

Analisis Susut Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20kV Penyulang Oepoi PT.PLN (Persero) UP3 Kupang

Sarah D. Denu^{*1}, Evtaleny Mauboy², Frans Likadja³

^{1,2,3} Prodi Teknik Elektro / Fakultas Sains Dan Teknik / Universitas Nusa Cendana

*¹Corresponding author, email: sarahdenu00@gmail.com

Abstrak	INFO.
<p>Penyulang Oepoi merupakan salah satu penyulang PLN di wilayah Kota Kupang yang mendapatkan pasokan energi listrik dari Gardu Induk Maulafa, menuju berbagai jenis pelanggan mulai dari perumahan-perumahan, fasilitas pemerintah, hingga sektor usaha. Penyulang Oepoi menghadapi permasalahan spesifik terkait tingginya tingkat susut daya dan jatuh tegangan yang cukup signifikan terutama pada beban puncak yang dapat mengganggu kualitas layanan listrik kepada pelanggan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pembebanan, data transformator distribusi meliputi kapasitas transformator, tegangan, impedansi dan tap transformator di penyulang Oepoi, panjang kawat penghantar, dan jumlah transformator yang di distribusikan di penyulang Oepoi. Hasil perhitungan susut daya terbesar terdapat pada saluran GI (Gardu Induk) menuju gardu 43100KT252 sebesar 1,43 kW. Hasil perhitungan jatuh tegangan terbesar terdapat pada 43100KT252 sebesar 23,05 V.</p>	<p>Info. Artikel: No. 031 Received. October, 20, 2025 Revised. November, 10, 2025 Accepted. January, 30, 2026 Page. 147 – 155</p> <hr/> <p>Kata kunci:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Susut Daya ✓ Jatuh Tegangan ✓ Penyulang Oepoi ✓ Etap
Abstract	
<p><i>The Oepoi feeder is one of the PLN electricity feeders in the Kupang City area that receives electricity supply from the Maulafa Substation, to various types of customers ranging from housing, government facilities and business sector. Oepoi feeder faces specific problems related to the high level of power losses and voltage drops which are quite significant, especially at peak loads, which can disrupt the quality of electricity services to customers. Data used in this study include loading data, distribution transformer data including transformer capacity, voltage, impedance and transformer taps, length of conductor wire, and the number of transformers distributed in Oepoi feeder. The result of the power loss from substations to 43100KT252 is 1,43. The result of voltage drops at 43100KT252 Substations is 23,05 V.</i></p>	

PENDAHULUAN

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan suatu bagian utama sistem tenaga listrik untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit sampai ke beban (konsumen). Jaringan distribusi terdiri dari jaringan distribusi primer dengan memiliki tegangan 20kV dan jaringan distribusi sekunder dengan memiliki tegangan 380/220 Volt. Penggunaan secara optimal energi listrik oleh konsumen dapat dibantu dengan jaringan distribusi yang efektif dan efisien. Jaringan distribusi secara umum terdiri dari tiga buah bagian, yaitu gardu induk distribusi, jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder [1]-[4]. Kondisi jaringan distribusi yang tidak optimal akan mengakibatkan pelayanan yang kurang efektif, dalam hal ini adanya susut daya dan jatuh tegangan.

Susut daya atau rugi daya listrik adalah berkurangnya daya listrik dalam proses pendistribusian dari unit pembangkit menuju beban, yang disebabkan oleh adanya tahanan jenis penghantar yang dipengaruhi oleh arus dan tegangan saat penyaluran energi listrik dilakukan [5]. Susut daya yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada jaringan seperti daya aktif dan daya reaktif. Semakin panjang saluran yang ada maka nilai tahanan dan reaktansi jaringan akan semakin besar, sehingga susut daya bertambah besar baik itu pada susut daya aktif maupun susut daya reaktif [6]-[8].

Jatuh tegangan adalah besar tegangan yang hilang pada suatu penghantar atau adanya perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima. Jatuh tegangan pada suatu saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran volt [9][10]. Penyebab terjadinya jatuh tegangan pada jaringan atau saluran distribus antara lain karena adanya pengaruh besar arus yang mengalir pada saluran, panjang saluran dan impedansi. Berdasarkan SPLN 72 : 1987 dikatakan bahwa sebuah jaringan tegangan menengah harus memenuhi kriteria jatuh tegangan pada jaringan sistem spindel maksimum 2% dan pada jaringan sistem *loop* dan radial maksimum 5% [11].

Apabila perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar yang ditentukan, maka mutu penyaluran tersebut rendah. Di dalam saluran distribusi, baik dalam keadaan operasi maupun dalam perencanaan, harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran [12]-[14]. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan. Besaran drop tegangan pada saluran distribusi tersebut, diukur pada titik yang paling jauh (ujung). Jatuh tegangan pada saluran adalah selisih antara tegangan pada sisi kirim dan tegangan pada sisi terima tenaga listrik. Pada saluran arus bolak-balik besarnya jatuh tegangan tergantung pada impedansi saluran serta dari beban dan faktor daya [15]-[16]. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam % atau dalam besaran volt.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu teknik deskriptif kuantitatif. Data yang digunakan adalah data pembebanan, data transformator distribusi, data panjang kawat penghantar, dan Jumlah transformator distribusi di penyulang Oepoi. Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis susut daya serta kondisi tegangan yang berlangsung terhadap jaringan distribusi 20 kV. Analisis ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ETAP versi 19.0.1

Analisis data yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengumpulkan data *single line* diagram, data trafo distribusi, data penghantar dan data beban pada penyulang Oepoi.
2. Simulasi menggunakan *software* ETAP 19.0.1. dan perhitungan manual menggunakan microsoft excel
3. Memasukan data trafo distribusi, data penghantar dan data beban pada model *single line* diagram pada *software* ETAP 19.0.1.
4. Melakukan simulasi aliran daya untuk mengetahui susut daya, dan jatuh tegangan.
5. Menganalisis hasil dari simulasi aliran daya untuk mengetahui berapa susut daya terbesar, dan jatuh tegangan terbesar yang terjadi pada penyulang Oepoi

Perhitungan arus, daya aktif dan daya reaktif, susut daya dan jatuh tegangan pada setiap gardu pada penyulang Oepoi menggunakan persamaan [2][6][10][15]:

$$I = \frac{S_{3\phi} \text{ (beban puncak)}}{V_{L-L} \times \sqrt{3}} \dots\dots\dots(1)$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times \text{Cos } \theta \dots\dots\dots(2)$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times I \times \text{Sin } \theta \dots\dots\dots(3)$$

$$\Delta P_{loss} = I^2 \cdot R \cdot l \dots\dots\dots(4)$$

$$\Delta V = I(R \text{ cos } \theta + X \text{ sin } \theta) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

S: Daya (VA)

I: Arus (A)

V_{L-L} : Tegangan Line to Line (V)

$P_{3\phi}$: daya aktif (W)

$Q_{3\phi}$: daya reaktif (VAR)

ΔP_{loss} : susut daya (W)

ΔV : jatuh tegangan (V)

l: Panjang saluran (kms)

R: resistansi (Ω/km)

X: reaktansi (Ω/km)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyulang Oepoi merupakan salah satu penyulang yang terpanjang dengan panjang saluran kabel tegangan menengah mencapai 41,39 kms. Sistem penyaluran energi listrik pada Penyulang Oepoi menggunakan tipe jaringan distribusi radial dan terdapat 15 buah Transformator. Dalam proses penyaluran energi listrik di PT. PLN (Persero) ULP Kupang terdapat 35 penyulang yang mendistribusikan listrik ke pelanggan, yang terdiri dari 32 Gardu induk dan 3 Gardu hubung.

Dalam penelitian ini, data beban yang digunakan adalah data beban puncak karena pada layanan saat beban puncak tersebut menyerap daya listrik yang besar sehingga harus mendapatkan layanan penyaluran daya yang cukup untuk semua kebutuhan beban yang ada, dimana pada saat beban puncak terdapat susut daya lebih besar dibandingkan dengan luar beban puncak. Beban puncak terjadi antara jam 17:00-22:00. Data terjadinya beban puncak selama 31 hari. Data pembebanan transformator distribusi ini diambil dari data yang digunakan oleh pihak PLN.

Tabel 1. Data Transformator Penyulang Oepoi

NO	Kode Transformator	Data Transformator	
		Phasa	Kapasitas Transformator (kVA)
1	43100KT 252	3	100
2	43100KT 223	3	160
3	43100KT 042	3	160
4	43100KT 155	3	100
5	43100KT 294	3	100

Berdasarkan tabel 1 di atas, dapat dilihat bahwa kapasitas transformator pada penyulang Oepoi terdiri dari 160 kVA, dan 100 kVA.

Tabel 2. Data Jarak Dan Jenis Penghantar Penyulang Oepoi

NO	Dari	Menuju	Jarak (kms)	Jenis Penghantar	R (Ω /km)	X (Ω /km)
1	Gardu induk Maulafa	43100KT252	5,2	AAAC	0,111	0,4503
2	43100KT252	43100KT223	3,97	AAAC	0,111	0,4503
3	43100KT223	43100KT042	1,5	AAAC	0,111	0,4503
4	43100KT042	43100KT155	1,3	AAAC	0,111	0,4503
5	43100KT155	43100KT294	1,4	AAAC	0,111	0,4503

Berdasarkan tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa jarak penghantar tepanjang terdapat pada gardu induk menuju 43100KT252 5,2 kms. Jarak terpendek terdapat pada 43100KT294 menuju ke 43100KT107, dengan Panjang 1,2 kms.

Tabel 3. Data Pembebanan Penyulang Oepoi

No	Kode Transformator	Kapasitas Transformator				Beban (VA)
		Jumlah Phasa	Kapasitas daya Transformator (kVA)	Tegangan Kerja		
				Primer (kVA)	Sekunder (kVA)	
1	43100KT 252	3	100	20	0,4	83780
2	43100KT 223	3	160	20	0,4	7210
3	43100KT 042	3	160	20	0,4	151730
4	43100KT 155	3	100	20	0,4	43660
5	43100KT 294	3	100	20	0,4	4550

Perhitungan Arus Pada Gardu Penyulang Oepoi

Hasil perhitungan arus pada setiap gardu penyulang oepoi, dapat dilihat pada tabel 4 dan contoh perhitungan dengan menggunakan gardu 43100KT252 adalah sebagai berikut:

1. Mencari arus

$$I = \frac{S_{3\phi} \text{ (beban puncak)}}{V_{L-L} \times \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{83780}{380 \times \sqrt{3}}$$

$$I = 127,29 \text{ A}$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan Arus

NO	Nama Gardu	Kapasitas (kVA)	Beban (VA)	Arus (A)
1	43100KT252	100	83780	127,29 A
2	43100KT223	160	7210	10,95 A
3	43100KT042	160	151730	230,53 A
4	43100KT155	100	43660	66,33 A
5	43100KT294	100	4550	6,91 A

Mencari Daya Aktif dan Reaktif

Hasil perhitungan daya aktif pada setiap gardu penyulang oepoi, dapat dilihat pada tabel 5 dan contoh perhitungan dengan menggunakan gardu 43100KT252 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{3\phi} &= \sqrt{3} \times VL-L \times I \times \cos \theta \\
 &= \sqrt{3} \times 380 \times 127,29 \times 0,8 \\
 &= 67024 \text{ watt} \\
 &= 67,02 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Daya Aktif

NO	Nama Gardu	Kapasitas (kVA)	Arus (A)	Daya aktif (watt)	Daya Aktif (kW)
1	43100KT252	100	127,29	67024	67,02
2	43100KT223	160	10,95	5768	5,76
3	43100KT042	160	230,53	121384	121,38
4	43100KT155	100	66,33	34928	34,92
5	43100KT294	100	6,91	3640	3,64

Hasil perhitungan daya reaktif pada setiap gardu penyulang Oepoi, dapat dilihat pada tabel 6 dan contoh perhitungan dengan menggunakan gardu 43100KT252 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{3\phi} &= \sqrt{3} \times VL-L \times I \times \sin \theta \\
 Q_{3\phi} &= \sqrt{3} \times 380 \times 127,29 \times 0,6 \\
 &= 50266 \text{ VAR} \\
 &= 50,26 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Daya Reaktif

NO	Nama Gardu	Kapasitas (kVA)	Arus (A)	Daya Reaktif (VAR)	Daya Reaktif (kVAR)
1	43100KT252	100	127,29	50268	50,26
2	43100KT223	160	10,95	4326	4,32
3	43100KT042	160	230,53	91038	91,03
4	43100KT155	100	66,33	26196	26,19
5	43100KT294	100	6,91	2730	2,73

Perhitungan Susut Daya Saluran

Nilai resistansi (R) yang diperoleh adalah setiap 1 kilometer, sehingga resistansi total penghantar yang terdapat pada saluran distribusi Oepoi dengan jarak 1,5 kms, dapat dicari dengan persamaan (4), dimana jenis penghantar yang digunakan adalah AAAC 3 x 35mm² dengan nilai resistansi 0,111 Ω/km dan reaktansi 0,4503 Ω/km. Hasil perhitungan susut daya dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Susut Daya Saluran

NO	Dari	Menuju	Jarak (kms)	Jenis Penghantar	Arus (A)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Susut Daya (kW)
1	Gardu induk Maulafa	43100KT252	5,2	AAAC	49,7	0,111	0,4503	1,425736
2	43100KT252	43100KT223	3,97	AAAC	47,4	0,111	0,4503	0,99008
3	43100KT223	43100KT042	1,5	AAAC	47,2	0,111	0,4503	0,370935
4	43100KT042	43100KT155	1,3	AAAC	43	0,111	0,4503	0,266811

Berdasarkan Tabel 7 di atas, perhitungan susut daya saluran dari Gardu Induk ke gardu 43100KT252 sebesar 1,425736 kW.

Perhitungan Jatuh Tegangan Saluran

Perhitungan jatuh tegangan berdasarkan persamaan (5) dan hasil perhitungan ditampilkan pada tabel 8 di bawah ini.

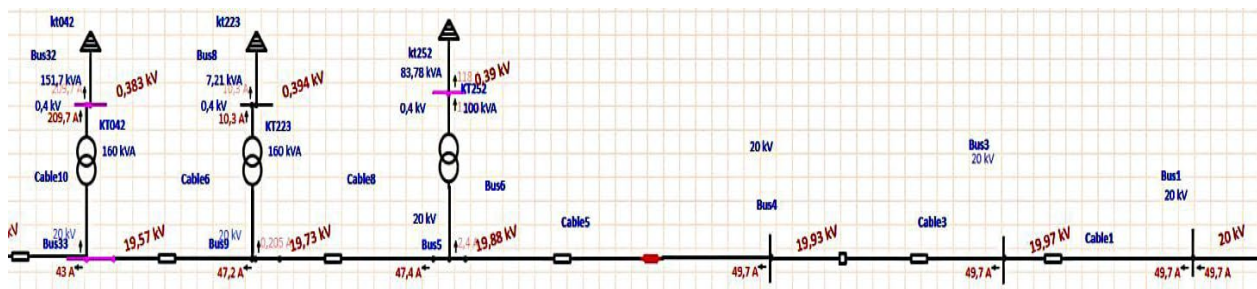
Tabel 8. Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan

NO	Nama Gardu	Arus (A)	Jarak (Kms)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	θ	Drop Voltage (V)
1	43100KT252	15,8	5,2	0,111	0,4503	76,19	23,05
2	43100KT223	15,2	3,97	0,111	0,4503	76,19	21,98
3	43100KT042	15,9	1,5	0,111	0,4503	76,19	21,89
4	43100KT155	14,8	1,3	0,111	0,4503	76,19	19,94
5	43100KT294	17,1	1,4	0,111	0,4503	76,19	14,88

Berdasarkan tabel 8 di atas, perhitungan jatuh tegangan pada gardu 43100KT252 sebesar 23,05 V.

Simulasi Menggunakan Etap 19.0.1

a. Analisis Aliran Daya (Load Flow Report)



Gambar 1. Single Line Diagram dan aliran daya dalam Simulasi ETAP

Pada gambar 1, analisis *load flow* dilakukan untuk memperbaiki dan mengoptimalkan sistem. Simulasi dengan Sistem Tenaga Listrik yang memiliki 15 transformator, selanjutnya diperoleh susut daya saluran dan jatuh tegangan susut daya pada Etap 19.0.1.

Tabel 9. Hasil Simulasi Etap

branch id	Losses	%DropVotage
Cable1	0,5	0,07
Cable10	0,7	0,11
Cable101	0,5	0,14
Cable102	0,3	0,07
Cable106	0,4	0,11
Cable108	0,6	0,18
Cable11	0,4	0,07
Cable115	0,1	0,05
Cable117	0,1	0,03
Cable17	0,0	0,02
Cable19	0,0	0,02
Cable24	0,0	0,01
Cable3	0,7	0,10
Cable5	0,7	0,10
Cable8	1,9	0,30
Cable90	0,3	0,07
Cable97	0,3	0,06
KS033	1,9	1,46
KS074	0,6	0,93
KS094	0,7	1,01
KS123	0,0	0,21
KS127	0,0	0,15
KS165	0,1	0,38
KS168	0,5	1,05
KT042	3,0	2,09

Berdasarkan tabel 9 di atas, hasil susut daya tertinggi pada gardu KT042 sebesar 3,0 kW. Sedangkan jatuh tegangan tertinggi pada KT042 sebesar 2,09%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Besar perhitungan susut daya tertinggi terdapat pada saluran GI menuju gardu 43100KT252 sebesar 1,42 kW dan pada simulasi ETAP terdapat pada gardu KT042 sebesar 3 kW.
2. Besar perhitungan jatuh tegangan tertinggi terdapat pada gardu 43100KT252 sebesar 23,05 V dan hasil simulasi Etap terdapat pada gardu 43100KT042 sebesar 2,09%. Faktor utama yang mempengaruhi susut daya dan jatuh tegangan jaringan distribusi 20 kV pada Penyulang Oepoi yaitu panjang saluran, pembebanan transformator distribusi dan jenis penghantar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Salim, Sultan, & Akmal, "Analisis Perbandingan SKUTM dan SKTM", pp. 195-212 .2016.
- [2] Suswanto, D., *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Universitas Negeri Padang. 2009
- [3] Syahputra, Ramadoni., " Transmisi Dan Distribusi Tenaga Listrik " (LP3M UMY,Yogyakarta): 249–56. 2016
- [4] Aryanto, Nopi, and Maryani Balkis. "Tinjauan Gangguan Jaringan Distribusi 20 Kv Muara Aman Pt. Pln (Persero) Ulp Rayon Muara Aman." *Jurnal Teknik Elektro Raflesia* Vol 1, No1(1): 16–21. 2021
- [5] Pilat, J.P., Tumaliang, H., dan Silimang, S. "Analisis Rugi Daya Pada Saluran Distribusi 20 kV dikabupaten Kepulauan Sangihe". *Jurnal josua presetyopilat, 1-6, 2022*
- [6] Rezky Cynthia Dewi SariKin, "Analisis Susut Daya Dan Energi Pada Jaringan Distribusi Di Pt. Pln (Persero)Panakukang" *Politekn Negeri Ujung Pandang* Vol. 16 No. 1, 2019
- [7] Yessi Marniati, Quaratul Aini Hanifatulah. " Evaluasi Susut Daya", 2018
- [8] Binilang, Tumaliang, & Lisi, "Studi Analisa Rugi Daya Pada Saluran distribusi Primer 20kv Di Kota Tahuna" *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer* Vol. 6 No.2, 2017
- [9] Asmaul, Anwar, M.R., Hafid, A.,dan Faharuddin,A "Analisis Drop Tegangan Pada Gardu Distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) PT.PLN (PERSERO) ULP KAREBOSI". *Jurnal Sains Dan Teknologi, 2(2), 222-233, 2024*
- [10] Hariyadi, Shahlan., "Analisis Rugi-Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk Palur – Masaran." *Universitas Muhammadiyah Surakarta* 1: 20. 2017
- [11] SPLN 72:1987, "Tegangan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik," Perusahaan Listrik Negara, Indonesia.
- [12] Kurniawan, A (2016). "Analisis Jatuh Tegangan Dan Penanganan Pada Jaringan Distribusi 20 kV Rayon Palur PT.PLN (Persero)Menggunakan ETAP 12.6". Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [13] Manalu, Jodi Trinaldi, Sukisan M Panggabean, Janter Napitupulu, Joslen Sinaga, and Jumari Jumari. "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Di Pt.PlN (Persero) Up3 Sibolga." *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro* 12(1): 15. doi:10.46930/jteu.v12i1.2843. 2023
- [14] Nurzaman, Dicky Yusuf, and Waluyo. "Analisis Perbandingan Susut Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Distribusi Udara Dan Kabel Tegangan Menengah 20 KV." *Prosiding Diseminasi FTI: 1–11. 2021*

- [15] Rabbani P., "Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Barito GI CSW". Skripsi, Institut Teknologi -Pln. 2020
- [16] Zidan D. C. Ali, Lily S Patras, and Ir Hans Tumaliang, "Analisi Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Distribusi Di PT.PLN (Persero) ULP Paniki, 2024