

PENGARUH PANJANG JARINGAN TEGANGAN RENDAH TERHADAP SUSUT TEKNIS DI PT PLN DAERAH CAWANG

Henry M.T Simatupang¹, Yohannes Dewanto²

^{1,2}Fakultas Fakultas Teknik Dirgantara Dan Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

E-mail : 212024004@students.unsurya.ac.id

ABSTRACT

In the process of distributing electrical energy from power plants to customers, there is a difference between the energy generated and the energy received by the user throughout the distribution of electrical energy from the power plant to the consumer. Energy loss (losses) is the term used to describe this disparity. The electrical energy lost throughout the transmission process from the power plant to the consumer is referred to as energy loss. Technical losses and non-technical losses are the two categories into which energy loss falls. The electrical energy lost as a result of technical elements like transformers, measurement devices, and network resistance is known as a technical loss.

The low voltage network's length is one of the many variables contributing to this energy loss. The electrical system that supplies consumers with electricity from the distribution substation is known as the low voltage network. There is more technical loss as the low voltage network gets longer because resistance rises along with it.

This study analyzes the influence of the length of the low-voltage network on technical losses at PT PLN (Persero) in the Cawang area. It was found that a network with a length of 452 meters had a voltage drop of 179.78 volts at its endpoint. This significant voltage drop is due to the absence of accurate load calculations during the initial planning stage. To reduce technical losses, careful planning and accurate load estimation are essential. Thus, the optimal length of the low-voltage network can be determined to minimize technical losses.

Keywords: Energy losses, electrical energy, low-voltage distribution network

ABSTRAK

Dalam proses distribusi energi listrik dari pembangkit listrik sampai ke pelanggan, ada perbedaan antara energi yang dihasilkan dan energi yang diterima oleh pengguna selama distribusi energi listrik dari pembangkit listrik ke konsumen. Ketidaksesuaian ini disebut sebagai susut energi (losses). Energi listrik yang hilang selama proses transmisi dari pembangkit listrik ke konsumen disebut sebagai susut energi. Susut energi dibagi menjadi dua kategori: susut teknis dan susut non-teknis. Susut teknis adalah energi listrik yang hilang akibat faktor teknis seperti trafo, alat ukur, dan resistansi jaringan.

Panjang jaringan tegangan rendah adalah salah satu dari banyak variabel yang berkontribusi terhadap kehilangan energi ini. Jaringan tegangan rendah adalah sistem listrik yang menyuplai konsumen dengan listrik dari gardu distribusi. Semakin panjang jaringan tegangan rendah,

semakin besar kerugian teknis yang terjadi karena resistansi meningkat seiring bertambahnya panjang jaringan.

Penelitian ini menganalisis pengaruh panjang jaringan tegangan rendah terhadap susut teknis di PT PLN (Persero) daerah Cawang. Ditemukan bahwa jaringan dengan panjang 452 meter memiliki jatuh tegangan sebesar 179,78 volt pada tegangan ujungnya. Jatuh tegangan yang signifikan ini disebabkan oleh tidak adanya perhitungan beban yang tepat pada tahap perencanaan awal. Untuk mengurangi susut teknis, perencanaan yang cermat dan estimasi beban yang akurat sangat penting. Dengan demikian, dapat ditentukan panjang jaringan tegangan rendah yang optimal guna meminimalkan susut teknis.

Kata: Susut energi, Energi listrik, Jaringan tegangan rendah

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Penyediaan energi listrik yang andal dan berkualitas merupakan salah satu faktor penting dalam mendukung kemajuan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. PT PLN (Persero) sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bertanggung jawab menyalurkan energi listrik di Indonesia, memiliki peran vital dalam mewujudkan tujuan tersebut. Namun, dalam proses distribusi energi listrik dari pembangkit hingga ke pelanggan, terdapat perbedaan antara jumlah energi yang diproduksi dengan yang diterima oleh pelanggan, yang dikenal sebagai susut energi (*losses*).

Susut energi adalah energi listrik yang hilang selama proses penyaluran dari pembangkit listrik hingga sampai ke pelanggan. Susut energi ini terbagi menjadi dua kategori utama: susut teknis dan susut non-teknis. Susut teknis adalah energi yang hilang akibat faktor teknis seperti hambatan pada jaringan listrik, rugi-rugi dalam transformator, dan alat ukur. Sementara itu, susut non-teknis terjadi akibat faktor non-teknis seperti pencurian listrik, penyambungan liar, dan kesalahan pencatatan meteran.

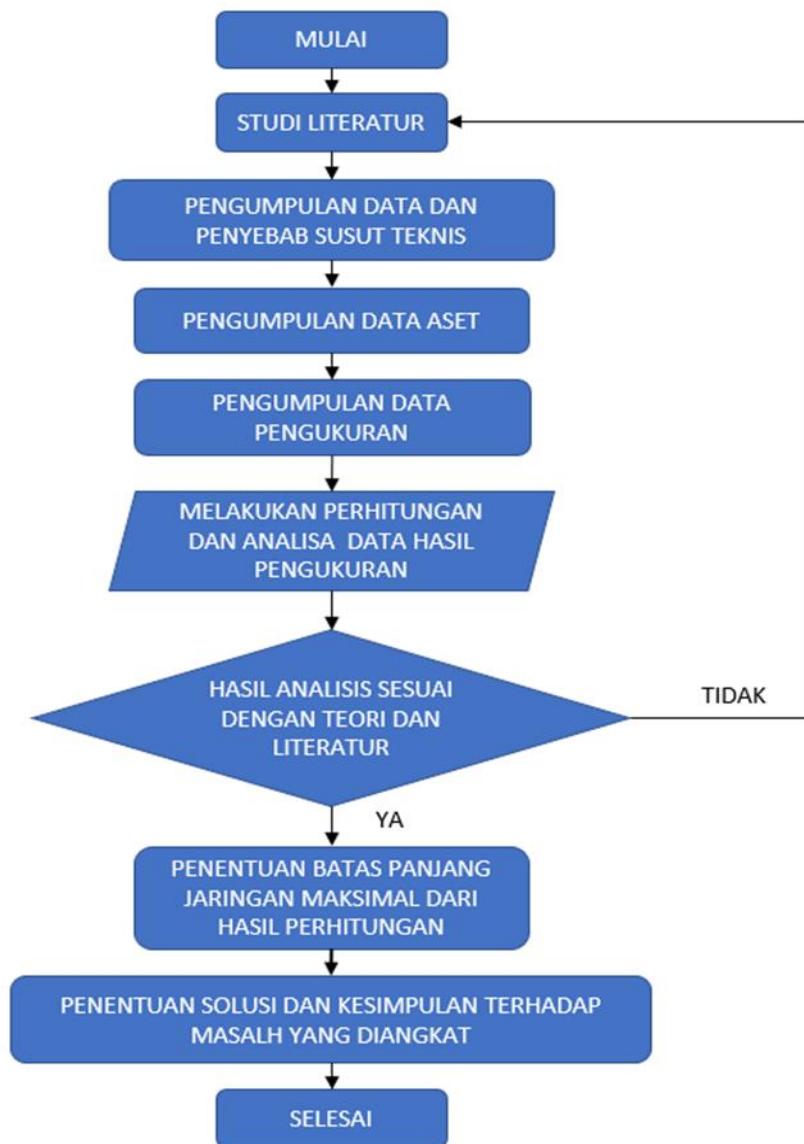
Salah satu faktor teknis yang signifikan dalam menyebabkan susut energi adalah panjang jaringan tegangan rendah. Jaringan tegangan rendah adalah jaringan listrik yang mendistribusikan energi dari gardu distribusi ke pelanggan. Semakin panjang jaringan tegangan rendah, semakin besar pula hambatan yang terjadi, yang pada akhirnya meningkatkan susut teknis. Hambatan ini menyebabkan penurunan efisiensi dalam penyaluran energi listrik, yang dapat mempengaruhi kualitas pelayanan kepada pelanggan.

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan perencanaan yang cermat dan perhitungan yang akurat terhadap panjang jaringan tegangan rendah yang optimal. Dengan demikian, dapat diminimalkan potensi susut teknis yang terjadi. Dalam penelitian ini, akan dianalisis pengaruh panjang jaringan tegangan rendah terhadap susut teknis di PT PLN (Persero) daerah Cawang. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi yang tepat dalam

perencanaan jaringan distribusi listrik, dengan tujuan untuk memberikan rekomendasi dalam perencanaan jaringan distribusi listrik guna meningkatkan efisiensi energi dan kualitas pelayanan

2. Metode/Perancangan Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu Studi Pustaka ini proses mencari, mengumpulkan, dan mengevaluasi literatur yang relevan dan terkait dengan topik penelitian atau kajian tertentu. Langkah-langkah utama dalam melakukan studi pustaka mencakup: Pemilihan Topik dan Perumusan Pertanyaan Penelitian: Tentukan topik penelitian secara jelas dan perumuskan pertanyaan penelitian yang spesifik untuk memandu pencarian literatur. Identifikasi sumber informasi: Identifikasi sumber-sumber informasi yang relevan, seperti jurnal ilmiah, konferensi, buku, laporan teknis, skripsi/tesis, dan database elektronik. Pencarian literatur: Gunakan kata kunci yang sesuai dengan topik Anda untuk melakukan pencarian literatur. Manfaatkan basis data ilmiah seperti Google Scholar, IEEE Xplore, ScienceDirect, dan lainnya. Seleksi dan penilaian literatur: Evaluasi kecocokan setiap sumber informasi dengan kriteria inklusi yang telah Anda tetapkan. Pertimbangkan kualitas, relevansi, dan validitas metodologi penelitian yang digunakan.



Gambar 2. 1 *Flowchart* Penelitian

2.1 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menganalisis data panjang jaringan tegangan rendah dan tingkat susut teknis yang terjadi di wilayah kerja PT PLN (Persero) Cawang. Data dikumpulkan melalui pengukuran langsung di lapangan serta data historis dari PLN. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara panjang jaringan dan tingkat susut teknis. Pendekatan analisis regresi digunakan untuk menilai signifikansi pengaruh panjang jaringan terhadap susut teknis.

2.1.2 Metode Analisis Data

1. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis korelasi dan regresi untuk mengetahui hubungan dan pengaruh panjang jaringan tegangan rendah terhadap susut teknis.
2. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Penelitian ini melibatkan pengumpulan data teknis, yang kemudian diolah melalui perhitungan menggunakan rumus-rumus tertentu. Hasil dari perhitungan ini akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian hasil dan pembahasan.

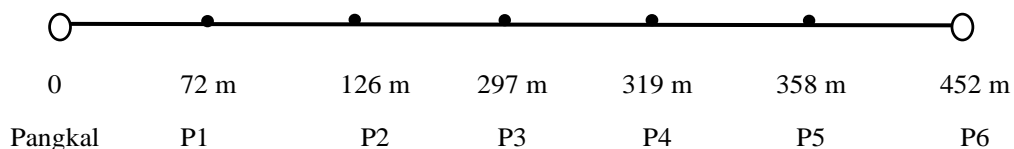
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Data pengukuran tegangan pelanggan

Setelah dilakukan pengukuran pada pangkal maka dilakukan sampling tegangan pada jarak tertentu. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui relevansi antara jarak dengan besarnya jatuh tegangan. Dari pengukuran didapatkan data sesuai pada tabel:

Tabel 3.1 Data pengukuran tegangan pelanggan

No	Pengukuran	Tegangan (V)	Jarak (m)	Selisih (V)
1	Pangkal	230,03	0	0
2	Pengukuran 1	225,34	72	-4,69
3	Pengukuran 2	218,17	126	-11,86
4	Pengukuran 3	207,56	297	-22,47
5	Pengukuran 4	206,16	319	-23,87
6	Pengukuran 5	199,42	358	-30,61
7	Pengukuran 6	179,78	452	-50,25



$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$V = I \times R$$

Keterangan:

R = hambatan listrik (Ω)

ρ = hambatan jenis (Ωm)

L = panjang penghantar (m)

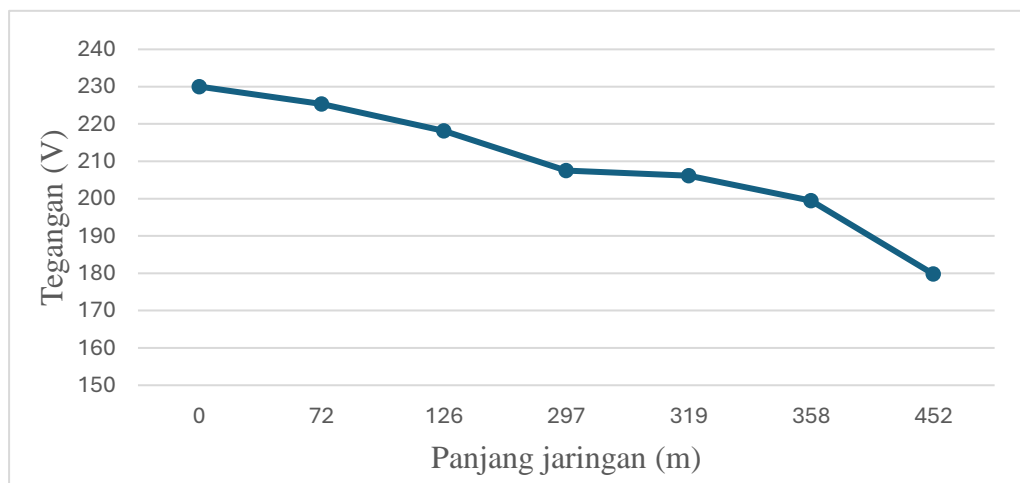
A = luas penampang (mm^2)

V = tegangan (V)

I = arus (A)

Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa Resistansi berbanding lurus dengan panjang saluran atau penghantarnya, dimana semakin panjang saluran atau penghantarnya maka akan semakin besar juga Resistansinya.

Resistansi berbanding terbalik dengan tegangan, dimana semakin besar resistansinya maka tegangannya akan semakin kecil.



Gambar 4.1 Grafik Tegangan Terhadap Panjang Jaringan

Dari data pada table dan Gambar dapat dilihat bahwa nilai tegangan berbanding terbalik dengan panjang jaringan, dimana semakin panjang jaringannya maka akan semakin kecil tegangannya.

Menghitung Dan Membuat Grafik Regresi Linearnya

$$Y_{\text{reg}} = a + b.X$$

No	X_i	Y_i	$X_i - X$	$Y_i - Y$	$(X_i - X)(Y_i - Y)$	$(X_i - X)^2$	Y_{reg}
1	0	230,03	-232	20,54	-4764,29	53824	232,37
2	72	225,34	-160	15,85	-2535,31	25600	225,27
3	126	218,17	-106	8,68	-919,63	11236	219,95

4	297	207,56	65	-1,93	-125,73	4225	203,08
5	319	206,16	87	-3,33	-290,08	7569	200,92
6	358	199,42	126	-10,07	-1269,36	15876	197,07
7	452	179,78	220	-29,71	-6537,14	48400	187,80
Σ	1624	1466,46	0	0,00	-16441,54	166730	1466,46

$$X = \frac{\Sigma Xi}{n} = \frac{1624}{7} = 232$$

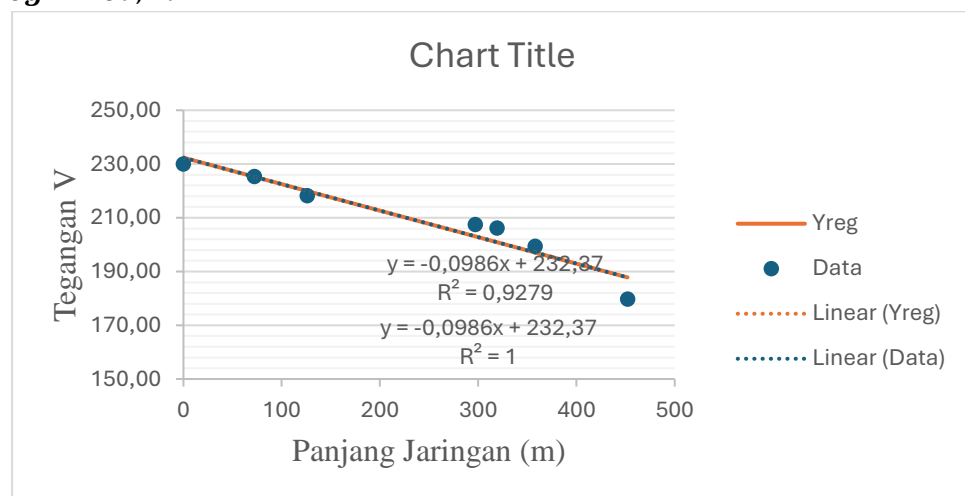
$$Y = \frac{\Sigma Yi}{n} = \frac{1466,46}{7} = 209,49$$

$$b = \frac{\Sigma(Xi - X)(Yi - Y)}{\Sigma(Xi - X)^2} = -0,10$$

$$a = y - bX = 232,37$$

$$Y_{reg} = a + bX = 232,37 + (-0,10 \cdot X)$$

$$Y_{reg} = 209,49$$



Gambar 4.2 Grafik Regresi Linear

Dari Grafik dan Data Perhitungan didapat Y_{reg} sebesar 209,49, dimana hal ini bertujuan untuk mencari garis linear guna mengetahui susut teknis (*losses*) dari data hasil pengukuran.

3.2 Pengolahan Data

Untuk membandingkan data pengukuran dengan perhitungan digunakan data perhitungan yaitu dengan data ukur pada gardu distribusi:

Tabel 4.1 Data untuk perhitungan

Tegangan Pangkal	396,9	V
Kapasitas Trafo	400	kVA
Pembebanan Trafo (%)	41	%
Panjang Saluran	452	m
Penampang Saluran	70	mm ²
Konduktifitas bahan penghantar	32,7	Al

Dari data pada table maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus pada buku PT PLN (Persero) Standar Konstruksi Buku 1 dengan perhitungan:

$$\Delta V = \frac{L \times P}{V \times q \times \lambda}$$
$$\Delta V = \frac{452 \times (400.000 \times 41\%)}{396,9 \times 70 \times 32,7}$$
$$\Delta V = \frac{74.128.000}{908.504,1}$$
$$\Delta V = 81,59 \text{ V}$$

Dari perhitungan diketahui bahwa jatuh tegangan sebesar 178,55 V maka untuk mengetahui besarnya tegangan ujung maka:

$$\begin{aligned} \mathbf{V_{ujung}} &= \mathbf{V_{pangkal} - \Delta V} \\ &= \mathbf{396,9 - 81,59 \text{ V}} \\ &= \mathbf{315,31 \text{ V}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{V_{ujung \ 1P}} &= \frac{\mathbf{315,31 \text{ V}}}{\sqrt{3}} \\ &= \mathbf{182,04 \text{ V}} \end{aligned}$$

Berdasarkan data perhitungan tegangan ujung jaringan tegangan rendah (JTR) adalah sebesar 182,04 V sedangkan data pengukuran tegangan ujungnya sebesar 179,78 V

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh panjang jaringan tegangan rendah terhadap susut teknis di PT PLN daerah Cawang, terdapat beberapa Analisa hasil pengolahan data yaitu:

1. Menurut penelitian, terdapat korelasi yang signifikan antara jumlah susut teknis yang terjadi dalam distribusi energi listrik dengan panjang jaringan tegangan rendah. Resistansi keseluruhan kabel dalam jaringan dipengaruhi secara langsung oleh panjang jaringan tegangan rendah. Resistansi meningkat seiring dengan panjang kabel. Akibatnya, terjadi peningkatan kerugian energi selama distribusi tenaga listrik akibat susut teknis.

Hal ini terbukti dari data pengukuran jaringan tegangan rendah (JTR), dimana tegangan pangkal dan tegangan ujungnya memiliki besar tegangan yang sangat berbeda, yaitu pada tegangan pangkal sebesar 230,03V dan pada tegangan ujungnya sebesar 179,78 V dan pada data perhitungan sebesar 182,04 V.

2. Tidak adanya standar baku terkait panjang maksimal jaringan tegangan rendah dan standar yang ada hanyalah standar mutu tegangan (+5%,-10%).
3. Untuk mengurangi susut teknis yang diakibatkan oleh panjang jaringan tegangan rendah yang tidak optimal, dapat mempertimbangkan beberapa langkah dan solusi berikut:
 - a. Perencanaan Jaringan:
 - b. Pemisahan Area:
 - c. Pemilihan kabel:
 - d. Kualitas Isolasi:
 - e. Transformator Distribusi:
 - f. Inspeksi dan Pemeliharaan:
4. Untuk menentukan panjang jaringan tegangan rendah yang optimal guna mengurangi susut teknis dapat dilakukan dengan Simulasi dan Pengujian: Lakukan simulasi atau pengujian lapangan untuk memastikan bahwa panjang jaringan yang direncanakan memenuhi standar kualitas energi. Contoh seperti Simulator Jatuh Tegangan.
5. Susut teknis yang disebabkan oleh panjang jaringan tegangan rendah dapat mempengaruhi kualitas pelayanan listrik kepada pelanggan dalam beberapa cara berikut:
 - a. Penurunan Tegangan
 - b. Kualitas Energi
 - c. Kerugian Energi dan Biaya
 - d. Keandalan dan Ketersediaan Listrik
 - e. Efisiensi Operasional

f. Pengalaman Pelanggan

Untuk menentukan panjang jaringan tegangan rendah yang optimal guna mengurangi susut teknis dapat dilakukan dengan Simulasi dan Pengujian: Lakukan simulasi atau pengujian lapangan untuk memastikan bahwa panjang jaringan yang direncanakan memenuhi standar kualitas energi. Contoh seperti Simulator Jatuh Tegangan.

Simulasi Jatuh Tegangan dengan menggunakan EXCEL Dengan tampilan seperti yang dapat dilihat pada gambar

Simulasi Jatuh Tegangan						
Daya Trafo	400000	VA		Cu	56	
Cos Phi	0,85			Al	32,7	
Persen Pembebanan	0,41	%				
Panjang Saluran	452	m				
Tegangan	380	V				
Luas Penampang(mm ²)	Cu			Al		
	AV	V Ujung 3P	V Ujung 1P	AV	V Ujung 3P	V Ujung 1P
35	99,53	280,47	162,39	170,44	209,56	120,98
70	49,76	330,24	190,89	85,22	294,78	170,19
150	23,22	356,78	205,98	39,77	340,23	196,43

Gambar 4.3 Simulasi jatuh tegangan

Pada gambar disimulasikan trafo daya 400 kVA dengan pembeban trafo 41% dan panjang jaringan 452 meter menghasilkan jatuh tegangan dengan :

- Pada penampang 35 mm² CU sebesar 99,53V dan AL sebesar 170,44 V.
- Pada penampang 70 mm² CU sebesar 49,76 V dan AL sebesar 85,22 V.
- Pada penampang 150 mm² CU sebesar 23,22 V dan AL sebesar 39,77 V.

Berdasarkan Standar Mutu tegangan rendah, tegangan minimal pelayanan yaitu -10% maka tegangan ujung tidak boleh kurang dari 342 V phase-phase atau 198 V phase-netral. Tegangan ujung pada data sampel pengukuran belum memenuhi standar mutu tegangan rendah

Simulasi Jatuh Tegangan						
Daya Trafo	400000	VA		Cu	56	
Cos Phi	0,85			Al	32,7	
Persen Pembebanan	0,41	%				
Panjang Saluran	300	m				
Tegangan	396,9	V				

Luas Penampang(mm ²)	Cu			Al		
	AV	V Ujung 3P	V Ujung 1P	AV	V Ujung 3P	V Ujung 1P
35	63,25	333,65	162,39	108,31	288,59	166,61
70	31,62	365,28	190,89	54,15	342,75	197,88
150	14,76	382,14	205,98	25,27	371,63	214,56

Gambar 4.4 Simulasi jatuh tegangan yang ke (2)

Untuk mengetahui panjang jaringan yang baik digunakan simulasi dengan simulasi jatuh tegangan. Dapat dilihat pada gambar dengan kapasitas trafo 400 kVA dan pembebanan 41 % penghantar TIC AL 70 mm², pada dengan panjang jaringan 300 m tegangan ujung adalah 197,88 V dan ini dapat menjadi acuan panjang jaringan minimal yang akan digunakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai tegangan berbanding terbalik dengan panjang jaringan, dimana semakin panjang jaringan tegangan rendah maka akan semakin besar resistansinya dan semakin besar resistansinya maka akan semakin besar susut teknis (*losses*) yang terjadi. Hal ini didukung dari hasil perhitungan untuk mencari *losses* dari data pengukuran dengan menggunakan grafik regresi linear dan di dapat hasil perhitungan sebesar 209,49 V.
2. Standard mutu tegangan adalah (+5%,-10%) yaitu minimal adalah 342 V untuk phase phase, atau 198 V untu phase netral. Pada data pengukuran jaringan tegangan rendah (JTR), tegangan ujungnya sebesar 179,78 V dan pada perhitungan sebesar 182,04 V.
3. Salah satu penyebab jaringan tegangan rendah (JTR) yang terlalu panjang adalah karena pada saat perencanaan dan pembangunan awal jaringan, pengaruh panjang jaringan terhadap susut teknis kurang diperhatikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Azzahra, O. Handayani, and S. Auliya, "Studi perbaikan jatuh tegangan dan rugi daya pada jaringan tegangan rendah dengan pembangunan gardu sisip tipe portal," *Kilat*, vol. 8, no. 1, pp. 65-70, 2019.
- [2] D. Pudji, and Qosim, "Analisis rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan tegangan menengah 20kV penyulang Barito GI CSW," ITPLN, Jakarta, Indonesia, 2020.
- [3] Lazuardi, Hajar, and Junaidi, "Studi jatuh tegangan pada jaringan tegangan rendah dengan pemasangan gardu sisip di gardu CPT 2 AS penyulang Murid, UP3 Cikokol," ITPLN, Jakarta, Indonesia, 2020.
- [4] A. Q. Qurraisyn, H. Latupeirissa, and E. T. Mbitu, "Analisis jatuh tegangan pada jaringan tegangan rendah (JTR) 380/220 volt gardu distribusi KTATNT020 BTN Kanawa," *Jurnal ELKO (Elektrikal dan Komputer)*, vol. 4, no. 2, 2023.
- [5] Fadhilah, and Hariyanto, "Analisa perbaikan jatuh tegangan pada jaringan distribusi tegangan menengah penyulang Alun PT PLN (Persero) UP3 CIMAHI," STTPLN, Jakarta, Indonesia, 2019.
- [6] N. R. Alham, R. M. Utomo, H. Hilmansyah, M. Muslimin, A. W. Aditya, and A. Mubarak, "Studi tentang perbaikan jatuh tegangan di tiang ujung jaringan tegangan rendah pada PT. PLN UP3 Area Samarinda," *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 6, no. 2, pp. 212-216, 2022.
- [7] S. Sugianto, "Analisis perhitungan losses jaringan tegangan rendah pada gardu distribusi menggunakan aplikasi Mapinfo PT. PLN Rayon Hasanuddin Area Watampone," *LOGITECH*, vol. 2, no. 2, pp. 1-9, 2019.
- [8] Keputusan Direksi PLN (Persero), "Buku 1 Kriteria Desain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik," PT PLN (Persero), 475.K/DIR/2010, 2010.
- [9] Keputusan Direksi PLN (Persero), "Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik," PT PLN (Persero), 605.K/DIR/2010, 2010.
- [10] Keputusan Direksi PLN (Persero), "Buku 5 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik," PT PLN (Persero), 606.K/DIR/2010, 2010.