penyaluran energi akibat adanya impedansi, sehingga dalam penyaluran daya listrik distribusi akan mengalami rugi-rugi sepanjang saluran. Kualitas faktor daya pun mempengaruhi rugi daya yang dihasilkan dari sebuah sistem jaringan distribusi, dimana motor induksi merupakan satu jenis beban yang banyak menyerap daya reaktif karena mengandung lilitan sehingga faktor daya beban menjadi rendah.

Mengingat pentingnya parameter mengenai besarnya rugi daya pada suatu jaringan distribusi, maka studi mengenai rugi daya pada sistem tenaga listrik perlu dilakukan, bertujuan untuk menentukan hasil rugi daya suatu sistem jaringan distribusi dan mengurangi rugi daya yang terjadi. Untuk menentukan rugi daya suatu sistem tenaga listrik dapat menggunakan metode perhitungan secara manual maupun menggunakan *software*, salah satunya adalah *software* ETAP. Hal ini lah yang melatar belakangi peneliti untuk melakukan analisis rugi daya Saluran Udara Tegangan Menengah 20kV penyulang Ujungberung Tanjungsari Merah (UTM) Rayon Tanjungsari PT. PLN (Persero).

## 2. Metode Penelitian

Peneliti menggunakan metode kuantitatif dalam penelitian ini, dengan teknik yang digunakan yaitu berupa teknik penelitian lapangan dan simulasi untuk menentukan berapa besar rugi daya yang dihasilkan pada penyulang UTM (Ujungberung Tanjungsari Merah) PT. PLN (Persero) Rayon Tanjungsari. Adapun metode perhitungan yang digunakan dalam menganalisis rugi daya dengan perhitungan manual dan menggunakan *software* ETAP.

### 2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

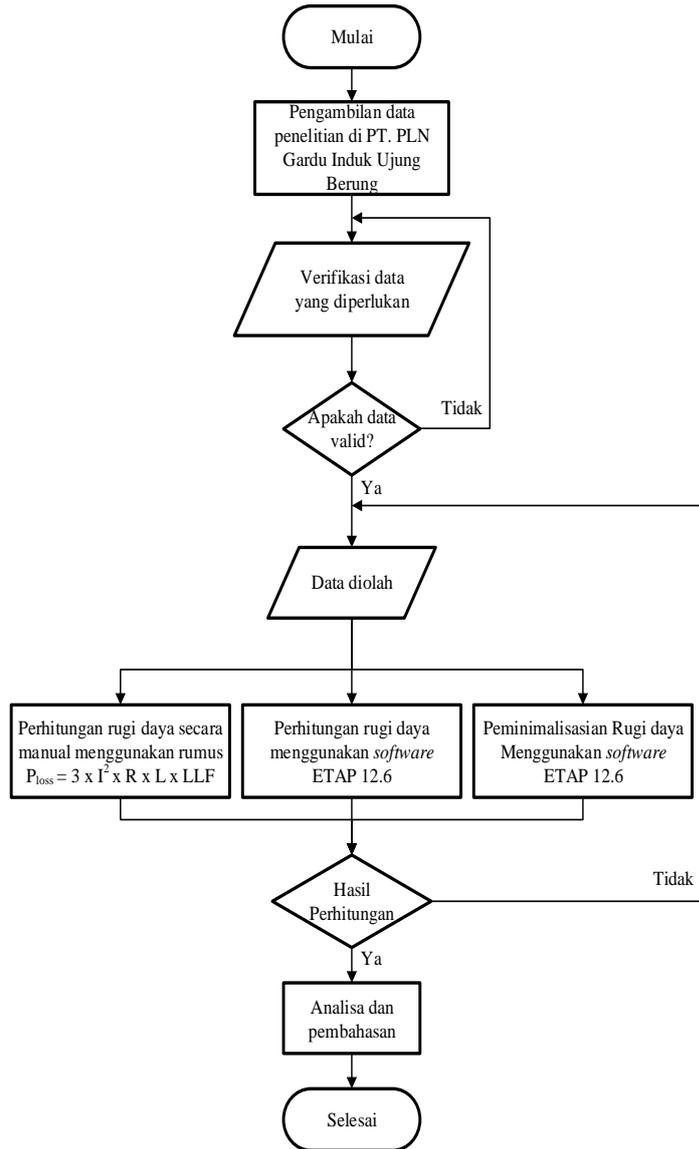
Lokasi penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Rayon Tanjungsari, JL. Raya Tanjungsari KM. 28, Sumedang, Jawa Barat. Dengan objek yang diangkat adalah sistem distribusi 20 kV penyulang UTM (Ujungberung Tanjungsari Merah). Waktu penelitian dimulai dari tanggal 18 November 2018 – 31 Januari 2019.

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah satu buah laptop dan satu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik yaitu Electric Transient Analysis Program (ETAP) 12.6 .

### 2.3 Flowchart Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang telah dilakukan disajikan dalam gambar 2.1. Langkah pertama adalah pengambilan data. Selanjutnya data diverifikasi untuk diperoleh validitasnya. Data yang sudah valid kemudian dihitung secara manual dan menggunakan ETAP. Hasil dari perhitungan selanjutnya dianalisis.



Gambar 2.1. Flowchart Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Perhitungan Manual Rugi Daya Penyulang UTM

Diperlukan beberapa parameter untuk melakukan perhitungan manual rugi daya penyulang UTM, beberapa parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Parameter perhitungan manual rugi daya penyulang UTM

	Kuat Arus Rata-Rata (A)	Voltase Rata-Rata (kV)	$\cos \varphi$ Rata-Rata	Beban Rata-Rata (kW)	Beban Puncak Rata-rata (kW)	Panjang penghantar (kms)	Resistansi penghantar (R/km)
Penyulang UTM	99,36	20,07	0,9	23,35	50,7	44,961	0,291

Kuat arus rata-rata dan voltase rata-rata sebesar 99,36 A dan 20,07 V. Untuk mendapatkan nilai daya nyata, dengan cara mengubah daya semu menjadi daya nyata kemudian di rata-rata kan, sehingga dapat nilai beban rata-rata dan beban puncak rata-rata. Panjang penghantar merupakan jumlah panjang seluruh jenis kabel yang ada pada penyulang UTM, kecuali kabel jenis XLPE. Resistansi pengantar didapat dari perhitungan rata-rata nilai resistansi kabel.

Nilai *Load Factor* (LF) :

$$LF = \frac{\text{Jumlah Energi selama satu periode}}{\text{Beban puncak} \times \text{jumlah jam periode}}$$

$$LF = \frac{560,4 \text{ kWh}}{50,7 \text{ kW} \times 24 \text{ jam}} = 0,46$$

Periode yang dihitung pada penelitian ini adalah rata-rata selama satu bulan, yaitu pada bulan Desember 2018. Sehingga nilai LF yang dipakai merupakan perbandingan antara beban rata-rata penyulang terhadap beban puncak penyulang UTM pada bulan Desember 2018.

Nilai *Loss Load Factor* (LLF) :

$$\begin{aligned} LLF &= 0,3 LF + (0,7 \times LF^2) \\ LLF &= 0,3 (0,46) + \{0,7 \times (0,46)^2\} \\ LLF &= 0,286 \end{aligned}$$

Nilai rugi daya penyulang UTM selama bulan Desember 2018 :

$$\begin{aligned} P_{\text{loss}} &= 3 \times I^2 \times R \times L \times LLF \\ P_{\text{loss}} &= 3 \times (99,36)^2 \times (0,291) \times (44,961) \times (0,286) \\ P_{\text{loss}} &= 110.825,42 \text{ W} = 110,825 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kemudian untuk mendapatkan prosentase selisih dari rugi daya yang telah di dapat dengan daya yang sesungguhnya, maka daya sesungguhnya :

$$\begin{aligned} P_{3\phi} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\ P_{3\phi} &= \sqrt{3} \times 20.070 \times 99,36 \times 0,9 \\ P_{3\phi} &= 3.108.580,312 \text{ W} = 3.108,6 \text{ kW} \end{aligned}$$

Prosentase selisih rugi daya :

$$\begin{aligned} \%P_{\text{loss}} &= \frac{P_{\text{loss}}}{P_{3\phi}} \times 100\% \\ \%P_{\text{loss}} &= \frac{110,825}{3.108,6} \times 100\% \\ \%P_{\text{loss}} &= 3,56\% \end{aligned}$$

### 3.2 Hasil Perbandingan Rugi Daya secara Manual dan Software ETAP

Nilai rugi daya dengan perhitungan manual sebesar 110,825 kW, sedangkan dengan simulasi *software* ETAP sebesar 116,2 kW. Prosentase selisih perhitungan :

$$\begin{aligned}\% \text{ kesalahan} &= \frac{|\text{Nilai perhitungan} - \text{Nilai simulasi}|}{\text{Nilai perhitungan}} \times 100\% \\ \% \text{ kesalahan} &= \frac{|110,825 - 116,2|}{110,825} \times 100\% = 4,8\%\end{aligned}$$

### 3.3 Minimalisasi Rugi Daya menggunakan Capacitor Bank

Motor induksi, merupakan satu jenis beban yang banyak menyerap daya reaktif karena mengandung lilitan sehingga faktor daya beban menjadi rendah. *Capacitor bank* merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terdiri atas beberapa kapasitor yang disambung secara paralel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu.

Fungsi utama *capacitor bank* sebagai penyeimbang beban induktif. Beban listrik terdiri atas beban reaktif (R), induktif (L) dan kapasitif (C). Peralatan listrik yang sering digunakan dan dijumpai memiliki karakteristik induktif, sehingga untuk menyeimbangkan karakteristik beban tersebut perlu digunakan kapasitor yang berperan sebagai beban kapasitif.

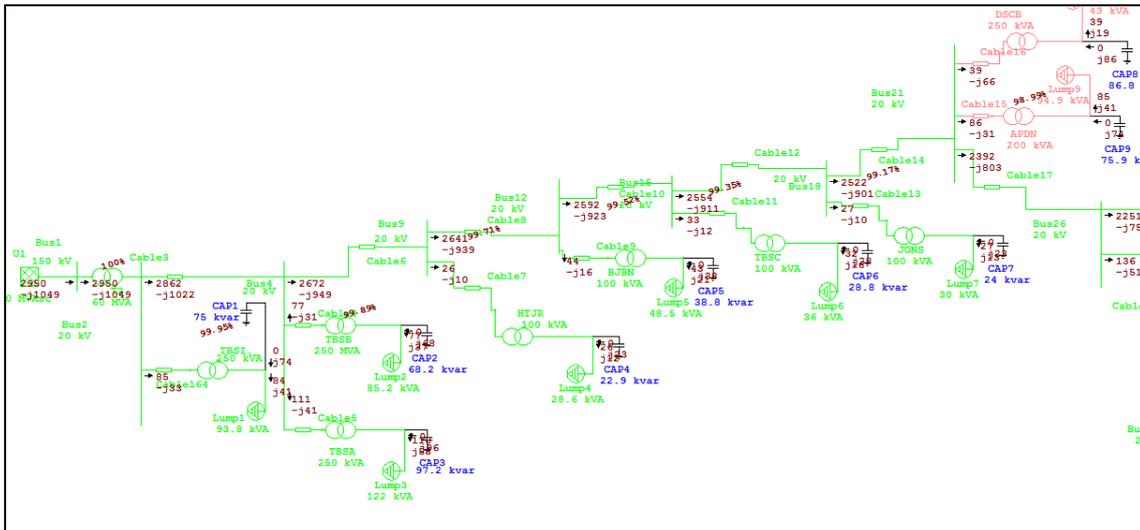
Penelitian ini berupaya mengurangi nilai rugi daya yang terjadi pada penyulang UTM dengan menambahkan komponen *capacitor bank*, yang akan membuat keseimbangan beban pada penyulang UTM. Mengingat sistem distribusi penyulang UTM banyak menggunakan beban induktif. Dengan demikian rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi penyulang UTM akan berkurang.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk meminimalisasi rugi daya pada penyulang UTM adalah dengan cara menambahkan komponen *capacitor bank* pada setiap bus penyulang UTM yang ada pada *single line diagram* (SLD). Nilai dari *capacitor bank* di tentukan dengan cara menyesuaikan dengan beban induktif yang ada pada masing masing beban penyulang UTM. Gambar 3.1 memperlihatkan *single line diagram* yang sudah ditambahkan komponen *capacitor bank* di setiap busnya.

Setelah *capacitor bank* ditambahkan pada penyulang UTM di setiap busnya, dilakukan simulasi dengan program *Load Flow Analysis*. Hasil simulasi (gambar 3.1) ditunjukkan dengan huruf berwarna merah, yang terdapat nilai daya aktif dan daya reaktif (P + JQ) serta adanya prosentase dari tegangan.

Diperoleh perubahan nilai rugi pada setiap kabel maupun trafo distribusi pada penyulang UTM setelah ditambahkan *capacitor bank*. Pada *cable* 3 yang memiliki nilai rugi daya paling tinggi berkurang sebanyak 0,7 kW. Terdapat enam kabel yang nilai rugi dayanya terendah yaitu sebesar 0,1 kW kabel berwarna kuning dan jingga, dengan garis jingga nilai yang awalnya bernilai 0,2 kW.

Total rugi daya setelah diberi penambahan *capacitor bank* sebesar 104,8 kW. Adapun total rugi daya sebelum penambahan *capacitor bank* sebesar 116,2 kW, ini artinya terjadi selisih rugi daya pada saat sebelum dan sesudah penambahan *capacitor bank* sebesar 11,4 kW atau 9,8%.



Gambar 3.1. SLD Penyulang UTM setelah ditambah *capacitor bank*

#### 4. Kesimpulan

Rugi daya penyulang UTM dari perhitungan manual sebesar 110,825 kW. Perbandingan dengan daya sesungguhnya sebesar 3,56%. Rugi daya hasil *software* ETAP sebesar 116,2 kW. Selisih rugi daya hasil perhitungan manual dan *software* ETAP sebesar 5,375 kW atau 4,8%.

Rugi daya penyulang UTM berhasil diminimalisasi dengan menambahkan komponen *capacitor bank* di setiap bus beban, kemudian disimulasikan dengan menggunakan *software* ETAP dan didapat nilai sebesar 104,8 kW. Selisih rugi daya sebelum dan sesudah penambahan *capacitor bank* sebesar 11,4 kW atau 9,8%.

#### Referensi

- [1] Hayadi, Agus. "Analisa Rugi-Rugi Energi Sistem Distribusi Pada Gardu Induk Sei Raya". Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
- [2] Suropto, Slamet. 2017. "Sistem Tenaga Listrik". Yogyakarta: Universitas Muhamadiyah Yogyakarta
- [3] Fauzan, Ikhsan. 2018. "Analisa Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Penyulang NLO PT. PLN (Persero) Rayon Lembang Menggunakan Software ETAP". Jurusan Teknik Elektro Universitas Jendral Achmad Yani.
- [4] Julen Kartoni S, Edy Ervianto. 2016. "Analisa Rekonfigurasi Pembebanan Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi 20 kV". FTEKNIK Universitas Riau, Vol.3 No2 pp.1-10.
- [5] Rinaldo Jaya Sitorus, Eddy Warman. 2013. "Studi Kualitas Listrik Dan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor". Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Vol.3 No.2 Agustus.
- [6] Listrik-Praktis. "Cara Memahami Segitiga Daya". 14 Desember 2018. <https://www.listrik-praktis.com/2015/09/memahami-segitiga-daya.html>
- [7] Glover, J.Duncan *et al.* 2012. "Power System Analysis and Design Fifth Edition". Stanford: Cengage Learning
- [8] Darussalam, Nanang. 2016. "Dampak Drop Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Gardu Induk Di PT.Semen Padang Menggunakan Software ETAP 7.5". Politeknik Negeri Padang