

METODE PENDEKATAN UNTUK MEREKONFIGURASI PANJANG MAKSIMAL PADA PENYULANG TAMBAK LOROK 04 DAN KALISARI 02 DI UPJ SEMARANG TENGAH

Zulfakar Athur Banartama^{*)}, Hermawan, and Karnoto

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

**)E-mail : athur.ace@gmail.com*

Abstrak

Metode pendekatan merupakan salah satu cara untuk menekan jatuh tegangan menjadi lebih kecil, dengan prinsip menghitung panjang maksimal pada penyulang dengan menggunakan mengetahui besar arus di pangkal penyulang dan menentukan faktor lokasi beban penyulang. Panjang penyulang yang melebihi standart menyebabkan jatuh tegangan besar sehingga merugikan PLN dan konsumen. Kondisi existing panjang jaringan pada Tambak Lorok 04 masih melebihi panjang maksimal pada titik 196 dengan panjang 16.87 km melebihi standart PLN sebesar 15 km sehingga ada Tambak Lorok 04 tidak memenuhi syarat. Pada Kalisari 02 mempunyai panjang 8.7 km. Hasil perhitungan metode pendekatan panjang maksimal penyulang untuk panjang maksimal Tambak Lorok 04 adalah 10.67 km dengan voltage drop 1.93% dengan beban 7740 kVA sehingga memenuhi standart. Hasil Panjang maksimal penyulang yang melebihi batas maka akan direkonfigurasi sehingga panjang penyulang Kalisari 02 menjadi 14.9 km dengan voltage drop 1,54% dengan beban 8155 kVA.

Kata Kunci :jatuh tegangan, penyulang, direkonfigurasi.

Abstract

Method of approach is one way to reduce the voltage drop becomes smaller, with the principle of calculating the maximum length of the feeder by using knowing the current at the base of the factors determining the location of feeders and feeder load. Feeder length in excess of the standard causes a voltage drop to the detriment of PLN and consumers. Long existing network conditions on farms Lorok 04 still exceeds the maximum length at 196 points with a standard length of 16.87 km exceeding PLN for 15 km to the Pond Lorok 04 are not eligible. At 02 Kalisari 8.7 km in length. The results of the calculation method feeder approaches the maximum length for a maximum length of 04 Pond Lorok is 10.67 km with 1.93% voltage drop with a load of 7740 kVA to meet the standard. Results that exceed the maximum length of feeders will be reconfigured so that limits the length of feeder Kalisari 02 to 14.9 km with 1.54% voltage drop with a load of 8155 kVA.

Keyword: UPJ Semarang Tengah, Rekonfigurasi, ETAP 7.0.0

1. Pendahuluan

UPJ Semarang Tengah merupakan Unit Pelayanan Jaringan wilayah Wonosobo dari PT. PLN Persero yang melayani segala kebutuhan energy listrik kepada masyarakat. Energi listrik sebagai salah satu infrastruktur yang menyangkut hajat hidup orang banyak, maka penyaluran energi listrik harus dapat terjamin dalam jumlah yang cukup, Kebutuhan energi listrik terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Hal ini dikarenakan oleh semakin berkembangnya kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap tingkat kebutuhan tenaga listrik seperti faktor ekonomi, kependudukan dan

kewilayahan. Kondisi ini tentunya harus diantisipasi sedini mungkin oleh PT. PLN (Persero) selaku penyedia energi listrik. PT. PLN (Persero) harus dapat menjamin energi listrik yang dihasilkan dan disalurkan dalam keadaan cukup. Untuk itu perlu dilakukan proyeksi kebutuhan energi listrik dan pengembangan fisik. Maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisa kondisi eksisting Tambak Lorok 04 (TBL 04) dan Kalisari 02 (KS 02) UPJ Semarang Tengah
2. Menentukan *voltage drop* dengan menggunakan metode pendekatan panjang maksimal penyulang
3. Meminimalisasikan voltage drop pada Tambak Lorok 04.

4. Merekonfigurasi jaringan pada Tambak Lorok 04 dan Kalisari 02 UPJ Semarang Tengah.

Untuk membatasi pembahasan yang akan dilakukan maka dalam penelitian ini dibuat beberapa batasan – batasan masalah antara lain :

1. Area yang diproyeksikan dalam penelitian ini adalah TambakLorok 04 (TBL 04) danKalisari 02 (KS 02) UPJ Semarang Tengah
2. Data beban dan peralatan energi listrik yang digunakan adalah data perusahaan listrik di UPJ Semarang Tengah.
3. Data Peta Autocad, dan Tata Guna Lahan yang digunakan adalah data penyulang TambakLorok 04 (TBL 04) danKalisari 02 (KS 02) UPJ Semarang Tengah.
4. Rekonfigurasi jaringan distribusi berdasarkan pada parameter total rugi-rugi saluran, *voltage drop* dan panjang maksimal penyulang.
5. ETAP 7.0.0 hanya menganalisa hasil rekonfigurasi jaringan distribusi berdasarkan hasil panjang maksimal penyulang dan *Voltage Drop*.

2. Metode

2.1 Metode Perhitungan Jatuh Tegangan

Adanya *voltage drop* dikarenakan tegangan yang hilang selama proses pendistribusian melalui jaringanakan mengurangi efisiensi dari sistem tersebut, terutama pada trafo distribusi. Ini bias terjadi karena adanya gesekan-gesekan teknis, mekanis, maupun factor cuaca yang menyebabkan adanya arus bocor pada kabel-kabel saluran distribusi. Panjang penyulang juga mempengaruhi *voltage drop* karena untuk mengetahui impedansi panjang penyulang adalah impedansi pada kabel dikali dengan jarak penghantar. Panjang jaringan menurut standart PLN adalah sebesar 15km dan untuk standart maksimal *voltage drop* adalah sebesar 5% (berdasarkan SPLN 72:1987). Yang dimaksud metode pendekatan adalah mengetahui besar arus di pangkal feeder (*upstream*) dan menentukan faktor lokasi beban penyulang ,maka panjang penyulang maksimum yang memenuhi batas *voltage drop* maksimum dapat ditentukan

2.2 Software ETAP 7.0.0

Software ETAP atau *Power Satation* adalah suatu program atau perangkat lunak yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan sistem ketenagalistrikan. Dengan menggunakan software Etap dapat memodelkan analisis aliran daya (*load Flow*),kita dapat menghitung *voltage drop*.

3. Hasil dan Analisa

3.1 Data Pengukuran Beban UPJ Semarang Tengah Penyulang TBL 04 tabel 1

Tabel 1 Data Pengukuran Beban UPJ Semarang Tengah TBL 04

ID	Penyulang	Class	Area	Phase	Watt	Var												
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

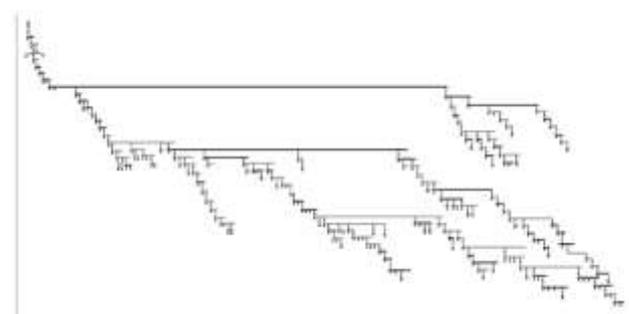
Sumber : Data teknis PT. PLN (Persero)

Tabel 2 Data Pengukuran Beban UPJ Semarang Tengah KS 02

ID	Penyulang	Class	Area	Phase	Watt	Var													
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

Sumber : Data teknis PT. PLN (Persero)

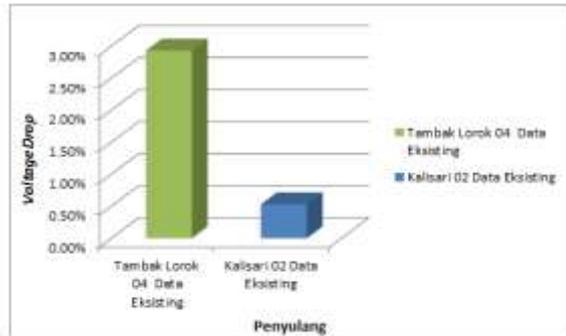
Penggambaran jaringan eksisting UPJ Semarang Tengah Tambak Lorok 04



Gambar 1 Gambaran Jaringan UPJ Semarang Tengah Penyulang TBL 04 dengan menggunakan ETAP 7.0.0



TBL 04
 = 100 % (19,422 KV) - % 97, 16 % (18,851 KV)
 = 2,93 % (0,571 KV)
 KS 02
 = 100 % (19,826 KV) - % 99, 47 % (19,72 KV)
 = 0.53% (0,106 KV)



Gambar 3 Grafik Jatuh Tegangan di UPJ Semarang Tengah TBL 04 dan KS 02.

3.2 Hasil Perhitungan Manual

Kabel yang digunakan adalah AAC dengan luas penampang 240 mm². Sehingga untuk menghitung impedansinya adalah sebagai berikut: Perhitungan penyulang maksimal *voltage drop* menggunakan rumus sebagai berikut:

Diketahui: V= 19422 volt
 $S_{3\phi} = 3590000$ VA 3 fasa , $S_{1\phi} = 7905000$
 X kabel = 0,3158 (ohm/km)
 R kabel = 0,1344 (ohm/km)
 L = 0,63 km
 Z kabel = $\sqrt{R^2 + X^2}$
 = $\sqrt{0.1344^2 + 0.3158^2}$
 = 0.3386 (ohm/km)
 $Vd_{3\phi} = \left(\frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} \cdot V}\right) \cdot (Z \text{ kabel} \cdot L)$
 = $3590000 / (1,73 \cdot 19425) \cdot (0,3386 \cdot 0,63)$
 = 23.07 volt
 $Vd_{1\phi} = \left(\frac{S_{1\phi}}{V}\right) \cdot (Z \text{ kabel} \cdot L)$
 = $7905000 / (1,73 \cdot 19425) \cdot (0,3386 \cdot 0,63)$
 = 88.01 volt
 $Vd \text{ titik } 1 = V_s - (Vd_{3\phi} + Vd_{1\phi})$
 = $19422 - (23.07 + 88.01)$
 = $19422 - 111.08$
 = 19311.08v
 = 19.311 kV

Pada perhitungan titik selanjutnya dapat dilihat pada lampiran laporan, dalam laporan ini hubungan excel dan ETAP 7.0.0 adalah excel menggunakan perhitungan manual dan ETAP 7.0.0 menggunakan simulasi.

3.3 Metode Perhitungan Menggunakan Panjang Maksimal Penyulang

Persentase *voltage drop* dan Momen Beban Batas *voltage drop* maksimum yang ditetapkan oleh standar untuk jaringan distribusi dinyatakan dalam bentuk persentase. Persentase *voltage drop* dapat dinyatakan sebagai fungsi kapasitas beban *feeder* tiga fasa, impedansi dan tegangan nominal antara fasa seperti dituliskan dalam persamaan 2.11.

Diketahui

$V_{L-L} = 19422$ volt
 $S_{3\phi} = 3590000$ VA
 $Z = 0,3432$ ohm/km
 $L_{lumped} = 4.974$ km

$$\% \Delta V_{3\phi} = \frac{100\% Z}{V_{ll}^2} \cdot S_{3\phi} \cdot L$$

$$= \frac{34.32}{377214084} \cdot 17856660 = 1.624\%$$

Sedangkan perkalian antara beban *feeder* dengan panjang *feeder* merupakan suatu konstanta yang disebut dengan momen beban seperti yang dituliskan dalam persamaan 2.12.

$$M = \frac{\%VD \cdot V_{ll}^2}{100 \cdot Z}$$

$$= \frac{1.624 \cdot 377214084}{100 \cdot 0.3432}$$

$$= 17849524.25 \text{ VA}$$

Panjang Feeder Maksimum Beban Lumped

Panjang *feeder* maksimum untuk beban *lumped* dihitung berdasarkan *voltage drop* beban *lumped* yang disederhanakan menjadi persamaan 2.13.

$$L_{lumped} = \frac{M}{530}$$

$$= \frac{17849524.25}{3590000}$$

$$= 4.972 \text{ km}$$

Faktor beban adalah perbandingan antara beban rata – rata terhadap beban puncak yang diukur dalam suatu periode tertentu. Beban rata – rata dan beban puncak dapat dinyatakan dalam kilowatt, kilovolt , amper, amper dan sebagainya, tetapi satuan dari keduanya harus sama. Faktor beban dapat dihitung untuk periode tertentu biasanya dipakai harian, bulanan atau tahunan. Beban puncak yang dimaksud disini adalah beban puncak sesaat atau beban puncak rata-rata dalam interval tertentu. Definisi dari faktor beban ini dapat dituliskan dalam persamaan 2.14.

$$f_{Load} = \frac{\text{Average load}}{\text{Maximum load in given time period}}$$

$$= \frac{(135 + 127)/2}{(222 + 182)/2}$$

$$= \frac{131}{202}$$

$$= 0.64 \text{ A}$$

Rugi-rugi JTM berbanding kwadratis dengan arus; dan pada faktor daya (fd) mendekati 1 sedangkan tegangan 1 per unit (20 kV), maka arus berbanding lurus dengan daya (kW). Untuk menghitung rugi-rugi JTM secara praktis diperkenalkan satu istilah load loss factor (LLF) yaitu rasio loss rata-rata terhadap loss pada beban puncak. LLF sama dengan beban rata-rata kwadrat dibagi beban puncak kwadrat seperti pada persamaan 2.15.

$$LLF = \frac{(BEBAN RATA - RATA)^2}{(BEBAN PUNCAK)^2} \approx (LOAD FACTOR)^2$$

$$= 17161/40804 * 0,64$$

$$= 0.4205 * 0,64$$

$$= 0.26912 * \sqrt{3} = 0.466$$

Panjang maksimal penyulang untuk konfigurasi jaringan radial *voltage drop* untuk konfigurasi jaringan radial dihitung menggunakan persamaan 2.16.

$$l_{rd} = \frac{1}{LLF_{rd}} \cdot L$$

$$= \frac{1}{0.466} \cdot 4.972$$

$$= 10.67 \text{ km}$$

Jarak sisa = 16.87 km - 10.67 km = 6.2 km

Pemotongan dilakukan dari ujung penyulang TBL 04 dan pemotongan tersebut pada titik 131.

Panjang feeder sisa ini akan di alihkan ke kalisari 02 = 8.7+6.2 = 14.9 km

Tabel 3 Panjang Penyulang Tambak Lorok 04 (TBL 04) dan Kalisari 02 (KS 02) UPJ Semarang Tengah setelah rekonfigurasi.

No	Gardu Induk	Penyulang	Panjang Penyulang (km)	Standart 15 km
1	Semarang Tengah	TBL 04	10.67	Memenuhi Syarat
2	Semarang Tengah	KS 02	14.9	Memenuhi Syarat

Panjang sisa ini dialihkan ke Kalisari 02 karena panjang penyulang masih memenuhi syarat yaitu dengan panjang maksimal 15 km.



Gambar 4 Penggambaran Jaringan dengan Menggunakan ETAP 7.0.0 Setelah Rekonfigurasi (TBL 04)

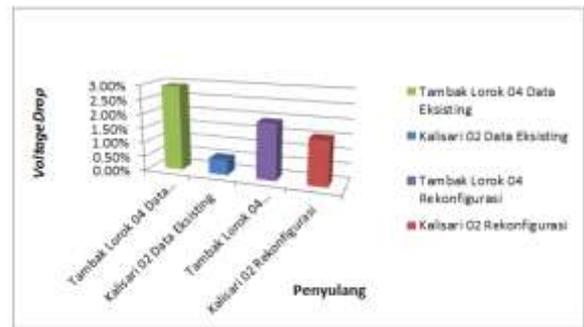
KS 02 setelah direkonfigurasi
 = % Tegangan Pangkal GI - % Tegangan Paling Ujung
 = 100 % (19,687 KV) - % 98, 06 % (19.384 KV)
 = 1.54 % (0,303 KV)



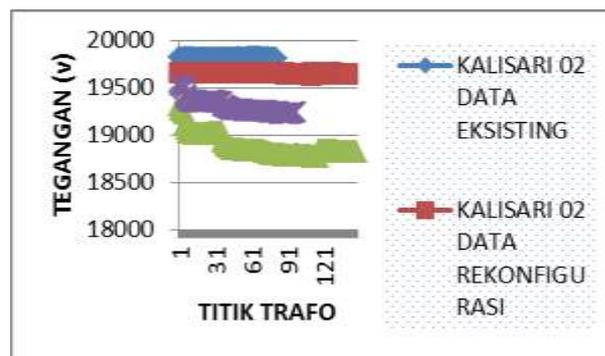
Gambar 5 Penggambaran Jaringan dengan Menggunakan ETAP 7.0.0 Setelah Rekonfigurasi (TBL 04)

Tabel 4 Perbandingan Presentase Voltage Drop Sebelum dan Setelah Dilakukan Rekonfigurasi

	TBL 04	KS 02	TBL 04 setelah rekonfigurasi	KS 02 setelah di rekonfigurasi
voltage drop	2.93%	0.53 %	1.93%	1.54%



Gambar 6 Grafik Regulasi Voltage Drop Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi TBL 04 dan KS 02



Gambar 7 Kurva Perbandingan Voltage Drop Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi Tambak Lorok 04 (TBL 04) dan Kalisari 02 (KS 02) UPJ Semarang Tengah .

4. Kesimpulan

1. Apabila tidak dilakukan rekonfigurasi akibet beban lebih pada jaringan, maka akan dapat mengakibatkan

kerugian dari pihak PLN maupun konsumen atau pelanggan..

2. Metode ini dapat diterapkan dalam perencanaan jaringan distribusi tegangan menengah yang memiliki sistem besar dan jumlah data entri yang banyak. Metode ini sangat membantu karena perhitungan dapat dilakukan secara sederhana dan waktu yang lebih singkat.
3. Hasil simulasi jaringan eksisting pada tahun 2013 susut tegangan / *voltage drop* di UPJ Semarang Tengah TBL 04 adalah 2,84% dan *losses energy* sebesar 1,74%
4. Hasil simulasi ETAP 7.0.0 untuk pengembangan jaringan tahun 2012 – 2016 diantaranya *voltage drop* dan *losses* energi yang naik turun persentase nilainya dikarenakan adanya pemotongan jaringan atau pengambilan beban dari penyulang yang ada ke penyulang yang baru atau penyulang yang memiliki nilai kriteria baik.

Referensi

- [1]. Ariwibowo,C, *Trafo Distribusi pada JTM 20 KV di PT PLN Persero UPJ Semarang Selatan*, Kerja Praktek S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2009.
- [2]. J. S. Setiadji, “*Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi*”.Surabaya.
- [3]. Annoymus, *Laporan Data Sistem Distribusi , PT PLN (Persero) APJ Semarang Tengah* [2006,2007,2008,2009,2010, 2011,2012].
- [4]. Mesut E Baran, Felix F Wu, *Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing*, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 4, No. 2, April 1989.
- [5]. Qin Zhou, Darius Shirmohammadi, W.H. Edwin Liu, *Distribution Feeder Reconfiguration For Service Restoration and Load Balancing*, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 12, No. 2, May 1997.
- [6]. Taleski, Dragoslav Rajicic, *Distribution Network Reconfiguration For Energy Loss Reduction*, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 12, No. 1, Februari 1997.
- [7]. Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, *Kriteria Disain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, PT PLN (Persero), 2010.
- [8]. Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, *Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik*, PT PLN (Persero), 2010
- [9]. Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, *Standard Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*, PT PLN (Persero) , 2010
- [10]. Hadi Saadat, 1999 , *Power System Analysis*, McGraw-Hill, Singapore.
- [11]. Unggul Satriatma, 1996, Program Simulasi Analisis Aliran Daya Dengan Metode Newton Raphson, penelitian, UNDIP, Semarang.
- [12]. Pradana,A.P, *Perkiraan Konsumsi Energi Listrik, Saidi SAifi, dan Rugi-rugi Energi Listrik Pada Jaringan APJ Cilacap Tahun 2012-2016*, penelitian S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [13]. Rahardjo, *Merencanakan Pengembangan Sistem Kelistrikan PLN kedepan Secara Lebih Baik dan Lebih Efisien*, PT PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY, 2006.
- [14]. T.S.Hutahuruk, *Transimisi Daya Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.
- [15]. Sulasno, *Teknik dan Sistem Tenaga Distribusi Tenaga Listrik Edisi I*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [16]. Suhadi , *SMK Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid I*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Umum Dirjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
- [17]. Wagner, A.Y. Chikani, R. Hackman, Fellow, *Feeder Reconfiguration For Loss Reduction: an Application Of Distribution Automation*. IEEE Transactions On Power Delivery, Vol 6, No 4, October 2001
- [18]. Debrapiya Das, a Fuzzy Multiobjective approach For Network Reconfiguration Of Distribution System, IEEE Tran On Power Delivery, Vol 21, No. 1, 2001
- [19]. Robert P. Broadwater, asif H. Khan, Hessm E. Shalaan Robert E. Lee Time Varying Load Analisis to reduce Distribution Losses Through Reconfiguration, IEEE Transaction On Power Delivery. Vol 8, No 1, January 1993.