Analisis Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Penyulang Barata Jaya Area Surabaya Selatan Menggunakan Software Etap 12.6

Guton Albaroka
Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : albaroka74@gmail.com

Gatot Widodo
Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : gatotwidodo@unesa.ac.id

Abstrak

Tugas akhir ini membahas rugi daya pada saluran distribusi primer 20 kV pada penyulang Barata Jaya Surabaya selatan menggunakan software ETAP 12.6. Metode yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu metode penelitian kuantitatif, pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, observasi dan dokumentasi.

Pada perhitungan menggunakan software ETAP 12.6. Total besarnya rugi daya pada penyulang Barata Jaya yaitu12,9 kW + j19,0 kVAR atau 22,96 kVA atau 0,038 % dari daya yang terkirim dari GI Ngagel. Sedangkan besar jatuh tegangan sebesar 2,18 % atau 436 V dari tegangan nominal yang digunakan yaitu 20 kV. Berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987,dimana jatuh tegngan dan rugi daya yang diijinkan dalam jaringan distribusi 20 kV adalah 5% dan 10%. Sehingga dapat diasumsikan bahwa sistem distribusi penyulang Barata Jaya Area Surabaya Selatan sesuai dengan peraturan SPLN,karena jatuh tegangan <5%.

Kata Kunci: Jaringan Distribusi 20 kV, Jatuh Tegangan,Rugi Daya,ETAP 12.6

Abstract

This reasearch explores power losses in the 20 kV primary power distribution in the feeder Barata Jaya of South Surabaya using ETAP software 12.6. Method that used in this reasearch is quantitative research methods, data collection through interviews, observation and documentation.

In the calculations using ETAP software 12.6. Total amount of power losses in the feeder Barata Jaya is 12,9 kW + j19.0 kVAR or 22.96 KVA, or 0.038% of the power is sent from the GI Ngagel. While large voltage drop of 2.18% or 436 V of the nominal voltage used is 20 kV. Based SPLN 72 1987, in which the voltage drop and power losses are allowed in 20 kV distribution network are 5% and 10%. It can be assumed that the distribution system feeders Barata Jaya Surabaya Area South in accordance with the regulations SPLN, since the voltage drop of <5%.

Keywords : Power Distribustion 20 kV, Drop Voltage, Power Losses ,ETAP 12.6

PENDAHULUAN

Tenaga listrik sudah menjadi kebutuhan pokok manusia, aktivitas penggunaan tenaga listrik terus semakin meningkat hal ini berkaitan dengan tingkat perekonomian dan jumlah penduduk yang meningkat pada suatu wilayah ataupun daerah sehingga penyaluran energi listrik harus dapat terjamin , harga yang wajar dan mutu yang baik hal ini tertuang pada kebijakan energi nasional melalui PP no.5 tahun 2006. Pemasok tenaga listrik dalam hal ini PT.PLN (Persero),dituntut mampu memberikan suatu pelayanan tenaga listrik yang optimal mulai pada pembangkitan tenaga listrik, jaringan transmisi dan jaringan distribusi listrik.

Tujuan utama dari sistem tenaga listrik ini adalah mengusahakan penyediaan dan pengiriman tenaga listrik yang tetap memperhatikan mutu serta keandalan(Suhadi,2009). Pada kenyataan di lapangan, penyaluran tenaga listrik terdapat kendala yang mungkin dapat terjadi ,yaitu salah satunya adanya rugi-rugi daya (*losses*). Rugi-rugi daya pada sistem distribusi tenaga listrik dapat mempengaruhi mutu dan keandalan pada sistem. Rugi-rugi daya diakibatkan oleh arus yang mengalir melalui penghantar tersebut.

Atas dasar perencanaan yang baik diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penyaluran tenaga listrik secara maksimal terhadap konsumen sesuai dengan yang diharapkan.

Berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987, besarnya nilai rugi daya diperlukan untuk menentukan keandalan pada sistem, yaitu nilai rugi daya dan drop tegangan tidak boleh melebihi standar yang diijinkan,yaitu 5% untuk rugi tegangan dan 10% untuk rugi daya. Apabila melebihi standar yang diijinkan akan menyebabkan

kerugian bagi konsumen serta penyalur tenaga listrik.(Marsudi,2016:7)

KAJIAN PUSTAKA

Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik secara garis besar terdiri dari tiga bagian, yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Pusat pembangkitan merupakan tempat energi listrik dibangkitkan, dan dengan menggunakan transformator penaik tegangan (*step-up*), tegangan listrik yang dihasilkan berkisar antara 11 kV – 24 kV. Dan selanjutnya dinaikan ke tingkat transmisi, 115 kV – 765 kV.(Suhadi,2009)

Dari saluran transmisi kemudian dihubungkan antara pusat pembangkit dengan sistem distribusi atau konsumen melalui gardu induk dengan menurunkan tegangan pada transformator penurun tegangan (*step-down*) menjadi tegangan menengah. Pada bagian distribusi inilah energi listrik selanjutnya disalurkan ke knsumen untuk berbagai keperluan.(Stevenson,1994:5)

Daya Listrik

Daya listrik merupakan jumlah energi yang digunakan oleh beban untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik dibagi menjadi tiga,yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya nyata.

Menurut B. L. Theraja (1984),daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan kerja. Rumus daya aktif adalah sebagai berikut :

Rumus daya aktif satu phasa,yaitu :

$$P = V.\ I.\ \cos\varphi \qquad (1)$$

Rumus daya aktif tiga phasa :

$$P = \sqrt{3}.\ V.\ I\ \cos\varphi \qquad (2)$$

Keterangan : Cos φ = Faktor daya
V = Tegangan (Volt)
I = Kuat Arus (Ampere)

Menurut B.L.Theraja (1984),daya reaktif adalah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Daya ini tidak akan hilang dan akan terus ada dalam sistem (terus berbolak-balik antara sumber dan beban), satuannya adalah VAR.

Daya reaktif satu phasa :

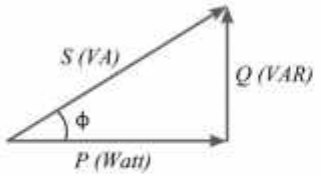
$$Q = V.I.\sin\varphi \qquad (3)$$

Daya reaktif tiga phasa :

$$Q = 3.V.I\ .\sin\varphi \qquad (4)$$

Menurut B.L Theraja(1984) Daya nyata adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif,satuannya adalah VA.

Hubungan antara daya nyata, daya reaktif dan daya semu dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 1. Hubungan segitiga daya
Sumber : Stevenson,1994:19

Sesuai dengan hubungan segitiga diatas maka hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya nyata dapat diekspresikan ke dalam sebuah persamaan pitagoras seperti pada persamaan :

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} \qquad (5)$$

Keterangan : S = Daya nyata (VA)
P = Daya aktif (Watt)
Q = Daya reaktif (VAR)

Jatuh Tegangan

Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ΔV pada penghantar semakin besar jika arus I di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar Rℓ semakin besar pula. (Abdul Hadi,1994:57).

Tegangan dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut :

$$(\Delta V) = \sqrt{3}\ I\ L\ (R\ .\ \cos\varphi + X\ .\ \sin\varphi) \qquad (6)$$

Keterangan :
I = Arus beban (Ampere)
R = Tahanan (Ohm/ Km)
X = Reaktansi (Ohm/Km)
L = Jarak (Km)

Rugi-Rugi Daya

Daya listrik yang dikirim dan disalurkan dari gardu induk/trafo distribusi ke pemakai mengalami rugi tegangan dan rugi daya, ini disebabkan karena saluran distribusi mempunyai tahanan, induktansi, dan kapasitas. Karena saluran distribusi primer ataupun sekunder berjarak pendek maka kapasitas dapat diabaikan. Rumus rugi daya :

$$\text{Rugi daya nyata : } \Delta P = I^2\ R\ \frac{L^3}{3} \qquad (7)$$

$$\text{Rugi daya reaktif : } \Delta Q = I^2\ X\ \frac{L^3}{3} \qquad (8)$$

Keterangan : P = Daya Aktif (Watt)
Q = Daya Reaktif (VAR)
R = Resistansi (Ohm/Km)
X = Reaktansi (Ohm/Km)
L = Panjang saluran (Km)

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Efisiensi Daya Listrik

Daya listrik yang tersalurkan dari sumber ke beban jumlahnya berbeda,hal ini dikarenakan terjadinya rugi-rugi daya. Sehingga hal ini dapat menentukan efisiensi daya pada sistem tersebut. Untuk menentukan besarnya efisiensi daya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$= \frac{\Delta S\ (kVA)}{S_{kirim}} \text{ x } 100\% \qquad (9)$$

ETAP 12.6

ETAP merupakan program analisa grafik transien kelistrikan yang dapat dijalankan dengan program microsoft®,windows®2000, XP,vista,7 dan 8. ETAP merupakan alat analisa yang komperehensif untuk desain dan testing power system. Program ETAP dibuat oleh Perusahaan Operation Technology,Inc (OTI) dari tahun 1983. ETAP ersi 12.6 merupakan salah satu produk OTI. Tujuan program ETAP 12.6 adalah untuk memperoleh perhitungan dan analisa sistem tenaga listrik pada sistem yang besar pada komputer. ETAP mempunyai kemampuan untuk menghitung analisa :

Load Flow Analysis, Short cicuit Analysis, Harmonic Analysis, Transient Stability Analysis, Relay Coordination, Optimal Power Flow Analysis, Reliability Analisis, DC Load Flow Analysis, DC Short Circuit Analysis ,Battery Sizing, Cable Raceways, Grounding Grid.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

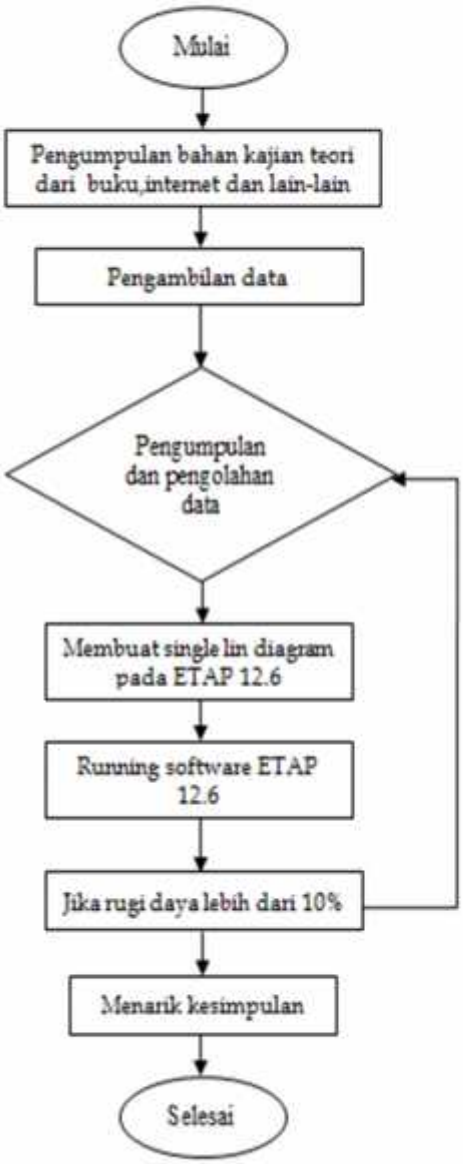
Penelitian ini untuk menganalisis rugi daya dan rugi tegangan menggunakan software ETAP 12.6. Pada penelitian ini, akan dilakukan penghitungan rugi daya dan rugi tegangan menggunakan *software* ETAP 12.6 pada sistem.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penilitian dilakukan di Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Penelitian berlangsung dalam semester genap tahun ajaran 2015-2016.

Teknik Analisis Data

Analisis data yang diperoleh dalam penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan dalam rangka merumuskan kesimpulan, seperti dijelaskan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian
Sumber : Data diolah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pada penelitian ini merupakan data yang disajikan berupa hasil olah data dari PLN berguna untuk memberikan gambaran terkait pada objek penelitian yang akan dianalisis. Data yang digunakan

UNESA Universitas Negeri Surabaya

sebagai acuan dalam perhitungan yaitu berupa data parameter sistem yang bersifat kuantitatif.

Data Jaringan Listrik PLN

Pada tugas akhir ini dianalisa perhitungan rugi daya dan jatuh tegangan sepanjang penyulang yang melalui beberapa transformator distribusi.

Sebelum memulai perhitungan, perlu diketahui dahulu data yang akan digunakan untuk menganalisa jatuh tegangan, sebagai berikut:

a) Peta jaringan saluran distribusi.
b) Data ukur transformator distribusi.
c) Panjang saluran tiap transformator distribusi.

Konstanta Jaringan

Data Impedansi kawat ini diambil dari Standart Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 64 Tahun 1985. Tahanan (R) dan Reaktansi (X) penghantar AAAC tegangan 20 Kv dapat di tunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Konstanta Jaringan Distribusi

No	Luas Penampang (mm^2)	Z urutan positif (Ω /km)
1	16	2,0161 + j 0,4036
2	25	1,2903 + j 0,3895
3	35	0,9217 + j 0,3790
4	50	0,6452 + j 0,3678
5	70	0,4608 + j 0,3572
6	95	0,3096 + j 0,3449
7	120	0,2688 + j 0,3376
8	150	0,2162 + j 0,3305
9	185	0,1744 + j 0,3239
10	240	0,1344 + j 0,3158

Sumber : SPLN No 64, tahun 1985

Data Ukur Kapasitas Transformator dan Pembebanan Distribusi Penyulang Barata Jaya

Data transformator distribusi di Penyulang Barata Jaya dapat di tunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Kapasitas Trafo

No	**Nomor Trafo**	**Kapasitas Trafo (KVA)**
1	BD 388	200
2	BD 389	150
3	BD 392	200
4	BD 393	160
5	BD 453	160
6	BD 499	150
7	BD 500	160
8	BD 516	100
9	BD 840	100
10	BD 461	100
11	BD 630	200
12	BD 390	100
13	BD391K	150
14	BD1180K	250
15	BD1224K	100
16	BD628K	150
17	BD718K	150
18	BD1285K	100
19	BD1063K	100
Total		2480

Sumber : PT.PLN Rayon Ngagel Area Surabaya Selatan,tahun 2016

Jenis Kabel dan Panjang Saluran Distribusi Primer di Penyulang Barata Jaya

Pada tabel 3 adalah data panjang saluran dari Gardu Induk Ngagel ke tiap – tiap trafo pada penyulang Barata Jaya. Beserta jenis kabel dan luas penempang kanel yang digunakan. Total panjang saluran pada area yang dianalisis adalah 2962 meter.

Tabel 3. Data Panjang Saluran

No	**No.Trafo**	**Panjang Saluran**
1	BD516	0,794 km
2	BD461	1,065 km
3	BD453	1,278 km
4	BD840	1,283 km
5	BD389	1,378 km
6	BD388	1,430 km
7	BD630	1,711 km
8	BD500	1,733 km
9	BD628K	1,754 km
10	BD390	1,787 km
11	BD718K	1,806 km
12	BD391K	1,813 km
13	BD392	1,814 km
14	BD1224K	1,866 km
15	BD1063K	1,903 km
16	BD1285K	1,912 km
17	BD499	1,924 km
18	BD1180K	1,931 km
19	BD393	2,075 km

Sumber : PT.PLN Rayon Ngagel Area Surabaya Selatan,tahun 2016

Setelah diketahui data yang akan di masukan, maka langkah selanjutnya adalah membuat single line pada ETAP 12.6. Pada gambar 2 adalah gambar *single line* penyulang Barata Jaya pada software ETAP 12.6.

Gambar 3. *Single line* Penyulang Barata Jaya pada software ETAP 12.6
Sumber : Data diolah

Kemudian *running software* ETAP,maka akan tampil hasil dari perhitungan rugi daya dan rugi tegangan menggunakan software seperti pada tabel 4 dibawah.

Tabel 4. Hasil Perhitungan rugi daya dan rugi tegangan penyulang Barata Jaya

No	No.Trafo	Rugi daya(kW)	Rugi daya (kVAR)	Rugi Tegangan (%)
1	BD516	0,6	0,9	1,95
2	BD461	0,1	0,2	0,94
3	BD453	1,0	1,6	2,04
4	BD480	0,3	0,5	1,12
5	BD388	0,0	0,1	0,39
6	BD389	0,4	0,7	1,38
7	BD390	0,1	0,1	0,64
8	BD391K	0,5	0,7	2,51
9	BD1180K	1,9	2,9	2,22
10	BD630	0,1	0,2	0,69
11	BD392	0,7	1,1	1,55
12	BD1224K	1,2	1,8	2,79
13	BD393	0,7	1,1	1,70
14	BD500	1,3	2,0	2,33
15	BD628K	0,4	0,6	2,27
16	BD718K	0,3	0,5	2,00
17	BD1063K	0,6	0,9	1,95
18	BD1285K	1,1	1,6	2,61
19	BD499	1,0	1,5	2,09
Jumlah		12,9	19	

Sumber : Data diolah

Dari hasil perhitungan jatuh tegangan dan rugi daya simulasi pada penyulang Barata Jaya menggunakan ETAP 12.6 diperoleh :

1) Rugi tegangan pada penyulang Barata Jaya dari hasil simulasi pada ETAP adalah rata-rata sebesar 1,74 % atau 348 volt dari tegangan nominal yang digunakan yaitu 20 kV.
2) Sedangkan total nilai rugi daya dari hasil simulasi pada ETAP adalah sebesar 12,9 kW + 19 kVAR atau 22,96 kVA atau 0,038 % dari daya yang terkirim dari GI yaitu 60 MVA. Diperoleh dengan perhitungan :

$$= \frac{\Delta S\ (kVA)}{S_{kirim}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{22{,}96\ \text{kVA}}{60\text{MVA}} \text{ x } 100\%$$

$$= 0{,}038\%$$

PENUTUP

Simpulan

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa besar rugi tegangan pada penyulang Barata Jaya dari hasil perhitungan adalah rata-rata sebesar 1,74 % atau 348 V dari tegangan nominal yang digunakan yaitu 20 kV.

Sedangkan nilai rugi daya dari hasil perhitungan adalah sebesar 12,9 kW + j19,0 kVAR atau 22,96 kVA atau 0,038 % dari daya yang terkirim.

Dengan demikian dapat disimpulkan sistem distribusi penyulang Barata Jaya area Surabaya Selatan masih sesuai standar PLN.

UNESA Universitas Negeri Surabaya

Saran

Saran yang dapat diberikan berdarsakan kesimpulan, sebagai berikut :

Rugi tegangan pada penyulang Barata Jaya masih dapat dikurangi dengan pemeliharaan rutin terhadap semua jenis peralatan yang digunakan dengan cara mengganti peralatan yang perlu untuk diganti.

Demikian halnya dengan rugi daya pada penyulang Barata Jaya yang masih bisa untuk di kurangi lagi dengan pemeliharaan rutin.

DAFTAR PUSTAKA

Hadi, Abdul, Sistem Distribusi Daya Listrik, Erlangga, Jakarta,1994

Marsudi,Djiteng ,"Operasi Sitem Tenaga Listrik",Edisi Ketiga,Penerbit Graha Ilmu,Yogyakarta,2016

SPLN No.64 tahun 1985

SPLN No.72 tahun 1987

Stevenson Jr. D.William, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta, 1994

UNESA
Universitas Negeri Surabaya