

ANALISIS *UPRATING* PENGHANTAR JTM UNTUK PERBAIKAN NILAI *DROP VOLTAGE* DAN *LOSSES* PADA PENYULANG KAONAK PT PLN (PERSERO) ULP WAMENA KOTA

M. Aslam Karomi¹⁾, dan Agus Adhi Nugroho²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Kaligawe Raya No.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112
e-mail: aslam.karomi@gmail.com¹⁾ agus.adhi@unissula.ac.id²⁾

ABSTRACT

This study aims to evaluate the impact of uprating the Kaonak feeder conductor on energy distribution efficiency and voltage quality. The methods used include literature review, documentation, and interviews to collect relevant data. The literature review covers theories of electric power distribution systems, documentation includes electrical data from PT PLN (Persero) UP3 Wamena, and interviews are conducted with related parties to obtain in-depth information regarding the planned configuration of the Kaonak feeder. Data from the calculation of energy distribution efficiency percentage and voltage drop percentage obtained from ETAP simulations are analyzed quantitatively and compared with the medium-voltage network criteria based on SPLN No. 72 of 1987. The results show that the energy distribution efficiency under existing conditions is 97.34% and the voltage quality is 97.75%, while after reconfiguration these values increase to 97.81% and 96.30%, respectively. This study implies that reconfiguration can improve energy distribution efficiency and voltage quality. Further research is needed to monitor the long-term implementation of the reconfiguration.

Keywords: Efficiency, Energy, Voltage, ETAP

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menilai dampak Uprating Penghantar Penyulang Kaonak terhadap efisiensi penyaluran energi dan kualitas tegangan. Metode yang digunakan meliputi studi pustaka, dokumentasi, dan wawancara untuk mengumpulkan data yang relevan. Studi pustaka mencakup teori sistem distribusi tenaga listrik, dokumentasi mencakup data kelistrikan dari PT. PLN (Persero) UP3 Wamena, dan wawancara dilakukan dengan pihak-pihak terkait untuk mendapatkan informasi mendalam mengenai rencana konfigurasi Penyulang Kaonak. Data hasil perhitungan persentase efisiensi penyaluran energi dan persentase jatuh tegangan dari simulasi ETAP dianalisis secara kuantitatif dan dibandingkan dengan kriteria jaringan tegangan menengah SPLN No. 72 Tahun 1987. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase efisiensi penyaluran energi pada kondisi existing sebesar 97,34% dan kualitas tegangan sebesar 97,75%, sementara setelah rekonfigurasi meningkat menjadi 97,81% dan 96,30% masing-masing. Penelitian ini mengimplikasikan bahwa rekonfigurasi dapat meningkatkan efisiensi penyaluran energi dan kualitas tegangan. Penelitian lanjutan diperlukan untuk memantau implementasi rekonfigurasi dalam jangka panjang.

Kata Kunci: Efisiensi, Energi, Tegangan, ETAP.

I. PENDAHULUAN

LISTRIK adalah komponen terpenting dalam kehidupan manusia modern, hampir semua aktivitas manusia membutuhkan listrik sehingga tidak dapat dipungkiri bahwa listrik merupakan nyawa bagi kehidupan manusia saat ini. PT PLN (Persero) ULP Wamena Kota memiliki 5 penyulang yang disuplai oleh PLTD Sinagma. Penyulang Kaonak merupakan salah satu penyulang *open loop system* distribusi 20KV yang di suplai oleh PLTD Sinagma. Penyulang Kaonak sendiri memiliki Panjang penyulang sebesar 76,17 km, juga memiliki hasil pengukuran tegangan ujung sekitar 18,421 kV dengan nilai Drop Voltage 7,90 % dan memiliki nilai Losses 2,66% [1]-[4].

Hal itu menunjukkan bahwa nilai jatuh tegangan pada penyulang tersebut melebihi nilai standart yang telah

ditetapkan yaitu SPLN 72 : 1987 dan SPLN 1:1995 tentang jatuh tegangan yang diijinkan dan ketentuan variasi tegangan pelayanan adalah +5% & -10% dari tegangan kerja. serta memenuhi kriteria susut teknis jaringan konfigurasi spindel maksimal 1% dan susut teknis jaringan konfigurasi open loop dan radial maksimal 2,3% [5].

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu adanya Analisa nilai Dr “Analisis *Uprating* Penghantar JTM Untuk Perbaikan Nilai *Drop Voltage* Dan *Losses* Pada Penyulang Kaonak PT PLN (Persero) ULP Wamena Kota” Penulisan tugas akhir ini menggunakan metode pengumpulan data *Drop Voltage* dan *Losses*, pengamatan langsung, dan wawancara dengan pihak terkait di PT PLN (Persero) ULP Wamena Kota, serta menganalisa *Drop Voltage* dan *Losses* melalui *software Electric Transient and Analysis Program (ETAP)* setelah dilakukan uprating penghantar pada Penyulang Kaonak [6]-[8]. Referensi penulisan tugas akhir ini ada

beberapa Penelitian yaitu:

1. Jurnal tentang “ANALISA SUSUT DAYA DAN DROP TEGANGAN TERHADAP JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20KV PADA GARDU INDUK PANDEAN LAMPER SEMARANG” yang disusun oleh Diva Adin Maulana, Dedi Nugroho, S.T., M.T, Ir. H Budi Sukoco, M.T. tahun 2019 jurnal ini membahas analisis susut daya dan drop tegangan terhadap jaringan tegangan menengah 20 kv pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang [9].
2. Jurnal Tentang “ANALISIS RUGI DAYA DAN JATUH TEGANGAN PADA SISTEM KELISTRIKAN PT PERTAMINA LEDOK UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEM” yang disusun oleh Adi Reski Ariangga, Subuh Isnur Hardyudo, Unit Three Kartini, Widi Aribowo. Tahun, 2021 jurnal ini membahas analisis rugi daya dan jatuh tegangan pada system kelistrikan PT Pertamina EP [10].
3. Jurnal Tentang “ANALISIS PERBAIKAN JATUH TEGANGAN DENGAN UPGRATING PENGHANTAR DI NR.06 MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP” yang disusun oleh Yoga Andicka Deavy, Ade Bagus Fakhri, Maharani Putri, tahun 2022. jurnal ini membahas perbaikan jatuh tegangan dengan uprating penghantar pada penyulang NR.06 dengan menggunakan simulasi pada software ETAP [11].

II. METODE PENELITIAN

Penyusunan pada penelitian ini, diantaranya menggunakan metode berikut ini:

A. Studi Literatur

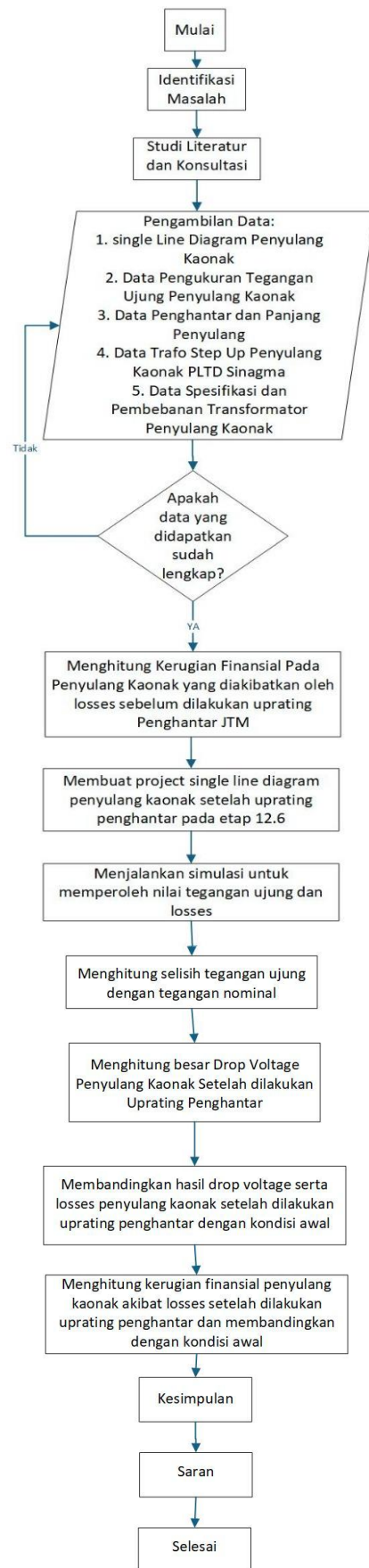
Metode yang dilakukan dengan mencari literatur buku perpustakaan, skripsi terdahulu, serta jurnal ilmiah yang dapat dijadikan panduan yang sebelumnya sudah dilakukan tinjauan pustaka sehingga bisa menjadi referensi yang relevan dalam penulisan proyek akhir ini.

B. Konsultasi

Konsultasi yang dilakukan dengan cara berdiskusi dengan penanggung jawab pekerjaan, supervisor, dan manager bagian Teknik ULP Wamena Kota mengenai masalah yang diteliti.

C. Flowchart Penelitian

Diagram alur dari penelitian yang akan dilakukan diperlihatkan pada gambar 1 berikut ini



Gambar 1. Flowchart Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kerugian Finansial Eksisting Penyulang Kaonak

Berdasarkan hasil perhitungan Losses Eksisting Penyulang Kaonak maka bisa dihitung nilai losses selama 1 jam dengan rumus berikut :

$$Esusut = P \times t \tag{1}$$

$$Esusut = 82,44 \text{ kW} \times 1 \text{ Jam}$$

$$Esusut = 82,44 \text{ kWh}$$

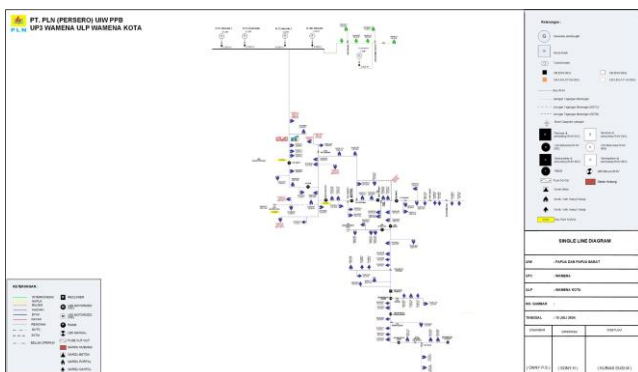
Setelah dihitung nilai Energi Listrik dalam 1 jam maka bisa dihitung estimasi kerugiannya dengan perkiraan mayoritas pelanggan pada Penyulang Kaonak masuk dalam kategori golongan R-1/TR 1300 VA dengan Rupiah per kWh sebesar 1.444,70, dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kerugian Finansial} &= Esusut \times 24 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} \times \text{TDL} \tag{2} \\ &= 82,44 \times 24 \times 30 \times 1.444,7 \\ &= \text{Rp. } 85.752.768 \end{aligned}$$

Dapat disimpulkan kerugian Finansial Eksisting akibat Losses pada Penyulang Kaonak sebesar Rp. 85.752.768.

B. Single Line Diagram Penyulang Kaonak Eksisting

Berikut gambar 2 merupakan Single Line Diagram dari Penyulang Kaonak.



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang Kaonak

C. Kondisi Drop Voltage Penyulang Kaonak Eksisting

TABEL I
PERHITUNGAN DROP TEGANGAN

NO	PENYULANG	V KIRIM	TEGANGAN UJUNG	ΔV	% DROP TEGANGAN
1	Kaonak	20	18,421	1,579	7,90
2	Nayak	20	19,18	0,820	4,10
3	Napua	20	19,212	0,788	3,94
4	Baliem	20	19,438	0,562	2,81
5	Byak	20	19,52	0,48	2,40

Hasil pengukuran tegangan ujung rendah, menyebabkan nilai Drop Voltage sebesar 7,90 % atau sekitar 18,421 kV dengan tegangan terima sebesar 20 kV.

D. Kondisi Losses Penyulang Konak Esisting

TABEL II
DATA LOSSES PENYULANG KAONAK

PENYULANG	DAYA TERSALUR (MW)	LOSSES (MW)	SUSUT TEKNIS (%)
NAPUA	0,063	0,001	1,59%
KAONAK	3,083	0,082	2,66%
NAYAK	1,785	0,029	1,62%
BALIEM	0,524	0,006	1,15%
BYAK	0,141	0,001	0,71%

Berdasarkan hasil perhitungan susut teknis / losses PT PLN (Persero) ULP Wamena Kota Penyulang Kaonak memiliki rugi daya teknis atau losses sekitar 0.082 MW atau 2,66%

E. Perencanaan Upgrading Penghantar pada Software ETAP

Untuk merencanakan upgrading Penghantar pada ETAP kumpulkan data yang diperlukan seperti data pembebanan trafo dan data penghantar seperti dibawah ini.

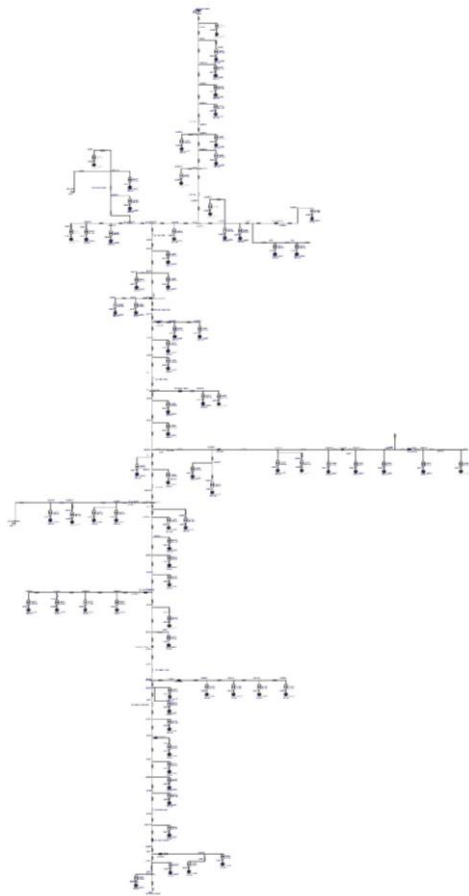
TABEL III
DATA PEMBEBANAN TRAFU

No	Nama Gardu	Kapasitas (kVA)	Pembebanan (kVA)
1	WMN 023	100	0
2	WMN 090	160	79,93
3	WMN 024	200	115,34
4	WMN 121	100	74,91
5	WMN 012	315	89,32
6	WMN 025	160	111,5
7	WMN 009	100	15,16
8	WMN 004	400	187,4
9	WMN 056	25	0
10	WMN 011	400	243,9
11	WMN 183	100	0
12	WMN 038	400	112,1
13	WMN 125	25	11,17
14	WMN 219	100	0
15	WMN 194	100	0

TABEL IV
DATA PENGHANTAR PENYULANG KAONAK

No	Titik Acuan	Panjang Penghantar	Diameter Penampang	Jenis Penampang
1	M1 SINAGMA - M12 JL. SOSIAL	2,12	3x3x1x70	AAACS
2	M12 JL. SOSIAL - WMN090	0,1	3x1x70	AAACS
3	M12 JL. SOSIAL - LBS SMA 1	0,96	3x1x70	AAACS
4	LBS SMA 1 - WMN025	0,18	3x1x70	AAACS
5	WMN025 - WMN009	0,12	3x1x70	AAACS
6	WMN025 - M12 BNI LAMA	0,24	3x1x70	AAACS
7	M12 BNI LAMA - WMN056	0,03	3x1x70	AAACS
8	M12 BNI LAMA - LBS BNI	0,12	3x1x70	AAACS
9	LBS BNI - M12 JL PATIMURA	0,25	3x1x70	AAACS
10	M12 JL PATIMURA - WMN011	0,086	3x1x70	AAACS
11	WMN011 - M12 JL SUDIRMAN	0,28	3x1x70	AAACS
12	M12 JL SUDIRMAN - FCO PATIMURA	0,08	3x1x70	AAACS
13	FCO PATIMURA - WMN125	0,44	3x1x70	AAACS
14	M12 JL PATIMURA - M12 ANWARUDDIN PATIMURA	0,29	3x1x70	AAACS
15	M12 ANWARUDDIN PATIMURA - WMN003	0,1	3x1x70	AAACS

Setelah data terkumpul semua maka konfigurasi data *Single Line Diagram* Penyulang Kaonak kedalam software ETAP seperti gambar 3.



Gambar 3. Konfigurasi Single Line Diagram Penyulang Kaonak kedalam Software ETAP

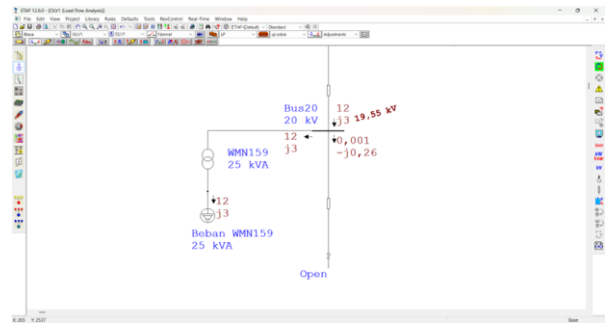
Tahap perencanaan pada software ETAP dengan melakukan *Uprating* Penghantar dari yang awalnya penghantar masih menggunakan luas penampang 70 mm², di naikkan dengan luas penampang 150 mm². Berikut adalah contoh data penghantar yang diperlukan perbaikan penghantarnya ke 150 mm².

TABEL V
DATA PERENCANAAN UPRATING PENGHANTAR

No	Titik Acuan	Panjang Penghantar	Luas Penampang Eksisting (mm)	Luas Penampang Uprating (mm)	Jenis Penampang
1	M1 SINAGMA - M12 JL. SOSIAL	2,12	70	150	AAACS
2	M12 JL. SOSIAL - WMN090	0,1	70	150	AAACS
3	M12 JL. SOSIAL - LBS SMA 1	0,96	70	150	AAACS
4	LBS SMA 1 - WMN025	0,18	70	150	AAACS
5	WMN025 - WMN009	0,12	70	150	AAACS
6	WMN025 - M12 BNI LAMA	0,24	70	150	AAACS
7	M12 BNI LAMA - WMN056	0,03	70	150	AAACS
8	M12 BNI LAMA - LBS BNI	0,12	70	150	AAACS
9	LBS BNI - M12 JL. PATIMURA	0,25	70	150	AAACS
10	M12 JL. PATIMURA - WMN011	0,086	70	150	AAACS

F. Hasil Simulasi Sistem ETAP Setelah Uprating Penghantar

Berdasarkan hasil studi aliran daya penyulang Kaonak kondisi setelah dilakukan Uprating Penghantar menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6, didapatkan hasil gambar 4 dan 5 hasil simulasi dibawah ini dan di uraian seperti tabel berikut.



Gambar 4. Hasil simulasi Drop Voltage

Project:	ETAP	Page:	17
Location:	12.6 SH	Date:	10-04-2023
Contact:		SN:	
Engineer:		Revision:	Base
Filename:	Kaonak Uprating	Study Case:	LF
		Config:	Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	3.323	0.695	3.394	97.88 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	0.000	0.000	0.000	
Total Demand:	3.323	0.695	3.394	97.88 Lagging
Total Motor Load:	1.013	0.254	1.044	97.00 Lagging
Total Static Load:	2.326	0.580	2.306	97.00 Lagging
Total Constant Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Generic Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.073	-0.119		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 2

Gambar 5. Hasil Simulasi Losses

TABEL VI
URAIAN HASIL SIMULASI PADA ETAP

Uraian	Respon sistem	Satuan
Teg. Pangkal	20	kV
Teg. Nominal	20	kV
Teg. Ujung Penyulang	19,55	kV
Beban	3,323	MW
Losses	0,073	MW

G. Perhitungan Efisiensi Penyaluran Kondisi Setelah Uprating

Berdasarkan hasil simulasi ETAP seperti ditunjukkan tabel di atas bahwa losses atau rugi daya teknis yang terjadi pada sistem adalah sebesar 0,073 MW dari total daya tersalur atau demand sebesar 3,323 MW. Bisa dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \% P &= \frac{Losses}{Demand} \times 100\% \\ &= \frac{0,073 \text{ MW}}{3,323 \text{ MW}} \times 100\% \\ &= 2,19\% \end{aligned} \tag{3}$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan persentase rugi daya teknis pada penyulang Kaonak sebesar 2,19% dari daya tersalur. lalu dapat dihitung persentase efisiensi penyaluran energi penyulang Kaonak pada kondisi setelah uprating menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \eta (\%) &= 100\% - P(\%) \\ \eta (\%) &= 100\% - 2,19\% \\ \eta (\%) &= 97,81\% \end{aligned} \tag{4}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan persentase efisiensi penyaluran energi pada penyulang Kaonak skema rekonfigurasi adalah sebesar 97,81%.

H. Kualitas Tegangan Setelah Uprating

Untuk mencari nilai kualitas tegangan setelah uprating bisa menggunakan persamaan berikut:

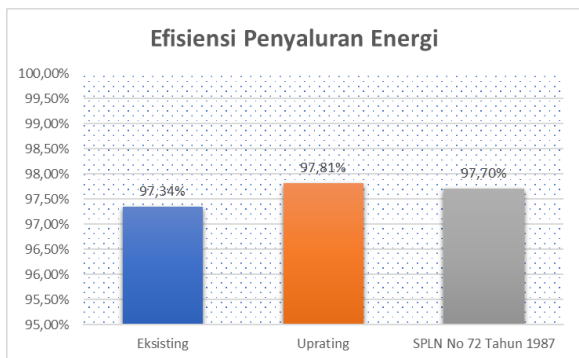
$$\begin{aligned} \Delta V &= V_{no} - V_o \\ \Delta V &= 20 \text{ kV} - 19,55 \text{ kV} \\ \Delta V &= 0,45 \text{ kV} \end{aligned} \tag{5}$$

Dari perhitungan diatas dapat dihitung persentase selisih tegangan penyulang menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{\Delta V}{V_s} \times 100\% \\ \% \Delta V &= \frac{0,45 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \times 100\% \\ \% \Delta V &= 3,7\% \end{aligned} \tag{6}$$

I. Analisa Efisiensi Penyaluran Energi Setelah Uprating

Untuk Analisa Effisiensi dengan skema rekonfigurasi Uprating Penghantar ditampilkan pada grafik gambar 6 berikut:

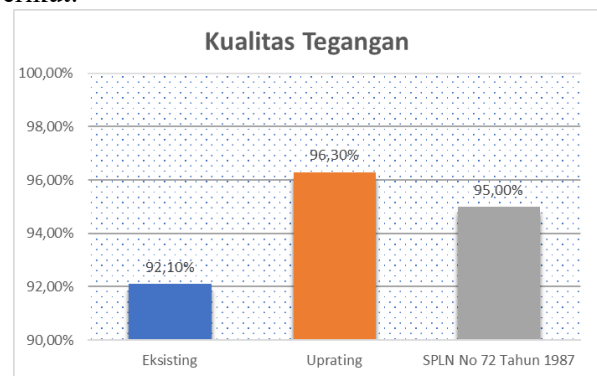


Gambar 6. Grafik Perbandingan Effisiensi Energi Setelah Uprating

Dilihat dari gambar diatas Mengacu pada standar SPLN No 72 Tahun 1987, yang diatur di dalam SPLN No 72 Tahun 1987 yang mengatur desain jaringan tegangan menengah harus memenuhi kriteria rugi daya teknis jaringan konfigurasi *open loop* dan radial maksimal 2,3% dan efisiensi penyaluran energi sebesar 97,7%. Skema dilakukan uprating memenuhi kriteria rugi daya teknis dan efisiensi penyaluran energi jaringan konfigurasi *open loop* dan radial dengan efisiensi penyaluran energi sebesar 97,81% atau mengalami peningkatan sebesar 0,47% dari kondisi existing.

J. Analisa Kualitas Tegangan Setelah Uprating Penghantar

Untuk Analisa Effisiensi dengan skema rekonfigurasi Uprating Penghantar ditampilkan pada grafik gambar 7 berikut:



Gambar 7. Grafik Perbandingan Kualitas Tegangan Setelah Uprating

Dilihat dari gambar diatas diketahui simulasi setelah dilakukan uprating menghasilkan nilai persentase kualitas tegangan yang memenuhi standar SPLN No 72 Tahun 1987 yang mengatur desain jaringan tegangan menengah harus memenuhi kriteria persentase jatuh tegangan dari tegangan nominal saluran distribusi 20 kV konfigurasi *open loop* dan radial maksimal 5% dan persentase kualitas tegangan sebesar 95%.

K. Kerugian Finansial Setelah Uprating Penghantar Penyulang Kaonak

Berdasarkan hasil simulasi Losses Uprating Penyulang Kaonak maka bisa dihitung nilai losses selama 1 jam dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} \text{Esusut} &= P \times t \\ \text{Esusut} &= 73 \text{ kW} \times 1 \text{ Jam} \\ \text{Esusut} &= 73 \text{ kWh} \end{aligned} \tag{7}$$

Setelah dihitung nilai Energi Listrik dalam 1 jam maka bisa dihitung estimasi kerugiannya dengan perkiraan mayoritas pelanggan pada Penyulang Kaonak masuk dalam kategori golongan R-1/TR 1300 VA dengan Rupiah per kWh sebesar 1.444,70, dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kerugian Finansial} &= \text{Esusut} \times 24 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} \times \text{TDL} \quad (8) \\ &= 73 \times 24 \times 30 \times 1.444,7 \\ &= \text{Rp. } 75.933.432 \end{aligned}$$

Dapat disimpulkan kerugian Finansial Eksisting akibat Losses pada Penyulang Kaonak sebesar Rp. 75.933.432.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah penulis lakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. Berdasarkan hasil simulasi ETAP persentase efisiensi penyaluran energi pada kondisi penyulang Kaonak uprating penghantar sebesar 97.81%. dan mengalami kenaikan sebesar 0,47% dari kondisi penyulang Kaonak Eksisting. Hal ini menunjukkan penyulang Kaonak sudah melebihi standar efisiensi penyaluran energi dan pada SPLN No 72 Tahun 1987. Nilai Kualitas tegangan setelah dilakukannya Uprating Penghantar Penyulang Kaonak berdasarkan Simulasi ETAP yaitu sebesar 96,3% dan mengalami kenaikan cukup drastis sebesar 4,2% dari kondisi Penyulang Kaonak Eksisting. Sudah memenuhi standar SPLN No 72 Tahun 1987. Kerugian Finansial estimasi dalam 1 bulan yang diakibatkan oleh Losses setelah dilakukan uprating Penghantar Penyulang Kaonak yang awalnya Rp. 85.295.088 menjadi Rp. 75.933.432. Hal ini mampu menekan nilai kerugian sebesar Rp. 9.361.656 dengan persentase sebesar 11%.

Penulis merekomendasikan untuk Uprating Penghantar Penyulang Kaonak segera diterapkan karena telah memenuhi standar SPLN No 72 Tahun 1987 dan juga bisa menekan nilai kerugian Finansialnya, dengan catatan menyesuaikan kondisi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim 1, *Buku Jasa Pelatihan dan Pendidikan: Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: PT. PLN (Persero), 2010.
- [2] Anonim 2, *Buku 1: Kriteria Desain Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: PT. PLN (Persero), 2010.
- [3] Anonim 3, *Buku 5: Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. Jakarta: PT. PLN (Persero), 2010.
- [4] Anonim 4, *SPLN 64: Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. Jakarta: PT. PLN (Persero), 1985.
- [5] PT PLN (Persero), *SPLN D3.002-1: Pedoman Perencanaan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: PT PLN (Persero), 2010.
- [6] S. Suripto, *Buku Ajar Dasar Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [7] A. Hermawan, *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*. Malang: Politeknik Negeri Malang, 2013.
- [8] Suhadi dan T. Wrahatnolo, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik, Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK, 2008.
- [9] D. A. Maulana, D. Nugroho, dan B. Sukoco, "Analisa susut daya dan drop tegangan terhadap jaringan tegangan menengah 20 kV pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang," *Laporan Tugas Akhir*, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, 2019.
- [10] A. R. Ariangga, S. I. Hardyudo, U. T. Kartini, dan W. Aribowo, "Analisis rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem kelistrikan PT Pertamina EP Ledok untuk meningkatkan keandalan sistem," *Jurnal/Prosiding Teknik Elektro*, Universitas Negeri Surabaya, 2021.
- [11] Y. A. Deavy, A. B. Fakhri, dan M. Putri, "Analisis perbaikan jatuh tegangan dengan uprating penghantar di NR.06 menggunakan software ETAP," *Laporan Penelitian*, Politeknik Negeri Medan, 2022.
- [12] A. R. Saputra, D. Pramudya, M. N. Gibran, dan T. Kurniawan, "Analisis aliran daya jaringan tegangan tinggi pada PT. PLN ULP Serang menggunakan ETAP 19.0.1," *Jurnal Teknik Elektro*, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau, 2024.
- [13] Antasena, "Analisis susut daya dan alternatif perbaikan pada penyulang Ceko di PLN Rayon Pangkal Pinang," *Skripsi*, Universitas Bangka Belitung, 2017.