



## Perbaikan Nilai Susut Teknis Jaringan Tegangan Menengah Penyulang 5 Matur PT PLN Rayon Koto Tuo

Erhaneli, Zuriman Anthony, Sitti Amalia, Hedy Febriana Puspita Sari  
Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang  
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Indonesia  
E-mail: [erhanelimarzuki@gmail.com](mailto:erhanelimarzuki@gmail.com)

### Informasi Artikel

**Diserahkan tanggal:**

24 Mei 2020

**Direvisi tanggal:**

1 Juni 2020

**Diterima tanggal:**

10 Juni 2020

**Dipublikasikan tanggal:**

31 Juli 2020

**Digital Object Identifier:**

10.21063/JTE.2020.3133912

### Abstrak

Pada sistem yang sedang beroperasi akan mengalami rugi – rugi daya atau susut daya. Susut daya merupakan hal yang tidak bisa dihindari di dalam sistem distribusi jaringan tegangan menengah (JTM) dan merupakan suatu kerugian bagi PT. PLN di dalam hal penyaluran daya atau energi. Pada penelitian ini dihitung nilai susut Feeder 5 Matur Rayon Koto Tuo. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa nilai susut pada Feeder 5 Matur Rayon Koto Tuo dengan panjang saluran 105,460 kms sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan dengan uprating penghantar dan dibandingkan dengan target susut daya yang telah ditetapkan sebesar 1,8 %. Dari hasil analisa dan perhitungan didapat susut daya sebelum perbaikan sebesar 2,18% dan rugi tegangan 4,43%, setelah dilakukan uprating penghantar terjadi penurunan susut daya menjadi 1,13% dan rugi tegangan menjadi 2,22%. Berdasarkan hasil tersebut nilai susut teknis berkurang dengan dilakukan *uprating* penghantar.



**Kata kunci:** Susut Teknis, Uprating, Feeder 5 Matur, JTM

## 1. PENDAHULUAN

Feeder 5 Matur merupakan satu dari total tiga penyulang yang dimiliki oleh Rayon Koto Tuo, Feeder 5 Matur merupakan penyulang yang paling panjang se Rayon Koto Tuo, yang memiliki panjang 105,460 kms, sehingga peluang terjadinya rugi – rugi daya karena penghantar pada Feeder 5 Matur ini besar dan susut teknis yang disebabkan karena panjangnya jaringan tidak bisa terhindarkan.

Susut teknis yang disebabkan karena panjangnya penyulang memang hal yang tidak dapat dihindari, namun beberapa upaya dapat dilakukan untuk mengurangi tingginya nilai susut teknis tersebut. Karena semakin panjang jaringan susut teknis yang berupa panas pada penghantar juga semakin besar. Namun terdapat upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menekan nilai susut teknis tersebut, salah satunya adalah dengan upaya uprating penghantar. Standar susut tegangan merupakan besarnya susut tegangan yang diijinkan, diperinci untuk beberapa peralatan sistem tenaga listrik. Dengan demikian perusahaan jasa ketenagalistrikan dapat mengambil langkah yang tepat dan apa yang harus dilakukan pada beberapa peralatan yang berbeda tersebut agar susut tegangan yang merupakan salah satu penyebab kehilangan kesempatan penjualan energi listrik dapat ditekan sekecil mungkin [1-8]. Berdasarkan SPLN : 1995, variasi tegangan pelayanan yang ditetapkan oleh PT PLN adalah maksimum + 5% dan minimum – 10% terhadap tegangan nominal.

Berdasarkan SPLN 56-2-1994 pasal 4, diketahui tegangan standar untuk tegangan menengah ( TM ) yaitu + 1,8 % dan – 5 % diukur dan atau dihitung dengan cara pengukuran dan atau perhitungan. Selanjutnya berdasarkan SPLN 72-1987 *drop* tegangan maksimal pada Jaringan Tegangan Menengah ( JTM ) adalah sebesar 5 % dari tegangan nominal 20 kV [9-13].

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah menganalisa dan menentukan penyebab *losses* terbesar dan mengetahui upaya yang dapat dilakukan untuk menekan nilai *losses* pada Feeder 5 Matur dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6. Dari hasil analisa ini akan didapat perbandingan besarnya susut yang

terjadi antara hasil perhitungan dengan hasil simulasi. Perhitungan dan analisa juga berpedoman kepada formula-formula yang digunakan untuk menentukan berapa besar losses dan drop tegangan yang terjadi pada aplikasi penelitian yaitu di PT PLN (Persero) Rayon Koto Tuo, khususnya Feeder 5 Matur.

Pada dasarnya jatuh tegangan pada jaringan distribusi adalah sebagai akibat dari impedansi seluruh jaringan itu sendiri. Impedansi jaringan tersebut besarnya dipengaruhi oleh hambatan (resistansi) serta reaktannya, karena besarnya nilai impedansi adalah sebagai berikut :

$$Z = R + jX_L \dots\dots\dots (2.1)$$

R = resistansi kawat penghantar  
 L = induktansi  
 $V_L$  = tegangan pada beban  
 $V_{\text{Sumber}}$  = tegangan sumber  
 $R + jX_L$  = impedansi saluran

Losses teknis merupakan susut yang terjadi karena karakteristik komponen dan peralatan, dengan kata lain susut yang sudah pasti ada dan biasanya dapat dibuat model perhitungannya. Secara umum rumusan dari susut teknis berasal dari rumus berikut :

$$P_{\text{Susut}} = I^2_{\text{Saluran}} \cdot R_{\text{Kabel}} \dots\dots\dots (2.2)$$

I = Besar arus yang mengalir (A)  
 R = Besar hambatan dalam penghantar( $\Omega$ )

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa secara sederhana rugi-rugi di jaringan diakibatkan oleh besar arus yang mengalir, ini dipengaruhi terutama oleh pusat-pusat beban, semakin banyak beban yang bekerja maka akan semakin besar pula arus yang mengalir di jaringan. Kemudian juga disebabkan oleh penghantar itu sendiri, semakin bagus penghantar maka hambatan dalam penghantar juga akan lebih kecil

Untuk sistem arus searah, besarnya susut tegangan sama dengan arus dikalikan resistansi hantaran tersebut, sedangkan pada saluran arus bolak-balik besarnya susut tegangan merupakan fungsi dari arus beban dan cosinus sudut impedansi dari beban. Secara matematis jatuh tegangan pada penghantar dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{\text{drop}} = I \cdot Z_{\text{penghantar}} \dots\dots\dots (2.3)$$

$V_{\text{drop}}$  = Jatuh tegangan (volt)  
 I = Arus ( Amper )  
 Z = Impedansi penghantar ( ohm )

Terdapat berbagai macam faktor yang mempengaruhi susut teknik yang terjadi di Jaringan Tegangan Menengah, antara lain arus beban yang mengalir di jaringan, tegangan antar fasa, panjang penghantar, besarnya luas penampang penghantar, faktor beban, serta kerapatan beban. Untuk dapat menghitung nilai susut teknis JTM, maka harus dihitung nilai arus trafo di sisi tegangan menengah (  $I_{TM}$  ). Untuk menghitung nilai arus trafo di sisi tegangan menengah (  $I_{TM}$  ) menggunakan persamaan di bawah ini :

$$I_{TM} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \dots\dots\dots (2.4)$$

$I_{TM}$  = Arus Tegangan Menengah( A)  
 S = Pengukuran beban ( kVA )  
 V = Tegangan Menengah ( V )

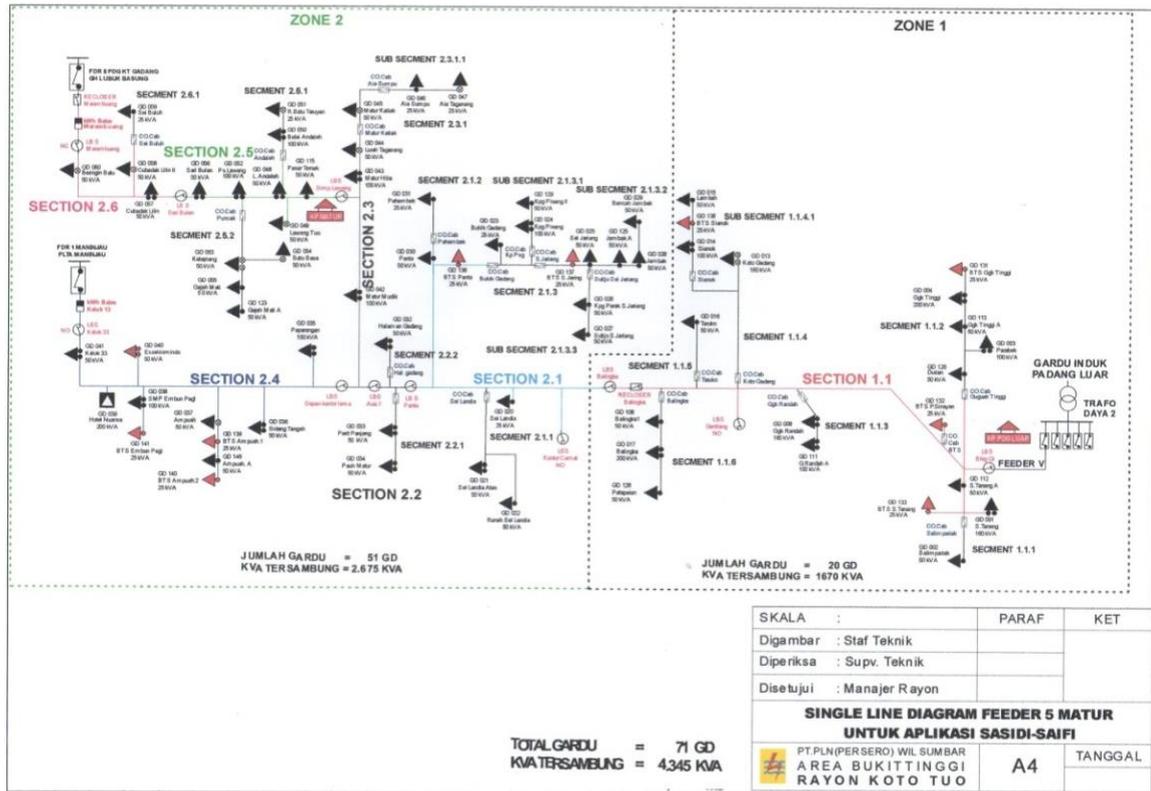
Untuk perhitungan susut teknis JTM, seperti rumusan dibawah ini :

$$P = 3 \times I^2 \times R \dots\dots\dots (2.5)$$

P = Susut Daya Saluran (Watt atau kW)  
 I = Arus Saluran ( Amper )  
 R = Resistansi Penghantar (  $\Omega$  )

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Feeder 5 Matur disuplai langsung dari Gardu Induk Padang Luar, tanpa menggunakan Gardu Hubung sampai ke akhir penyulang. Jumlah Gardu Distribusi terpasang pada Feeder 5 Matur sebanyak 71 Gardu dengan kapasitas total sebesar 4.521 KVA. Untuk data lengkap gardu distribusi terpasang pada Feeder 5 Matur ditampilkan pada tabel 1 adalah data penghantar trafo dan Tabel 4.2 adalah data trafo Feeder 5 Matur. Gambar 1 merupakan *Single Line Diagram* Feeder 5 Matur Rayon Koto Tuo.



Gambar 1 Single Line Diagram Feeder 5 Matur Rayon Koto Tuo

Tabel 1 : Data Penghantar Feeder 5 Matur

No	Jenis Penghantar	Luas penampang ( mmm2)	Panjang saluran ( KMS )
1	AAAC	35	14.936
2	AAAC	70	90.524
3	Jumlah panjang SUTM (KMS)		105.46
4	Jumlah Tiang (buah)		14780

Tabel 2 : Data trafo Feeder 5 Matur.

No	Phasa	Daya Trafo (kVA)	Jumlah ( buah )	Kapasitas (kVA)
1	3	16	1	16
2	3	25	15	375
3	3	50	37	1850
4	3	100	12	1200
5	3	160	3	480
6	3	200	3	600
<b>JUMLAH</b>			<b>71</b>	<b>4521</b>

Dari perhitungan yang telah dilakukan terhadap susut energi dan losses yang terjadi pada Feeder 5 Matur Rayon Koto Tuo Sebelum dilakukan Perbaikan dimana hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini .

Tabel 3 Nilai Susut Daya dan *Drop* Tegangan **Sebelum Perbaikan**

PENYULANG	LOSSES		DROP TEGANGAN	
	%	kW	%	Volt
Feeder 5 Matur	2,18	37,97	4,43	887,23

Setelah dilakukan perhitungan *uprating* penghantar terhadap semua saluran pada Feeder 5 Matur Rayon Koto Tuo, maka perhitungan rencana *uprating* penghantar dengan penghantar baru untuk hasil lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini :

Tabel 4 : Hasil Perhitungan Susut Teknis dengan Penghantar Baru AAAC 3 x 150 mm<sup>2</sup>

Tiang Awal	Tiang Akhir	Jarak (Km)	Arus (A)	Losses (Kw)	Drop Tegangan
GI	C5	0.311	59	0.731	14.310
C5	D7	0.354	59	0.832	16.286
D7	D12	0.306	48.76	0.491	11.627
D12	D57	2.432	48.64	3.883	92.183
D57	D67	0.510	43.91	0.663	17.451
D67	D122	2.526	39.62	2.675	77.971
D122	D135	2.119	39.38	2.217	65.011
D135	D155	3.253	34.20	2.568	86.702
D155	D159	0.847	33.63	0.646	22.188
D159	D166	2.346	31.90	1.611	58.326
D166	D177	2.091	26.56	0.99	43.286
D177	D179	0.255	24.87	0.106	4.941
D179	D183	0.989	24.54	0.402	18.920

Setelah dilakukannya perhitungan untuk perbaikan susut daya dan *drop* tegangan yang terjadi pada Feeder 5 Matur, maka dapat diketahui nilai total susut daya setelah dilakukannya perbaikan dengan cara *uprating* penghantar. Perhitungan yang dilakukan sama seperti perhitungan saat sebelum perbaikan. Besarnya total susut setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 : Nilai Susut Daya dan Drop Tegangan Setelah Perbaikan

PENYULANG	LOSSES		DROP TEGANGAN	
	%	kW	%	Volt
Feeder 5 Matur	1,1	19,29	3,65	731,02

Berdasarkan Tabel 3 dan 5 susut sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan, terdapat perbedaan nilai total susut daya atau losses yang terjadi saat sebelum dan sesudah dilakukannya *uprating* penghantar. Saat sebelum dilakukan rekomendasi perbaikan, nilai susut daya melebihi standar yang digunakan, dan setelah dilakukan rekomendasi perbaikan, nilai susut daya telah sesuai dengan standar yakni dibawah 1,8%.

Selain itu berdasarkan tabel 1 dan 3 susut sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan, terdapat perbedaan nilai total susut tegangan yang terjadi saat sebelum dan sesudah dilakukannya *uprating* penghantar. Saat setelah dilakukan rekomendasi perbaikan, nilai susut tegangan lebih baik daripada saat sebelum dilakukan rekomendasi perbaikan meskipun pada saat sebelum perbaikan nilai *drop* tegangan masih memenuhi standar.

Perbedaan hasil yang diperoleh disebabkan oleh perbedaan nilai resistansi dan reaktansi penghantar yang digunakan. Perhitungan setelah dilakukan perbaikan menggunakan nilai resistansi dan reaktansi dari penghantar baru setelah dilakukan *uprating* penghantar. *Uprating* dilakukan dengan memperbesar ukuran penampang penghantar dengan luas penampang yang lebih besar dan tahanan jenis yang lebih kecil. Ukuran

penampang penghantar berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai jatuh tegangan maupun rugi daya yang terjadi.

Memperbesar penampang berarti mengurangi besarnya nilai impedansi saluran tersebut. Penghantar dengan diameter lebih besar memiliki resistansi (  $R$  ) yang lebih kecil. Apabila resistansi yang mengalir pada penghantar semakin kecil, maka *drop* tegangan juga semakin kecil, hal ini dikarenakan resistansi berbanding lurus dengan *losses*. Tabel 6 menunjukkan perbandingan hasil sebelum dilakukan perbaikan, dan setelah dilakukan perbaikan.

Tabel 6 Perbandingan Hasil Perhitungan Sebelum dan Sesudah *Uprating* Penghantar

KONDISI	LOSSES		DROP TEGANGAN	
	PERHITUNGAN		PERHITUNGAN	
	kW	%	Volt	%
Sebelum Perbaikan	37.97	2.18	887.23	4.43
Sesudah Perbaikan	19.29	1.1	731.02	3.65
Penurunan Susut Teknis setelah <i>UPRATING</i>	18.68	1.08	156.21	0.78

Berdasarkan tabel 6 di atas, diperoleh hasil perhitungan susut daya sebelum perbaikan sebesar 37,97 kW, dan setelah perbaikan sebesar 19,29 kW, hal ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan *uprating* penghantar dapat menekan susut daya yang terjadi sebesar 18,68 kW atau dapat menurunkan susut daya sebesar 1,08%. Sedangkan untuk *drop* tegangan pada dasarnya baik sebelum maupun sesudah dilakukan perbaikan masih memenuhi standar SPLN yakni di bawah 5 %. Namun dengan dilakukannya *uprating* penghantar *drop* tegangan yang terjadi pada Feeder 5 Matur semakin kecil yakni 731,02 % atau sebesar 3,65% dibandingkan sebelum perbaikan sebesar 4,43%. Selanjutnya menggunakan simulasi ETAP 12.6 saat sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan, maka diperoleh tabel rekap susut daya dan tegangan pada tabel 7.

Tabel 7 : Total *Losses* dan *Drop* Tegangan Hasil dari Simulasi ETAP Sebelum dan sesudah Perbaikan

Sebelum Perbaikan			Setelah Perbaikan		
Susut Daya	41 KW	2.24%	Susut Daya	20,6 KW	1,13%
Susut Tegangan	716 Volt	3,56%	Susut Tegangan	447 Volt	2,22%

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan sebelum dilakukan perbaikan pada Feeder 5 Matur didapat drop tegangan sebesar 887,23 Volt atau sebesar 4,43 %. Nilai ini masih memenuhi standar yaitu sebesar 5%. Sedangkan hasil perhitungan *losses* yang terjadi pada Feeder 5 Matur sebelum perbaikan adalah 37,97 kW atau sebesar 2,18%. Nilai ini sudah melebihi standar *losses* Rayon sebesar 1,8%. Setelah dilakukan perbaikan pada Feeder 5 Matur maka drop tegangan menjadi 731,02 Volt atau sebesar 3,65 %. Nilai ini masih memenuhi standar yaitu sebesar 5%. Sedangkan hasil perhitungan *losses* setelah perbaikan adalah 19,29 kW atau sebesar 1,1%. Nilai ini telah memenuhi standar *losses* Rayon sebesar 1,8%. Dengan menggunakan simulasi ETAP sebelum perbaikan total susut daya 2,24 %. dan susut tegangan 3,56%. Setelah dilakukan perbaikan susut daya menjadi 1,13% dan susut tegangan 2,22 %. Selisih perhitungan manual dan perhitungan menggunakan ETAP berbeda 0,06 %. Terlihat bahwa hasil keduanya menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. 2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta: Yayasan PUIL.

- [2] Gonen, T. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. Mc Graw Hill. Newyork
- [3] A.S Pabla. 1986. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga
- [4] Handoyo, A. 2005. *Analisa Perhitungan Susut Teknik pada PT. PLN(Persero) UPJ Semarang Tengah*. Jurnal. tidak diterbitkan. Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- [5] Tanjung, A. 2015. *Analisa Sistem Distribusi 20 kV Untuk Memperbaiki Kinerja Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analysis Program*. Teknik Elektro Universitas lancang Kuning.
- [6] Andani. Y. 2008. *Analisis Penyebab Losses Energi Listrik Dalam Proses Distribusi Listrik & Usulan Penanganannya*. Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7] Handoyo. A. 2011. *Analisa Perhitungan Susut Teknis Pada PT PLN ( Persero ) UPJ Semarang Tengah*.
- [8] Moore, G.F. ( Editor ). 1997. *Electric Cables Handbook( 3rdEdition )* .John Wiley & Sons.
- [9] PT. PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan. *Materi I Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta : PT PLN ( Persero ) .
- [10] SPLN 1. 1995. *Tegangan - Tegangan Standar*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [11] SPLN 56-2. 1994. *Sambungan Listrik Tegangan Menengah (SLTM)*. Jakarta:PT. PLN (Persero).
- [12] Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- [13] Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang.