

## ANALISIS RUGI DAYA MENGGUNAKAN ETAP PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV PENYULANG BAGONG

**Ahmad Nizar**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
ahmadnizar1@mhs.unesa.ac.id

**Bambang Suprianto, Subuh Isnur Haryudo, Mahendra Wdiyartono**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
bambangsuprianto@unesa.ac.id. subuhisnur@unesa.ac.id. mahendrawidyartono@unesa.ac.id.

### Abstrak

Pada artikel ilmiah ini, membahas tentang analisis rugi daya pada jaringan distribusi 20kV pada penyulang Bagong Surabaya Selatan (Gardu Induk Ngagel). Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan energi listrik juga semakin meningkat. Dalam penyaluran tenaga listrik dari sumber tenaga listrik ke konsumen yang letaknya berjauhan selalu mengalami terjadinya kerugian berupa rugi-rugi daya. Metode penelitian yang digunakan pada artikel ilmiah ini yaitu metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif adalah penelitian yang dilakukan dengan pengamatan pada objek untuk mengumpulkan data-data yang disajikan dengan angka-angka untuk keperluan dalam penelitian. Tujuan dari artikel ilmiah ini adalah untuk mengevaluasi berkala dengan memperhatikan perubahan beban dan untuk rekomendasi penambahan jaringan baru disubsystem jaringan distribusi 20kV. Analisis studi aliran daya dilakukan dengan bantuan *software ETAP* untuk memperoleh nilai rugi daya pada jaringan distribusi menggunakan metode newton raphson. Hasil Besarnya rugi daya berdasarkan hasil simulasi studi aliran daya menggunakan *software ETAP* terdapat 5 lokasi saluran yang rugi daya tertinggi yaitu pada saluran 1 sebesar 1.329 kW, saluran 11 sebesar 0.616 kW, saluran 6 sebesar 0.106 kW, saluran 14 sebesar 0.031 kW dan saluran 7 sebesar 0.019 kW, terdapat 5 lokasi saluran yang rugi daya terendah yaitu saluran 15, saluran 20, saluran 26 sebesar 0.001 kW, saluran 23 sebesar 0.002 kW dan saluran 22 sebesar 0.004 kW dan rugi daya rata-rata keseluruhan sistem yaitu sebesar 0.1227kW.

**Kata Kunci:** Studi Aliran Daya, *Newton Rhapsion*, Rugi Daya

### Abstract

In this scientific article, it discusses the analysis of power loss in the 20kV distribution network at Bagong South Surabaya feeders (Ngagel substation). By increasing population growth, the demand for electrical energy is increasing. In the distribution of electricity from a source of electricity to consumers which always at a loss in the power losses. The research method used in this scientific article is quantitative research methods. Quantitative research methods are research conducted by observing the object to collect data that is presented with number for purposes of research. The purpose of this scientific article is to periodically evaluate with regard to load changes and to recommend the addition of a new network in the 20 kV distribution network subsystem. Power flow analysis was carried out with the help of software ETAP to obtain power loss values in the distribution network using the newton raphson method. Result the amount of power loss based on the result of power flow study simulation using software ETAP there are 5 line locations with the highest power loss, namely in line 1 at 1.329 kW, channel 11 at 0.616 kW, line 6 at 0.106 kW, line 14 at 0.031 kW, and line 7 is 0.019 kW, there are 5 line locations with the lowest power losses, line 15, line 20, line 26 is 0.001 kW, line 23 is 0.002 kW and line 0,004 kW and the average system powerloss is 0.1227 kW.

**Key word:** Load Flow Analysis, Newton Rhapsion, power losses

### PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik dikatakan sebagai kumpulan atau gabungan yang terdiri dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti generator, *transformator*, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem. Dalam kelistrikan, seringkali timbul persoalan-persoalan teknis, dimana tenaga listrik pada umumnya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu yang jauh dari kumpulan pelanggan, sedangkan pemakai

tenaga listrik atau pelanggan tenaga listrik tersebar di segala penjuru tempat. Dengan demikian maka penyaluran tenaga listrik dari pusat tenaga listrik sampai ke tempat pelanggan berbagai penangan teknis.

Pada jaringan distribusi biasanya menggunakan tegangan yang lebih rendah dari tegangan saluran transmisi. Hal ini karena adanya yang distribusikan oleh masing-masing jaringan distribusi biasanya relatif kecil dibanding dengan daya yang disalurkan saluran transmisi, dan juga menyesuaikan dengan tegangan pelanggan atau

pengguna energi listrik. Level tegangan jaringan distribusi yang sering digunakan ada dua macam, yaitu 20 kV untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan 220V untuk jaringan rendah (JTR). Dengan demikian diperlukan gardu induk yang berisi trafo penurun tegangan untuk menurunkan tegangan dari saluran transmisi ke tegangan distribusi 20 kv. Diperlukan juga trafo distribusi untuk menurunkan tegangan dari 20 kV dan 220 kV sesuai tegangan pelanggan (Husu et al., 2019).

Besarnya rugi-rugi daya pada saluran distribusi tergantung pada jenis dan panjang saluran penghantar, tipe jaringan distribusi, tipe beban, faktor daya dan besarnya jumlah daya terpasang serta banyaknya pemakaian beban-beban yang bersifat induktif yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan daya reaktif (Torang, 2017).

Pada setiap tahun beban listrik mengalami peningkatan diiringi dengan permintaan suplai daya listrik yang meningkat. Dalam hal ini panjang saluran distribusi tenaga listrik menjadi perhatian, karena semakin panjang saluran distribusi menyebabkan kerugian daya yang semakin besar (Risjyanto et al., 2018).

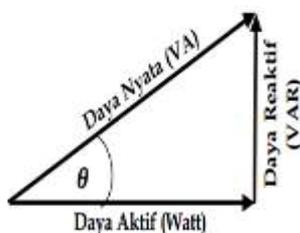
Nilai tegangan yang konstan akan mengoptimalkan kerja dari peralatan listrik yang digunakan oleh konsumen. Sedangkan rugi-rugi daya yang kecil akan menjaga pasokan daya listrik sesuai dengan kebutuhan konsumen, serta dapat mengurangi kerugian finansial yang terjadi selama proses transmisi dan distribusi ( Nizam, 2019).

Perhitungan rugi-rugi energi pada sistem jaringan distribusi yang dilakukan PT. PLN adalah dengan mengurangi energi terjual dengan energi yang diterima pada setiap penyulang. Mengingat pentingnya informasi mengenai besarnya rugi-rugi dari suatu jaringan distribusi yang dapat dipergunakan untuk penentuan tarif listrik dan rencana pengembangan jaringan, maka studi mengenai rugi-rugi energi pada sistem jaringan distribusi perlu dilakukan (Hilmansyah et al., 2018).

**KAJIAN PUSTAKA**

**Daya Listrik**

Daya listrik AC dibedakan menjadi tiga, yaitu daya nyata/daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya semu/dayatotal (S). Hubungan dari ketiga daya tersebut dapat dinyatakan dalam segitiga daya seperti ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1.** Segitiga Daya (Sumber Daryanto, 2014)

Dari Segitiga daya didapat persamaan sebagai berikut:

$$S = p \times jQ \tag{1}$$

$$P = S \times \cos\theta \tag{2}$$

$$Q = S \times \sin\theta \tag{3}$$

Atau juga dapat ditulis dengan persamaan berikut :

$$S = V \times I \tag{4}$$

$$P = V \times I \times \cos\theta \tag{5}$$

$$Q = V \times I \times \sin\theta \tag{6}$$

Ket:

S = Daya semu/Daya total (VA)

P = Daya nyata/Daya aktif (Watt)

Q = Daya reaktif (Var)

I = Arus (A)

V = Tegangan (V)

Cosθ = Faktor Daya Aktif.

Sinθ = Faktor Daya Reaktif

**Faktor Daya**

Faktor daya adalah rasio daya nyata (W) untuk daya total (VA) (Chopade & Bikdash, 2011). Faktor daya juga dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya aktif dan daya semu (Whitaker, 1999). Faktor daya dipengaruhi oleh jenis beban terpasang pada sistem. Karakteristik beban dapat menentukan besarnya nilai faktor daya. Beban induktif memiliki pengaruh besar terhadap faktor daya karena beban induktif menyerap daya reaktif yang cukup besar, sehingga dapat menurunkan faktor daya. Faktor daya disimbolkan sebagai cos θ , dimana:

$$\text{Cos}\theta = \frac{P (W)}{S (VA)} \tag{7}$$

**Studi Aliran Daya**

Studi aliran daya adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya, faktor daya dan daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi dimasa yang akan datang,. Aliran daya sangat penting dalam perencanaan pengembangan suatu sistem untuk masa yang akan datang, karena pengoperasian yang baik dari sistem tersebut banyak tergantung pada diketahuinya efek interkoneksi dengan sistem tenaga yang lain, beban yang baru, stasiun pembangkit baru, serta saluran transmisi/distribusi baru, sebelum semuanya dipasang (Stevenson, 1996).

**Klasifikasi Bus Pada Aliran Daya**

Studi aliran daya digunakan untuk mengetahui sudut fasa pada tegangan bus sehingga diperoleh besaran-besaranlain seperti aliran daya aktif dan daya reaktif serta arus yang mengalir disebuah sistem. Untuk mendapatkan penyelesaian aliran daya pada setiap bus tergantung pada

parameter yang diketahui, maka setiap bus sistem dibagi tiga macam seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi Bus.

NO.	Jenis Bus	Variabel Yang Diketahui	Variabel Yang Tidak Diketahui
1.	Swing Bus	$ V , \delta$	P, Q
2.	Bus generator	P, V	Q, $\delta$
3.	Bus beban	P, Q	$ V , \delta$

**Bus Generator**

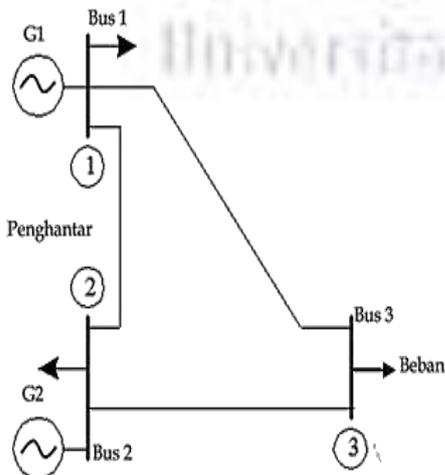
Bus generator mempunyai tegangan konstan dimana bus terhubung dengan generator. Pembangkit daya aktif dapat dikendalikan dengan mengatur penggerak mula (*prime mover*) dan nilai tegangan dikendalikan dengan mengatur ekstitasi generator, sehingga bus diketahui sebagai variabel P dan V. Besaran yang dapat dihitung pada bus ini adalah daya reaktif (Q) dan sudut beban ( $\delta$ ).

**Bus Beban**

Bus beban adalah bus yang tidak terhubung ke generator tetapi hanya terhubung dengan beban. Pada bus beban ini terdapat daya aktif dan daya reaktif (Q) diketahui sebagai variabel P dan Q. Daya aktif dan reaktif yang dicatu ke dalam sistem tenaga adalah mempunyai nilai positif sementara daya aktif dan reaktif yang dikonsumsi bernilai negatif. Besaran yang dapat dihitung pada bus ini adalah tegangan (V) dan sudut beban ( $\delta$ ).

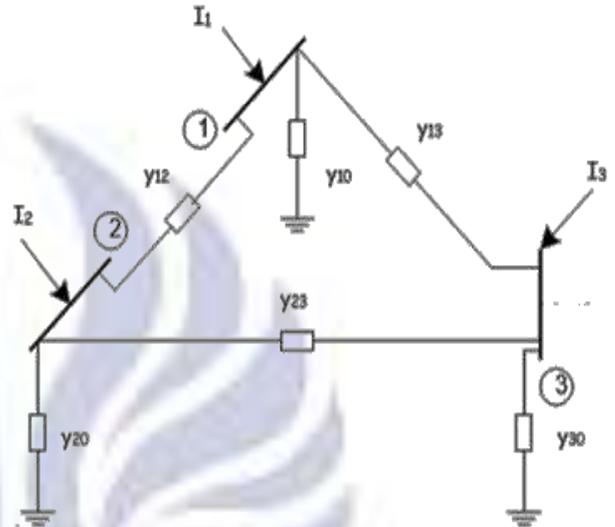
**Persamaan Aliran Daya**

Persamaan aliran daya secara sederhana dengan menggunakan sistem yang memiliki tiga bus seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pada setiap bus terdiri dari sebuah generator yang disimbolkan (G) dan beban, dengan penghantar yang menghubungkan antara bus 1 dengan bus 2 serta bus 3.



**Gambar 2.** Diagram Segaris aliran daya (Sumber Widodo, 2013)

Dalam diagram segaris pada Gambar 2 terdiri dari tiga bus di antaranya swing bus pada bus nomer 1 dan 2 yang terhubung langsung dengan generator dan load bus pada bus nomer 3. Masing-masing bus saling terhubung satu sama lain melalui kawat penghantar, sehingga dihasilkan persamaan aliran daya dengan menggunakan diagram admitansi. Pada Gambar 3 merupakan diagram admitansi dimana generator sinkron direpresentasikan sebagai sumber yang memiliki reaktansi dan transmisi model.



**Gambar 3.** Diagram Admitansi Tiga Bus (Sumber Widodo, 2013)

Hukum arus kirchoff untuk arus yang mengalir menuju suatu bus diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \times V_{ij} \tag{8}$$

Ket:

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

$Y_{ij}$  = Sudut fasa admitansi antara bus i dan bus j

$V_{ij}$  = Sudut fasa tegangan di bus i dan bus j

Dapat ditulis dengan persamaan *node voltage* sebagai berikut:

$$I_1 = V_1 y_{10} + (V_1 - V_2) y_{12} + (V_1 - V_3) y_{13} \tag{9}$$

$$I_2 = V_2 y_{20} + (V_2 - V_1) y_{21} + (V_2 - V_3) y_{23} \tag{10}$$

$$I_3 = V_3 y_{30} + (V_3 - V_2) y_{31} + (V_3 - V_2) y_{32} \tag{11}$$

Dari Persamaan (9), (10), dan (11) ditentukan elemen-elemen  $Y_{bus}$  melalui persamaan berikut:

Elemen diagonal:

$$Y_{11} = Y_{10} + y_{12} + y_{13} \tag{12}$$

$$Y_{22} = Y_{20} + y_{12} + y_{23} \tag{13}$$

$$Y_{33} = Y_{30} + y_{13} + y_{23} \tag{14}$$

Elemen of diagonal:

$$Y_{12} = Y_{21} = - y_{12} \tag{15}$$

$$Y_{13} = Y_{31} = - y_{13} \tag{16}$$

$$Y_{23} = Y_{32} = -y_{23} \quad (17)$$

Dari hasil persamaan elemen-elemen diagonal dan elemen of diagonal diperoleh persamaan *node voltage*:

$$I_1 = Y_{11} V_1 + Y_{12} V_2 + Y_{13} V_3 \quad (18)$$

$$I_2 = Y_{21} V_1 + Y_{22} V_2 + Y_{23} V_3 \quad (19)$$

$$I_3 = Y_{31} V_1 + Y_{32} V_2 + Y_{33} V_3 \quad (20)$$

Dari persamaan (8) dapat dihasilkan persamaan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad (21)$$

Notasi matriks dari persamaan (21) adalah:

$$I_{bus} = Y_{bus} x V_{bus} \quad (22)$$

Persamaan aliran daya dapat diturunkan dengan memperhatikan arus yang mengalir ke saluran transmisi pada setiap bus, dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_i - jQ_i = (V_i^*) \sum_{j=1}^n (Y_{ij} V_{ij}) \quad (23)$$

$$P_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |V_j| [G_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j)] \quad (24)$$

$$Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^n |V_j| [G_{ij} \sin(\theta_i - \theta_j) + B_{ij} \cos(\theta_i - \theta_j)] \quad (25)$$

### Metode Newton Rhapsion

Metode *Newton Rhapsion* memiliki kecepatan konvergen kuadratik, oleh karena itu metode *Newton Rhapsion* merupakan metode matematis yang lebih unggul dibandingkan dengan metode *Gauss-Siedel*. Untuk sistem tenaga listrik yang besar, metode *Newton Rhapsion* sangat efisien dan praktis dalam menyelesaikan analisis aliran daya (Saadat, 1999).

Pada metode *Newton Rhapsion* persamaan aliran daya dirumuskan dalam bentuk polar, sebagai berikut:

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} x V_{ij} \quad (26)$$

Persamaan diatas bila ditulis dalam bentuk polar:

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_{ij}| < (\theta_{ij} + \delta_j) \quad (27)$$

Daya kompleks:

$$P_i - jQ_i = V_i x I_i \quad (28)$$

Daya aktif:

$$P_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_j Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_j) \quad (29)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij} V_j Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} + \delta_j - \delta_j) \quad (30)$$

Pada persamaan (29) dan (30) merupakan satu set persamaan aljabar non linier variabel bebas, besarnya tegangan per unit, dan sudut fase dalam radian.

Terdapat dua persamaan untuk setiap bus beban, yang diberikan oleh persamaan (29) dan (30), dan satu persamaan untuk setiap bus control tegangan, yang diberikan oleh persamaan (29).

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta P_n^{(k)} \\ \Delta Q_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta Q_n^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_2^{(k)}}{\partial |V_n|} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_n^{(k)}}{\partial |V_n|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2^{(k)} \\ \vdots \\ \Delta \delta_n^{(k)} \\ \Delta |V_2^{(k)}| \\ \vdots \\ \Delta |V_n^{(k)}| \end{bmatrix} \quad (31)$$

Linierisasi pada persamaan (29) dan (30) menggunakan deret Taylor dengan mengabaikan semua orde tinggi kan didapatkan satu persamaan linier. Pada persamaan diatas, bus 1 diasumsikan sebagai *swing bus*. Matriks jacobian memberikan hubungan linierisasi antara perubahan kecil dari sudut tegangan  $\Delta \delta_i^{(k)}$  dan besarnya tegangan  $\Delta |V_i^{(k)}|$  dengan perubahan kecil dalam daya nyata dan reaktif  $\Delta P_i^{(k)}$  dan  $\Delta Q_i^{(k)}$ . Elemen matriks jacobian adalah turunan parsial dari evaluasi pada  $\Delta \delta_i^{(k)}$  dan  $\Delta |V_i^{(k)}|$ . Dalam bentuk singkat, dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j1 & j2 \\ j3 & j4 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} \delta \\ |V| \end{bmatrix} \quad (32)$$

### Electric Transient and Analysis Program (ETAP)

*Electric Transient and Analysis Program (ETAP)* meriupakan suatu perangkat lunak yang mendukung simulasi sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengolahan data *real-time*. Fitur yang terdapat pada software *ETAP* bermacam-macam antara lain fitur yang dapat digunakan untuk menganalisa pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi, maupun distribusi tenaga listrik.

Perangkat lunak *ETAP* ini awalnya dibuat dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di amerika serikat selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara *real-time*, simulasi kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik dalam bentuk *single line diagram* secara grafis untuk berbagai bentuk analisis, *load flow* (aliran daya), *short circuit* (hubung singkat), *starting motor*, *transient stability*, *optimal capacitor placement*, *protective device coordination* (koordinasi relay proteksi), sistem harmonisa, dan *cable derating*. Kelengkapan data dari setiap komponen atau peralatan listrik pada sistem dapat mendekati keadaan operasional sebenarnya.

Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam membuat proyek dengan menggunakan *ETAP*, yaitu :

1. *Single line diagram*, menunjukkan hubungan antara komponen atau peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
2. *Library*, merupakan informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari

peralatan yang detail dapat mempermudah serta memperbaiki hasil simulasi.

- Standar yang digunakan, mengacu pada standar IEC dan ANSI. Perbedaan antara IEC dan ANSI terletak pada standar frekuensi yang digunakan berdasarkan spesifikasi peralatan yang digunakan. Pada standar IEC nilai frekuensi yang digunakan 50 Hz, sedangkan pada standar ANSI nilai frekuensi yang digunakan adalah 60Hz.
- Study case, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format analisa (Data primer software ETAP, 2020).

### Data Penelitian

Data yang digunakan adalah data beban listrik harian yang memperlihatkan perilaku beban listrik di Kota Surabaya, berupa besar beban listrik dalam Mega Watt (MW) dan waktu terjadinya beban tersebut dalam setiap hari (24 jam) data tersebut berdasarkan pada referensi yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Wilayah Surabaya Selatan tahun 2016. Berikut data yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2-4. (Sumber: Data PLN Ngagel, 2016)

**Tabel 2.** Data Spesifikasi Transformator Terpasang

NO	KODE GARDU	LOKASI	RATING (KV)	TRAFO (KVA)
1	BD 1137 K	Jl. Ngagel 27	20/0.4	250
2	BD 153 K	Jl. Ngagel 127	20/0.4	160
3	BD 154 K	Jl. Ngagel 127	20/0.4	160
4	BD 152	Jl. Raya Ngagel	20/0.4	75
5	BD 1270 K	Jl. Ngagel Blok F	20/0.4	200
6	BD 148	Graha Asri	20/0.4	100
7	BD 149	Jl. Ngagel 179	20/0.4	160
8	BD 150	Jl. Ngagel 183	20/0.4	160
9	BD 151	Jl. Ngagel 209	20/0.4	160
10	BD 201	Jl. Ngagel 215	20/0.4	100
11	BD 198	Jl. Ngagel 47	20/0.4	200
12	BD 297	Jl. Ngagel 5	20/0.4	100
13	BD 1057 K	Jl. Ngagel 1	20/0.4	100
14	BD 442	Jl. Ngagel Tirto 1	20/0.4	100
15	BD 799	Jl Kebonsari 1	20/0.4	100
16	BD 197	Jl. Ngagel Rejo 1	20/0.4	160
17	BD 1245	Jl. Ngagel Rejo 3	20/0.4	100
18	BD 195	Jl. Ngagel Rejo 37	20/0.4	150
19	BD 196	Jl. Ngagel Rejo 31	20/0.4	160
20	BD 683	Jl. Ngagel Rejo 69	20/0.4	200
21	BD 1012	Jl. Ngagel Kidul	20/0.4	100
22	BD 193	Jl. Ngagel Rejo 100	20/0.4	150
23	BD 179	Jl. Bratang Gedhe	20/0.4	160
24	BD 685	Jl. Ngagel Mulyo 8	20/0.4	160
25	BD 188	Jl. Ngagel Mulyo 7	20/0.4	100
26	BD 1258	Jl. Ngagel Madya 8	20/0.4	100
27	BD 1089	Jl. Ngagel Mulyo	20/0.4	100
28	BD 191	Jl. Ngagel 42	20/0.4	150
29	BD 1155	Jl. Ngagel Mulyo	20/0.4	100

**Tabel 3.** Data Saluran Distribusi

NO	DATA SALURAN					
	DARI	KE	KM	R	X	Z
1	Feeder	T1	0.699	0.1511	0.2309	0.2759

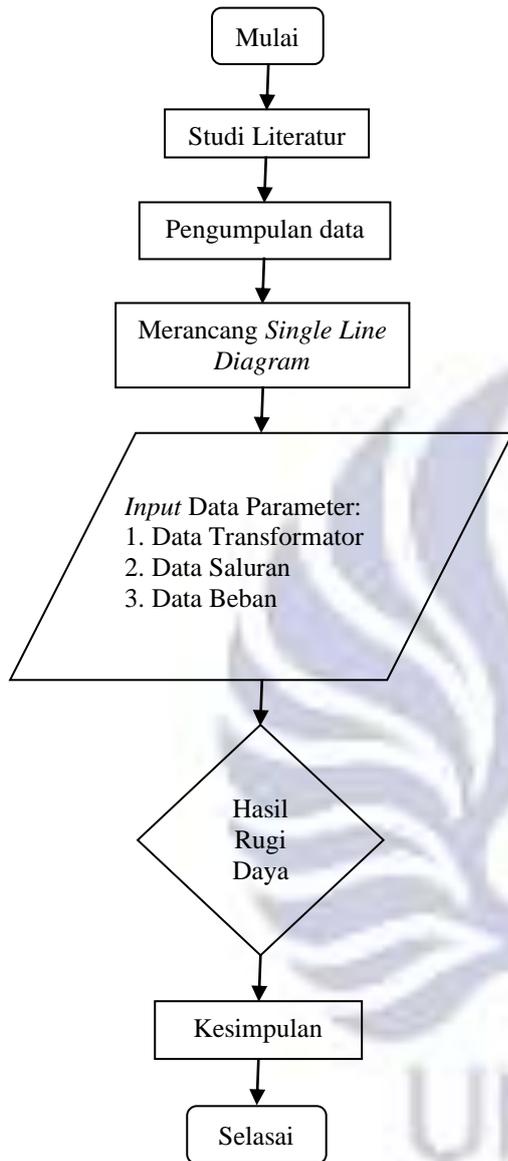
2	T1	T2	0.070	0.0151	0.0231	0.0276
3	T2	T3	0.007	0.0015	0.0023	0.0027
4	T2	T4	0.050	0.0108	0.0165	0.0197
5	T4	T5	0.009	0.0019	0.0029	0.0034
6	T5	T6	0.621	0.1342	0.2051	0.2451
7	T6	T7	0.113	0.0244	0.0373	0.0445
8	T7	T8	0.075	0.0162	0.0247	0.0295
9	T7	T9	0.275	0.0594	0.0908	0.1085
10	T9	T10	0.107	0.0231	0.0353	0.0421
11	T10	T11	0.769	0.1662	0.2540	0.3035
12	T11	T12	0.105	0.0227	0.0346	0.0413
13	T11	T13	0.136	0.0294	0.0449	0.0536
14	T13	T14	0.113	0.0244	0.0373	0.0445
15	T14	T15	0.123	0.0265	0.4063	0.4071
16	T15	T16	0.079	0.0170	0.0261	0.0311
17	T14	T17	0.084	0.0181	0.0277	0.0330
18	T17	T18	0.042	0.0090	0.0138	0.0164
19	T18	T19	0.045	0.0097	0.0148	0.0177
20	T14	T20	0.196	0.0423	0.0647	0.0773
21	T20	T21	0.075	0.0162	0.0247	0.0295
22	T21	T22	0.140	0.0302	0.0462	0.0551
23	T22	T23	0.288	0.0622	0.0951	0.1136
24	T22	T24	0.039	0.0084	0.0128	0.0153
25	T24	T25	0.125	0.0270	0.0413	0.0493
26	T25	T26	0.114	0.0246	0.0376	0.0449
27	T25	T27	0.048	0.0103	0.0158	0.0188
28	T27	T28	0.049	0.0105	0.0161	0.0192
29	T28	T29	0.202	0.0436	0.0667	0.0796

**Tabel 4.** Data Beban Subsistem Penyulang Bagong

NO	KODE GARDU	BEBAN TRAF0			
		KVA	KW	KVAR	PF (%)
1	BD 1137 K	147	125	77.4	85
2	BD 153 K	106	90.1	55.8	85
3	BD 154 K	102	86.7	53.7	85
4	BD 152	49	41.6	25.8	85
5	BD 1270 K	134	114	70.5	85
6	BD 148	48	40.8	25.2	85
7	BD 149	81	68.8	42.6	85
8	BD 150	80	68	42.1	85
9	BD 151	58	49.3	30.5	85
10	BD 201	39	33.1	20.5	85
11	BD 198	127	108	66.9	85
12	BD 297	33	27.1	18.8	82
13	BD 1057 K	56	47.6	29.5	85
14	BD 442	53	45.1	27.9	85
15	BD 799	36	30.6	18.9	85
16	BD 197	112	92.9	62.4	83
17	BD 1245	38	32.3	20.1	85
18	BD 195	82	69.7	43.1	85
19	BD 196	98	80.3	56.1	82
20	BD 683	91	77.3	47.9	85
21	BD 1012	52	44.2	27.3	85
22	BD 193	118	100	62.1	85
23	BD 179	125	104	69.7	83
24	BD 685	99	84.1	52.1	85
25	BD 188	42	35.7	22.1	85
26	BD 1258	40	32.8	22.8	82
27	BD 1089	53	45.1	27.9	85
28	BD 191	46	39.1	24.2	85
29	BD 1155	67	55.6	37.3	83

**PEMBAHASAN**

Data beban listrik penyulang bagong meliputi data *transformator*, data saluran distribusi, dan data beban. *Flowchart* simulasi rugi daya ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Flowchart Simulasi Rugi Daya

**Hasil Simulasi ETAP**

Parameter input yang digunakan sesuai dengan data observasi yang dilakukan di PT.PLN APD Jawa Timur untuk standar jaringan distribusi menggunakan standar IEC dengan frekuensi 50 Hz. Hasil permodelan *single line digram* subsistem jaringan distribusi 20 kv penyulang bagong menggunakan *software ETAP 12.6.0*.

Simulasi aliran daya diperlukan nilai batasan tegangan dengan menggunakan batas *critical* dan *marginal*, *critical* merupakan keadaan suatu komponen kelistrikan yang berbahaya dan segera dilakukan penanganan, sedangkan *marginal* merupakan keadaan suatu komponen kelistrikan yang hampir mendekati *critical* tetapi masih ditoleransi namun tetap perlu diperhatikan. Batas *critical* tegangan

yang diatur dalam simulasi yaitu + 5% dan -10%, dan untuk batas marginal tegangan yaitu +2% dan -5%.

Setelah seluruh data parameter yang dibutuhkan dimasukkan pada program untuk simulasi analisis aliran daya (*load flow*) untuk mengetahui kondisi rugi daya suatu sistem. Berikut uraian hasil simulasi rugi daya seperti ditunjukkan pada tabel 5.

**Tabel 5.** Uraian Hasil Simulasi Rugi Daya

NO	SALURAN	KV	A	DAYA		RUGI DAYA (kW)
				KW	KVAR	
1	1	19.98	64.77	1883	1220	1.329
2	2	19.98	60.47	1756	1138	0.012
3	3	19.98	2.989	87.342	55.441	0
4	4	19.98	54.38	1578	1025	0.005
5	5	19.98	52.94	1536	998	0
6	6	19.968	49.01	1421	925	0.601
7	7	19.968	47.61	1380	898	0.019
8	8	19.968	2.338	68.366	43.173	0
9	9	19.966	42.9	1242	812	0.09
10	10	19.965	41.21	1193	780	0.013
11	11	19.951	40.08	1159	759	0.616
12	12	19.951	0.961	27.143	19.146	0
13	13	19.95	35.39	1023	670	0.015
14	14	19.949	33.75	975	640	0.031
15	15	19.949	4.34	124	83.756	0.001
16	16	19.948	3.291	93.693	64.462	0
17	17	19.949	6.38	183	122	0
18	18	19.949	5.273	151	102	0
19	19	19.949	2.874	80.91	57.584	0
20	20	19.949	21.48	622	405	0.011
21	21	19.949	18.83	544	356	0.001
22	22	19.948	17.31	500	328	0.004
23	23	19.948	3.681	105	72.226	0.002
24	24	19.948	10.15	294	191	0
25	25	19.948	7.249	209	138	0.001
26	26	19.948	1.167	32.93	23.279	0
27	27	19.948	4.857	141	91.719	0
28	28	19.948	3.306	95.226	63.084	0
29	29	19.948	1.968	56.025	38.507	0
Rugi daya rata-rata						0,1227

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Dari hasil pembahasan penelitian artikel ilmiah diperoleh besarnya rugi daya tertinggi pada 5 saluran diantaranya: saluran 1 sebesar 1.329 kW, saluran 11 sebesar 0.616 kW, saluran 6 sebesar 0,106 kW, saluran 14 sebesar 0.031 kW dan saluran 7 sebesar 0.019kW dan rugi daya rata-rata keseluruhan sistem yaitu sebesar 0,1227kW.

**DAFTAR PUSTAKA**

Chopade, P., & Bikdash, M. (2011). Minimizing Cost And Power Loss By Optimal Placement Of Capacitor Using Etap. *Proceedings Of The Annual Southeastern Symposium On System Theory, December*, 24–29. <https://doi.org/10.1109/Ssst.2011.5753771>

- Daryanto, 2014. “ *Konsep Dasar Teknik Elektro Kelistrikan*”. Bandung: Alfabeta.
- Harison Torang, F. (2017). *Analisa Rekonfigurasi Pada Feeder Sibuk Untuk Mengurangi Rugi- Rugi Daya Dan Drop Tegangan Dengan Menggunakan Etap 12 . 6 . 0 Torang Harison \*, Firdaus \*\* \* Teknik Elektro Universitas Riau \*\* Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau Kampus Binawidya Km 12. 4(1), 1–11.*
- Hilmansyah, M. T., Hariyanto, N., & Saodah, S. (2018). Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Daya Di Penyulang Cdm Mochammad Toha - Bandung Hingga Trafo Distribusi. *Telka - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, 4(1), 24–32. <https://doi.org/10.15575/Telka.V4n1.24-32>
- Husu, S., Lolok, A., Hay, S., Pagiling, L., Koedoes, Y. A., Studi, P., Elektro, T., Haluoleo, U., Raha, R., & Distribusi, S. (2019). *Program Pendidikan Vokasi Universitas Halu Oleo Analisis Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Pt Pln*. 298–303.
- Nizam, Khoiron Muhammad. 2019. *Analisis Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Lumumba Pt. Pln Ngagel Surabaya*. 4(1), 64–75.
- Risjayanto, Baktiyar Freda. 2018. “*Optimal Capacitor Placement (OCP) Pada Sistem Jaringan Distribusi 20 Kv Menggunakan ETAP*”. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Saadat, H. 1999. “Power System Analysis. The McGraw-Hill Companies”.
- Stevenson, William D. 1996. “*Analisis Sistem Tenaga Listrik*”. Edisi ke 4. Diterjemahkan oleh: Kamal Idris. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Studi, P., Teknik, S., Teknik, F., Surabaya, U. N., Elektro, D. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (N.D.). *Optimal Capacitor Placement ( Ocp ) Pada Sistem Jaringan Distribusi 20 Kv Menggunakan Etap Baktiyar Freda Risjayanto Tri Wrahatnolo*.
- Temmy, Muhammad. 2018 “*Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Di Penyulang CDM Mochammad Toha-Bandung Hingga Trafo Distribusi*” Bandung: Institut Teknologi Nasional
- Widodo, G. 2013. “*Handout Analisa Sistem Tenaga Listrik*”. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Whitaker, J. C. (2018). The Resource Handbook Of Electronics. In *The Resource Handbook Of Electronics*. <https://doi.org/10.1201/9781315220673>





UNESA

Universitas Negeri Surabaya