

ANALISA KOREKSI *VOLTAGE DROP* DENGAN METODE *UPRATING* KABEL A3C KE KABEL A3CS PADA PENYULANG BARAT GARDU INDUK 70KV MRANGGEN

Kumala Mahda Habsari¹, Luluk Kharirroh^{2*}, Yuli Prasetyo³, R. Jasa Kusumo Haryo⁴
Teknik Listrik, Politeknik Negeri Madiun, Kota Madiun

kumalahada@pnm.ac.id, lulukkharirroh1@gmail.com, yuliprasetyo2224@pnm.ac.id, jasakusumo@pnm.ac.id

Abstract - Voltage drop on the electric power network affects the service voltage received by electric power customers. If the Voltage drop is not in accordance with the standard (SPLN No.1 of 1995) it can worsen the quality of service and cause voltage drop, then the power network conductor is repaired to reduce it. Analysis of cross-sectional improvements is done by two methods / ways, namely by simulation and manual calculation. Simulations are carried out using the Load Flow Analysis method in ETAP Software (Electric Transient and Analysis Program) Simulations are run using technical and measurement data to obtain service voltage quality results according to standards and reduce the impact of Voltage drop. Simulation of improvements made to the electrical aspects, namely by uprating the size of the conductor cross section. While calculating using the Voltage drop formula, and the expected results with this activity are to reduce the Voltage drop value, and maximize reliability in electricity for service to the community with continuity and stability. The results obtained in the manual calculation of the A3C 70 mm² cable before uprating 51.25 V while the ETAP simulation is 32.3 V. The results in the manual calculation of the A3CS 150 mm² cable are 32.35 while the ETAP simulation is 22.2 V. This shows that increasing the length of the cable can reduce the power loss caused by the cross-sectional area of the cable.

Keywords — *Distribution system, Substation, Voltage Drop, ETAP Software*

Abstrak— *Voltage drop* pada jaringan tenaga listrik berpengaruh terhadap tegangan pelayanan yang diterima pelanggan tenaga listrik. Apabila *voltage drop* tidak sesuai dengan standar (SPLN No.1 Tahun 1995) maka dapat memperburuk kualitas pelayanan dan menimbulkan *voltage drop*, maka dilakukan perbaikan penghantar jaringan tenaga guna mengurangi hal tersebut. Analisa Perbaikan penampang dilakukan dengan dua metode / cara, yaitu dengan Simulasi dan Perhitungan Manual. Simulasi dilakukan dengan menggunakan metode *Load Flow Analysis* pada *Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program)* Simulasi dijalankan dengan menggunakan data – data teknik dan pengukuran untuk mendapatkan hasil kualitas tegangan pelayanan sesuai standart dan mengurangi dampak *voltage drop*. Simulasi perbaikan dilakukan terhadap aspek kelistrikan yaitu dengan *Uprating* ukuran penampang penghantar. Sedangkan perhitungan dengan menggunakan rumus – rumus *voltage drop*, dan hasil yang diharapkan dengan kegiatan ini yaitu mengurangi nilai *voltage drop*, dan memaksimalkan keandalan dalam kelistrikan guna pelayanan ke masyarakat dengan kontinuitas dan stabil. Hasil yang didapat pada perhitungan manual kabel A3C 70 mm² sebelum di *uprating* 51,25 V sedangkan simulasi ETAP 32,3 V. Hasil pada perhitungan manual kabel A3CS 150 mm² 32,35 sedangkan simulasi ETAP 22.2 V. Ini menunjukkan bahwa

menaikkan panjang kabel dapat mengurangi rugi daya yang disebabkan oleh luas penampang kabel.

Kata Kunci— *Sistem distribusi, Penyulang, Voltage drop, Uprating Kabel, Software ETAP*

I. PENDAHULUAN

sistem jaringan distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang memiliki fungsi menyalurkan sumber daya listrik hingga ke konsumen. [1]. Jaringan distribusi berdasarkan tenaga kerjanya secara umum dibedakan menjadi dua, yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Jaringan distribusi primer menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk (GI) ke gardu distribusi. [2]. Jaringan distribusi primer merupakan jaringan distribusi tegangan menengah dengan tegangan 20kV dan jaringan distribusi sekunder merupakan jaringan distribusi tegangan rendah dengan tegangan 220/380 Volt. [3]. Pada jaringan ini, energi listrik dialirkan dari gardu induk hingga ke titik-titik beban utama dapat menggunakan kabel melalui udara dan kabel bawah tanah. [4]

Aktivitas manusia saat ini sangat bergantung pada sistem tenaga listrik yang ada. Oleh karena itu, keandalan pada sistem juga sangat diharapkan. Sumber daya listrik yang stabil merupakan hal penting bagi konsumen. Karena keandalan salah satu tolak ukur untuk mengukur kinerja penyedia layanan. [5]

Salah satu masalah dalam distribusi tenaga listrik di PT. PLN (Persero) adalah jatuh tegangan (*voltage drop*). Kondisi *drop tegangan* merupakan perbedaan antara tegangan kirim dan tegangan yang diterima. *voltage drop* dapat terjadi karena disebabkan oleh beberapa hal diantaranya ukuran penampang penghantar yang tidak sesuai, arus yang mengalir dan jalur jaringan terlalu panjang sehingga tegangan pada ujung jaringan yang menuju ke pelanggan berada dibawah nilai toleransi. Baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik utamanya ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima oleh para konsumen / pelanggan. PT PLN telah menetapkan batas toleransi *voltage drop* dalam SPLN 1 : 1995

adalah sebesar 5% - 10%, pada jaringan tegangan menengah (JTM). [6]

Guna mengurangi adanya *voltage drop* adalah dengan mengganti ukuran penampang konduktor dengan ukuran penampang yang lebih besar. Pada penelitian ini, peneliti melakukan perhitungan manual dan simulasi untuk menganalisa perkiraan *voltage drop*. Pada proses analisa ini dapat diketahui perkiraan pengaruh *uprating* penampang konduktor terhadap perbaikan *voltage drop*. Pemanfaatan Software ETAP digunakan untuk memudahkan melakukan perhitungan *voltage drop*.

II. METODE PENELITIAN

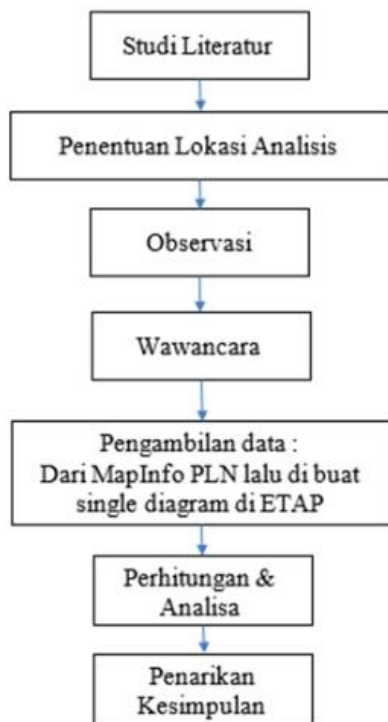
A. Alat & Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan kebutuhan agar proses menganalisis *voltage drop* dapat berjalan dengan lancar. Berikut merupakan alat yang dibutuhkan untuk proses analisis *voltage drop* :

1. Laptop
2. Flashdisk
3. Software MapInfo
4. Software ETAP
5. Alat Tulis

B. Rancangan Proyek

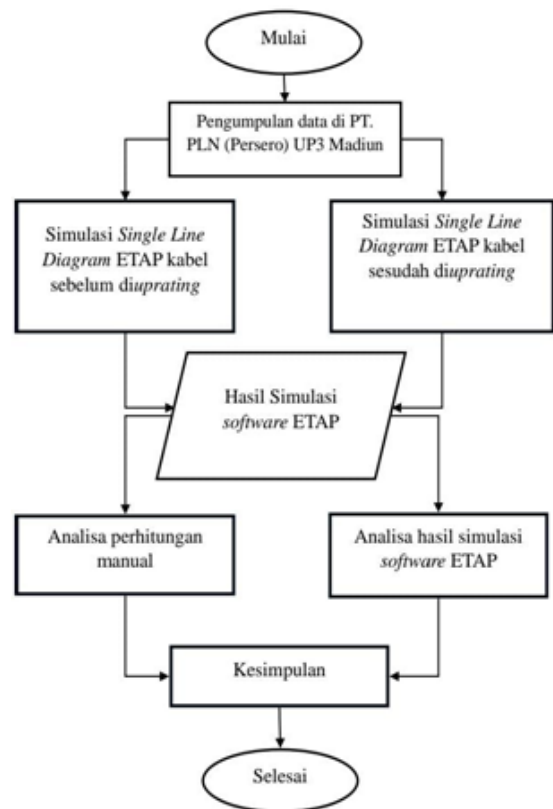
Pada penelitian ini, tahapan-tahapan penelitian dijelaskan pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian dimulai dengan studi literatur untuk mendapatkan referensi, menelaah masalah yang ada dan mendapatkan data terkait analisis *voltage drop*. sumber data yang telah diperoleh dari hasil penelitian ini adalah berupa data pembebanan trafo, jenis kabel yang digunakan, dan tegangan ujung dari aplikasi MapInfo. Secara teknis proses analisa dilakukan menggunakan software ETAP. Melalui metode ini sistem penganalisaan akan mempertimbangkan faktor perbaikan tegangan jatuh dari setelah perbaikan penggantian kabel A3C menjadi kabel A3CS. Setelah melakukan pengambilan data, selanjutnya dilakukan perhitungan dari masing – masing penghantar yang di *uprating*. Dilakukan perhitungan sebelum dan sesudah *uprating*, untuk mengetahui perbandingan dari penghantar. Kemudian dilakukan analisa dengan cara membandingkan hasil perhitungan sebelum dan sesudah proses *uprating* penghantar/kabel. dari hasil analisa tersebut akan didapatkan analisa *voltage drop* dari jaringan.

C. Diagram Alir



Gambar 2 Diagram Alir Proses Analisis Voltage drop

Gambar 2 diatas adalah diagram alir proses analisis *voltage drop*. Proses yang dilakukan pada saat analisis *voltage drop* yaitu sebagai berikut :

1. Mulai

- Langkah awal untuk menganalisis *voltage drop* yaitu dimulai dengan pengumpulan data menyiapkan berkas – berkas untuk analisis data dengan melakukan observasi dan pengambilan data.
- Setelah melakukan observasi dan pengambilan data kemudian melakukan simulasi *single line diagram* di *Software ETAP* dengan kabel penghantar sebelum dan sesudah di *uprating*.
- Kemudian setelah menyimulasi *single line diagram* akan diketahui hasil simulasi dari *software ETAP*.
- Setelah itu dilakukan analisis perhitungan manual dan *software ETAP* sebelum di *uprating* dan sesudah di *uprating*.
- Selanjutnya diambil kesimpulan.
- Selesai

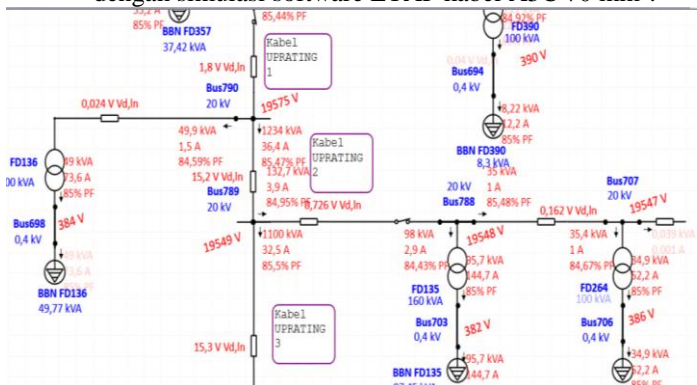
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Voltage Drop

Analisa *voltage drop* disimulasikan dengan *software ETAP* kabel A3C 70 mm² dan A3CS 150 mm² dan Analisa *voltage drop* dengan perhitungan manual kabel A3C 70 mm² dan A3CS 150 mm² sebagai berikut.

1. Simulasi *voltage drop* kabel A3C 70 mm² dengan *software ETAP*

Berikut merupakan hasil analisa *voltage drop* dengan simulasi *software ETAP* kabel A3C 70 mm².



Gambar 3. Simulasi ETAP *voltage drop* kabel A3C 70 mm²
 (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Dalam simulasi ini ditunjukkan terdapat 3 jalur kabel yang di *uprating*. Terdapat 3 bus diantaranya bus696, bus790, dan bus789. Untuk kabel *Uprating* 1 dengan panjang 0,075 km. *Uprating* 2 panjang kabel 0,665 km. *Uprating* 3 panjang kabel 0,740 km.

2. Perhitungan Manual *Voltage Drop* pada Kabel A3C 70 mm²

Berikut merupakan hasil analisa *voltage drop* dengan perhitungan manual kabel A3C 70 mm².

a. Kabel *Uprating* 1

$$Vd = \sqrt{3} \times I (R \cos \phi + X \sin \phi) \times l$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 37,9 (0,4608 \times 0,85 + 0,3572 \times 0,52678) \times 0,075$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 37,9 (0,57984) \times 0,075 = 2,8 \text{ V}$$

b. Kabel *Uprating* 2

$$Vd = \sqrt{3} \times I (R \cos \phi + X \sin \phi) \times l$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 36,4 (0,4608 \times 0,85 + 0,3572 \times 0,52678) \times 0,665$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 36,4 (0,57984) \times 0,665 = 24,3 \text{ V}$$

c. Kabel *Uprating* 3

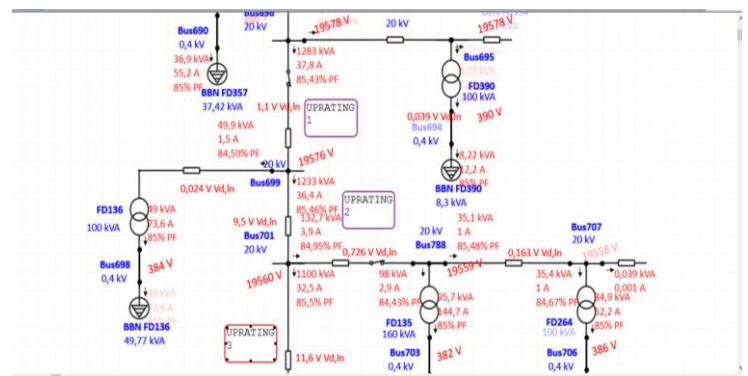
$$Vd = \sqrt{3} \times I (R \cos \phi + X \sin \phi) \times l$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 32,5 (0,4608 \times 0,85 + 0,3572 \times 0,52678) \times 0,740$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 32,5 (0,57984) \times 0,740 = 24,15 \text{ V}$$

3. Simulasi *Voltage drop* kabel A3CS 150 mm² dengan *software ETAP*

Berikut merupakan hasil analisa *Voltage drop* dengan simulasi *software ETAP* kabel A3CS 150 mm².



Gambar 4. Analisa *voltage drop* ETAP kabel A3CS 150 mm²
 (Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Dalam simulasi ini ditunjukkan terdapat 3 jalur kabel yang di *uprating*. Terdapat 3 bus diantaranya bus698, bus699, dan bus701. Untuk kabel *Uprating* 1 dengan panjang 0,075 km. *Uprating* 2 panjang kabel 0,665 km. *Uprating* 3 panjang kabel 0,740 km.

4. Perhitungan manual *Voltage Drop* pada kabel A3CS 150 mm²

Berikut merupakan hasil analisa *voltage drop* dengan perhitungan manual kabel A3CS 150 mm².

a. Kabel Uprating 1

$$Vd = \sqrt{3} \times I (R \cos \phi + X \sin \phi) \times l$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 37,8 (0,2162 \times 0,85 + 0,3305 \times 0,52678) \times 0,075$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 37,8 (0,35787) \times 0,075 = 1,75V$$

b. Kabel Uprating 2

$$Vd = \sqrt{3} \times I (R \cos \phi + X \sin \phi) \times l$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 36,4 (0,2162 \times 0,85 + 0,3305 \times 0,52678) \times 0,665$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 36,4 (0,35787) \times 0,665 = 15,0$$

c. Kabel Uprating 3

$$Vd = \sqrt{3} \times I (R \cos \phi + X \sin \phi) \times l$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 32,5 (0,2162 \times 0,85 + 0,3305 \times 0,52678) \times 0,740$$

$$Vd = \sqrt{3} \times 32,5 (0,35787) \times 0,740 = 15,6V$$

C. Analisa perbandingan hasil antara simulasi dan perhitungan manual kabel

Dari hasil analisa hasil *voltage drop* dalam simulasi ETAP dan perhitungan manual pada tabel 1 dapat disimpulkan bahwa pada kabel A3C 70 mm² uprating jalur 1, *voltage drop* yang terjadi sebesar 1,8 V. pada kabel A3C 70 mm² uprating jalur 2, *voltage drop* yang terjadi sebesar 15,2 V. dan pada kabel A3C 70 mm² uprating jalur 3, *voltage drop* yang terjadi sebesar 15,3 V.

Dan dari hasil analisa hasil *voltage drop* dalam simulasi ETAP dan perhitungan manual dapat disimpulkan bahwa pada kabel A3CS 150 mm² pada uprating jalur 1, *voltage drop* yang terjadi sebesar 1.1 V. pada kabel A3CS 150 mm² uprating jalur 2, *voltage drop* yang terjadi sebesar 9,5 V. dan pada kabel A3CS 150 mm² uprating jalur 3, *voltage drop* yang terjadi sebesar 11,6 V.

Terdapat perubahan terhadap *voltage drop* yang terjadi pada kabel A3C 70 mm² dan kabel A3CS 150 mm². Pada dasarnya PLN mengambil jalan untuk menggunakan kabel A3CS 150 mm² dengan alasan kondisi geografis di lokasi tersebut sering terjadi gangguan alam seperti gangguan dari hewan, ranting pohon, dan daun-daun maka dari itu menggunakan kabel A3CS 150 mm² yang mana konstruksinya berisolasi dan bisa mengurangi hal kejadian tersebut.

Tabel 1 Hasil *voltage drop* dengan simulasi software ETAP dan perhitungan manual kabel A3C 70 mm² & A3CS 150 mm²

Jenis Kabel	Drop Voltage simulasi	Drop Voltage perhitungan
	ETAP	manual
Kabel A3C 1	1,8 V	2,8 V
Kabel A3C 2	15,2 V	24,3 V
Kabel A3C 3	15,3 V	24,15 V
Kabel A3CS 1	1,1 V	1,75 V
Kabel A3CS 2	9,5 V	15,0 V
Kabel A3CS 3	11,6 V	15,6 V

Tabel 1 menunjukkan perbandingan hasil *voltage drop* dengan simulasi dan perhitungan manual. Pada tabel tersebut menunjukkan penurunan *voltage drop* untuk masing-masing area ketika terdapat pergantian penghantar atau uprating kabel dari kabel A3C 70 mm² menjadi kabel A3CS 150 mm².

B. Analisa Perbandingan Kabel A3C 70 mm² dan A3CS 150 mm²

Berdasarkan tabel 1 dapat kita analisa dalam hasil simulasi dengan perhitungan manual terdapat sedikit perbedaan. Karena beberapa faktor yang diantaranya Perbedaan dalam kompleksitas model matematika yang digunakan oleh ETAP dibandingkan dengan perhitungsn manual yang mungkin lebih sederhana, selain itu adanya perbedaan dalam asumsi atau konfigurasi yang digunakan dalam perhitungan juga dapat mempengaruhi hasil.

IV. KESIMPULAN

- Hasil dari perhitungan dari perbandingan antara perhitungan manual dengan simulasi ETAP di dapatkan hasil yang hampir mendekati sama, dalam kabel A3C 70 mm² jalur 1, disimulasi *voltage drop* yang terjadi sebesar 1,8 V sedangkan perhitungan manual sebesar 2,8 V. Pada kabel A3C 70 mm² jalur 2 disimulasi *voltage drop* yang terjadi sebesar 15,2 V sedangkan perhitungan manual sebesar 24,3 V. Pada kabel A3C 70 mm² jalur 3, disimulasi *voltage drop* yang terjadi sebesar 15,3 V, sedangkan perhitungan manual sebesar 24,15 V. Pada kabel A3CS 150 mm² jalur 1, disimulasi *voltage drop* yang terjadi sebesar 1,1 V sedangkan perhitungan manual sebesar 1,75 V. Pada kabel A3CS 150 mm² jalur 2 disimulasi *voltage drop* yang terjadi sebesar 9,5 V sedangkan perhitungan manual sebesar 15,0 V. Pada kabel A3CS 150 mm² jalur 3, disimulasi *voltage drop* yang terjadi sebesar 11,6 V sedangkan perhitungan manual sebesar 15,6 V.
- Perencanaan menggunakan simulasi ETAP, dapat mengetahui hasil berapa *voltage drop* yang terjadi pada Penyulang Barat Gardu Induk Mranggan. Besar nilai *voltage drop* bisa terjadi karena faktor nilai panjang kabel yang panjang.
- Dalam kasus yang penulis ambil pada dasarnya PLN mengambil jalan untuk menggunakan kabel A3CS 150 mm² dengan alasan kondisi geografis di lokasi tersebut

sering terjadi gangguan eksternal seperti gangguan dari hewan, ranting pohon, dan daun-daun yang menyebabkan *short circuit*.

4. Kabel A3CS 150 mm² konstruksinya berisolasi bisa mengurangi/ meminimalisir hal kejadian gangguan eksternal dan lebih tahan benda asing, bahan/material yang terjangkau, harga murah, dan cara pemasangan yang mudah.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Pakaya, A. W. Basolle, and Z. Zulfatman, "Optimasi Penempatan Recloser Pada Penyulang Olak Alen Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Algoritma Differential Evolution," *Transmisi*, vol. 23, no. 1, pp. 14–20, 2021, doi: 10.14710/transmisi.23.1.14-20.
- [2] I. K. Winarta, E. H. Harun, and J. D. Giu, "Studi Susut Daya Jaringan Distribusi Primer Area Luwuk Melalui Simulasi Aliran Daya Menggunakan Metode Newton Raphson," *Transmisi*, vol. 23, no. 4, pp. 125–133, 2021, doi: 10.14710/transmisi.23.4.125-133.
- [3] N. Dewi, S. Salahuddin, and H. M. Yusdartono, "Studi Drop Tegangan pada Jaringan Distribusi 20 Kv Antara Gardu Induk Sigli dengan Gardu Hubung Express Trienggadeng Menggunakan Software Etap," *J. Energi Elektr.*, vol. 12, no. 1, p. 31, 2023, doi: 10.29103/jee.v12i1.11587.
- [4] Arman, T. Rijanto, Joko, and R. Harimurti, "Analisis Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik Jaringan Distribusi 20kV di PT.PLN (Persero) ULP AMUNTAI," *J. Tek. Elektro*, vol. 13, no. 2, pp. 130–134, 2024.
- [5] "View of Reliability and Maintenance of Assets in Electric Power Distribution Network.pdf."
- [6] D. Abdullah and B. Badaruddin, "Analisa Perbaikan Penampang Penghantar Guna Mengurangi Drop Tegangan dan Simulasi Etap 16.0 Pada JTR GD KRDB di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) ULP Serang Kota," *J. Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 1, p. 24, 2020, doi: 10.22441/jte.2020.v11i1.004.