

STUDI DROP TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV ANTARA GARDU INDUK SIGLI DENGAN GARDU HUBUNG EXPRESS TRIENGGADENG MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP

Nurhaliza Dewi, Salahuddin, Habib Muharry Yusdartono

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh Lhokseumawe, Muara Satu, Aceh Utara, Aceh, Indonesia
E-mail: salahuddin@unimal.ac.id

Abstrak- Listrik merupakan energi yang dialirkan dalam bentuk kebel. Listrik memegang peran penting dalam kelangsungan hidup manusia. Dengan bertambahnya usia yang semakin berkembang pesat kebutuhan dan tuntutan manusia akan energi listrik otomatis juga semakin meningkat, karena tanpa adanya sumber listrik, seseorang sulit untuk melakukan atau menjalankan aktivitas apapun secara normal. Sistem Distribusi adalah bagian dari sistem kelistrikan. Tugas sistem distribusi adalah menyalurkan energi listrik dari sumber daya ke pelanggan konsumen pelayanan listrik, dan hal ini selalu mengakibatkan jatuh tegangan. Pada tugas akhir ini penulis membandingkan penurunan tegangan pada jaringan distribusi 20 kV antara Gardu Induk Sigli dengan Gardu Hubung Express Trienggadeng, membuat perhitungan manual dengan rumus dan perhitungan dengan simulasi menggunakan *software* ETAP 19.0.1. Sebelum melakukan analisis, penulis mengambil dan mengecek data di PT. PLN (Persero) UP3 Sigli ULP Meureudu. Panjang kabel antara GI Sigli dengan GH Express Trienggadeng adalah 240 mm² dengan konduktor tipe A3C-S dengan reaktansi 0,2824 Ω , 34,5 kms. Hasil analisis perhitungan dengan rumus didapatkan persentase rugi gangguan tegangan sebesar 2,66% sedangkan persentase yang dihitung dengan simulasi *software* ETAP 19.0.1 sebesar 2,93%. Penurunan tegangan dalam keadaan demikian tidak memenuhi standar PLN 1:1978 yaitu minimal +5% dan maksimal -10% dari tegangan nominal.

Keywords: *Jatuh Tegangan, Jaringan Distribusi, ETAP 19.0.1*

I. PENDAHULUAN

Jatuh tegangan (*voltage drop*) maksimum adalah jatuh tegangan maksimum yang dapat terjadi pada penghantar yang membawa arus listrik. Jika tegangan jatuh yang dihasilkan sudah melebihi batas maksimal, maka solusinya adalah dengan memperbesar dimensi kabel. Jatuh tegangan setiap kabel harus ditentukan berdasarkan beban konsumen seperti peralatan sehingga tegangan yang tersedia tidak melebihi batas yang telah ditentukan.[1]

Sistem jaringan distribusi listrik Indonesia terdiri dari jaringan distribusi tegangan menengah (distribusi primer) dengan tegangan 20 kV dan jaringan distribusi tegangan rendah (distribusi sekunder) dengan tegangan 220/380 Volt. Apabila sistem distribusi kelistrikan menggunakan sistem

transmisi, sub transmisi atau distribusi, maka besar kemungkinan akan menyebabkan jatuh tegangan. Penghantar resistif mengaktifkan salah satu faktor penyebab jatuh tegangan pada sistem jaringan distribusi kelistrikan. Oleh karena itu, penurunan tegangan yang dihasilkan disebabkan oleh distribusi jarak jauh dan memainkan peran penting.[2]

PT. PLN (Persero) UP3 Sigli menguasai tiga rayon yaitu rayon Sigli kota atau disebut juga PT. PLN (Persero) UP3 Sigli ULP Kota Sigli, rayon Beureunuen atau PT. PLN (Persero) UP3 Sigli ULP Beureuneun dan rayon Meureudu atau PT. PLN (Persero) UP3 Sigli ULP Meureudu. Dengan topologi PT. PLN (Persero) UP3 Sigli memiliki saluran distribusi radial dari Gardu Induk Sigli (GI Sigli) dan mensuplai 21 penyulang di wilayah kerja area Sigli, *outgoing* dari Sigli kemudian berhenti di Gardu Hubung, dimana *incoming* Gardu Hubung tersebut keluar sebagian penyulang. Ada 3 Gardu Hubung yaitu Gardu Hubung di wilayah area Sigli yaitu, kota Sigli, Gardu Hubung Beureunuen, dan Gardu Hubung Express Trienggadeng. Khusus dari Gardu Induk sigli sampai Gardu Hubung Express Trienggadeng terdapat 2 penyulang *incoming* yaitu Express trienggadeng (SG-06) dan (SG-10) yang memberi 3 penyulang yaitu penyulang Ulim, penyulang Sp.4, dan penyulang Bupati Pijay. Panjang *Incoming* SG-06 adalah 34,5 kms dari Gardu Induk Sigli hingga Gardu Hubung Express Trienggadeng.

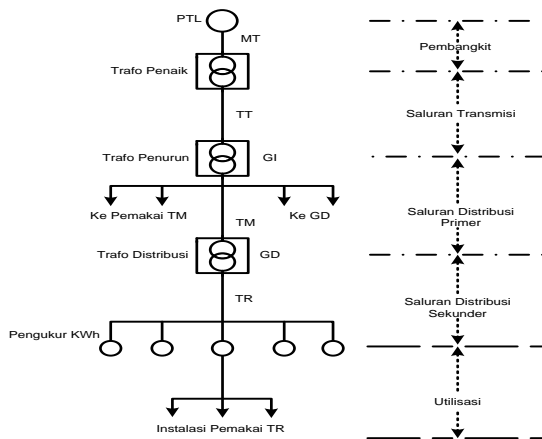
II. DASAR TEORI

2.1 Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan salah satu bagian dari sistem kelistrikan yang terhubung dari pembangkit ke pelanggan listrik atau pelanggan yang menggunakan jasa kelistrikan.

Menghasilkan listrik di pembangkit listrik dengan generator. Setelah itu, jaringan transmisi yang mengirimkan tegangan listrik ke gardu induk. Dari pembangkit listrik utama, tegangan listrik disalurkan ke gardu distribusi, dari situ disalurkan ke konsumen listrik. Komponen yang dibutuhkan pada gardu induk adalah trafo distribusi, kabel

sambungan dan dilengkapi dengan pengamanan rangkaian. Sedangkan untuk penempatan peralatan pada gardu distribusi biasanya dilengkapi dalam panel.



Gambar 2. 1 Diagram satu garis sistem kelistrikan

2.2 Macam-macam gangguan

Gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi tegangan menengah adalah sebagai berikut:

1. Tegangan lebih
2. Hubung singkat
3. Gangguan 1 fasa ke tanah
4. Gangguan 2 fasa ke tanah
5. Gangguan 3 fasa ke tanah
6. Gangguan fasa-fasa
7. Kegagalan sengatan petir

2.3 Sebab-Sebab Gangguan Jaringan Distribusi

Penyebab gangguan pada jaringan distribusi adalah karena gangguan dari luar seperti sambaran petir, seringkali bagian peralatan yang sering terkena petir adalah pipa saluran udara, serta saluran udara tegangan tinggi (SUTT), saluran udara tegangan menengah (SUTM) atau saluran udara tegangan rendah (SUTR), faktor gangguan lain seperti layang-layang, pepohonan, binatang seperti kelelawar, musang. Penyebab gangguan lainnya yaitu faktor manusia seperti kecerobohan, ketidakteelitian operator dan kecerobohan manusia seringkali menyebabkan terjadinya gangguan seperti membawa benda yang menjulang tinggi dan menyentuh saluran udara.

2.4 Drop Tegangan Pada Jaringan Distribusi

Drop Tegangan (*voltage drop*) berarti tegangan yang dikirimkan oleh sumber tidak sama dengan tegangan yang diterima.

Selain itu besarnya jatuh tegangan dapat dijelaskan dengan persamaan, persamaan di bawah ini merupakan rumus untuk menghitung jatuh tegangan pada jaringan distribusi primer dapat dinyatakan:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi) \quad (1)$$

Dimana:

I = Arus melalui beban (A)
L = Panjang saluran (km)
R = Besar resistansi saluran (Ohm)
X = Besar reaktansi induksi (Ohm)
Cos ϕ = 0,86 dan sin ϕ = 0,51

Dalam pembahasan ini, jatuh tegangan (ΔV) didefinisikan sebagai selisih antara tegangan kirim (V_s) dan tegangan terima (V_t), dimana jatuh tegangan (*Drop Tegangan*) dapat di nyatakan dengan persamaan :

$$\Delta V = |V_s| - |V_t| \quad (2)$$

Dimana:

ΔV = Drop tegangan (Volt)
 V_s = Tegangan ujung kirim (Volt)
 V_t = Tegangan ujung terima (Volt)

Kemudian untuk menghitung jatuh tegangan (*Drop Tegangan*) dalam persen (%) dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (3)$$

2.5 Rugi Daya (*power losses*)

Rugi-rugi daya merupakan rugi arus dalam suatu penghantar dimana jumlah daya yang dihasilkan atau disalurkan oleh suatu sumber daya dikurangi dengan jumlah daya yang diterima oleh beban. Resistansi (R) dan arus beban (I) yang selalu mengalir pada penghantar sangat mempengaruhi rugi-rugi daya pada penghantar. Besarnya rugidaya dalam jaringan dengan mengevaluasi panjang penghantar (L) untuk 3 fasa, dapat di nyatakan dengan persamaan :

$$P_L = 3 \times I^2 \times R \quad (4)$$

Dimana:

P_L = Kerugian jaringan (Watt)
I = Arus yang mengalir dalam jaringan (Ampere)
R = Hambatan kawat per satuan panjang saluran

(Ω)

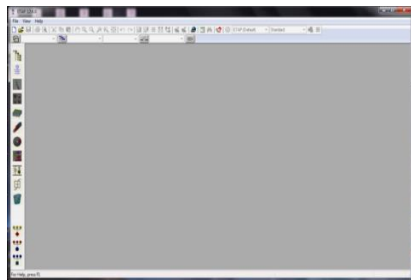
2.6 Studi Aliran Daya Newton-Raphson

Kajian aliran daya merupakan kajian yang memberikan penjelasan mengenai arus atau tegangan suatu sistem pada kondisi operasi normal, baik yang sedang aktif maupun yang diperkirakan akan terjadi di masa yang akan datang, karena perubahan beban akan selalu terjadi akibat meningkatnya permintaan dari konsumen listrik. Perubahan unit-unit produksi dan perubahan jalur transmisi.

Metode Newton-Raphson adalah metode Gauss-Seidel yang disempurnakan. Perhitungan aliran daya dengan metode *Newton-Raphson* dianggap lebih mudah pada sistem jaringan dengan rating yang lebih tinggi. Metode ini menguntungkan karena konvergensi jauh lebih cepat dan persamaan arus listrik diformulasikan dalam bentuk polar.

2.7 Software ETAP 12.6.0

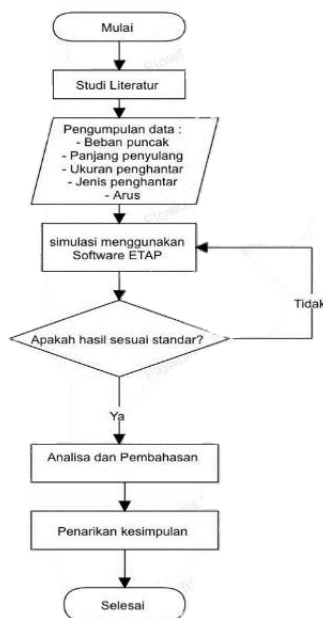
ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) adalah perangkat lunak yang mendukung sistem kelistrikan. Perangkat ini dapat bekerja untuk simulasi daya, komputasi *Real-Time Online*, atau implementasi sistem *Real-Time*. ETAP juga digunakan sebagai perangkat lunak untuk sistem kelistrikan yang bekerja dalam desain (*plant/project*)[1].



Gambar 2. 2 Tampilan kotak dialog pertama

III. METODE PENELITIAN

Pengujian komposit dalam penelitian skripsi ini dilakukan pada sistem jaringan distribusi 20 kV antara Gardu Induk Sigli dengan Gardu Hubung Express Trienggadeng pada PT. PLN (Persero) UP3 Sigli ULP Meureudu. Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini dapat dilihat pada gambar *flowchart* 3.1 berikut ini :



Gambar 3. 1 *Flowchart* penelitian

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Studi yang dilakukan di PT. PLN (Persero) UP3 Sigli ULP Meureudu data yang diperoleh dan diminta kemudian akan dipakai untuk menghitung jatuh tegangan antara Gardu Induk Sigli dengan Gardu Hubung Express Trienggadeng

dengan perhitungan manual menggunakan rumus dan simulasi dengan *software* ETAP 19.0.1. informasi yang diterima dari PT. PLN (Persero) UP3 Sigli ULP Meureudu adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Data saluran tegangan menengah 20 kV pada penyulang SG-06

NO	PENYULANG	Panjang Penyulang Kms	Ukuran Penghantar mm	Jenis Penghantar	Tegangan Pangkal	Arus	Beban Puncak
					KV	A	MW
1	SG 06	34,5	240	A3C-S	20,9	104	3,76
2	TG 02				19,6	106	3,59
3	TG 01/PK. Ulim	24,4	150	A3C-S	19,6	26	0,88
4	TG 03/PK. SP. 4	22,3	150	A3C-S	19,6	43	1,46
5	TG 04/PK. Bupati Pijay	35,6	70	A3C	19,6	38	1,29

Berdasarkan dari data pada tabel 1 diatas dapat dilakukan perhitungan terhadap jatuh tegangan satu fasa. Contoh hasil pencarian jatuh tegangan menggunakan persamaan (1):

Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut untuk menghitung jatuh tegangan yang dihasilkan:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \sqrt{3} \times I \times L (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \\ \Delta V &= \sqrt{3} \times I \times L (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \\ &= \sqrt{3} \times 104 \times 34,5 (4,6368 \times 0,86 + 9,7428 \times 0,51) \\ &= 1,73 \times 104 \times 34,5 (8,956476) \\ &= 55.594,9961 \text{ V} \end{aligned}$$

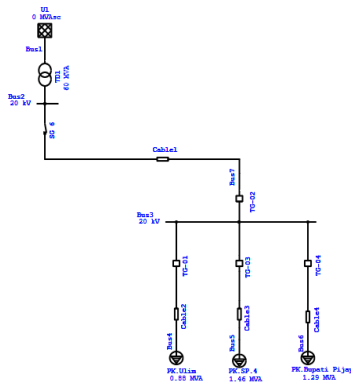
Persamaan berikut kemudian dapat digunakan untuk menghitung penurunan tegangan dalam persen (%).

$$\begin{aligned} \Delta V\% &= \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \\ \Delta V\% &= \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \\ &= \frac{55.594,9961}{20900} \times 100\% \\ &= 2,66 \times 100\% \\ &= 2,6\% \end{aligned}$$

Perbedaan persentase dalam ΔV adalah 2,6%

Untuk menghitung rugi daya yang dihasilkan dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan berikut:

Hasil simulasi *Single Line Diagram* pada jaringan distribusi 20 kV antara Gardu Induk Sigli dengan Gardu Hubung Express Trienggadeng dari program yang dijalankan oleh *software* ETAP 19.0.1 ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 2. 3 1 Hasil Simulasi *Single Line Diagram* Jaringan Distribusi 20 kV Antara GI Sigli Dengan GH Express Trienggadeng

Hasil simulasi program *software* ETAP 19.0.1 diatas, diperoleh hasil analisis sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Diagram *Losses* ETAP 19.0.1

Branch ID	From To Bus Flow		To From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		VI % Drop
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	loss	From	To	
Cable1	3.949	-3.002	-3.949	3.002	2012	-1000.0	100.6	97.7	2.93
Cable2	0.883	-0.717	-0.883	0.883	14.6	-717.4	97.7	96.5	1.15
Cable3	1.469	-0.462	-1.469	0.883	332	-462.1	97.7	95.8	1.92
Cable4	1.316	-0.633	-1.316	0.883	55.4	-633.6	97.7	94.2	3.53
TOT	3.599	-3.040	-3.599	3.002	12	51.8	100.0	100.6	0.62
					3056	-3048.4			

Dari studi tersebut, dilakukan analisis komparatif berdasarkan hasil observasi antara Garduk Sigli (SG-06) dengan Gardu Hubung Express Trienggadeng (TG-02) untuk menyelidiki validasi hasil yang diperoleh difasilitas tersebut. Perhitungan dengan rumus dan perhitungan dengan *software* ETAP 19.0.1 seperti pada Tabel berikut.

Tabel 4. 3 Perbandingan jatuh tegangan hasil simulasi ETAP 19.0.1 dan perhitungan menggunakan rumus

NO	Section	Panjang saluran (km)	Perhitungan Menggunakan Rumus		simulasi <i>Software</i> ETAP 19.0.1	
			ΔV	$\Delta V\%$	ΔV	$\Delta V\%$
1	SG-06/TG-02	34,5	1,3	2,66%	0,46	2,93%

Hasil analisis perhitungan jatuh tegangan yang dilakukan dengan simulasi *software* ETAP 19.0.1 dan perbandingan hasil perhitungan dengan rumus diperoleh hasil perhitungan dengan rumus memberikan hasil jatuh tegangan sebesar 2,66 % sedangkan perhitungan *software* ETAP memberikan penurunan tegangan sebesar 2,93%. Penurunan tegangan antara Gardu Induk Sigli (SG-06) sampai dengan *incoming* Gardu Hubung Express Trienggadeng (TG-02) tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan sesuai persyaratan

standar PLN 1:1978, dimana dijelaskan bahwa keadaan yang dihasilkan oleh jenis pelayanan listrik tegangan pelanggan dari perubahan beban paling sedikit +5% dan paling banyak -10% dari tegangan pengenal.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pembahasan penulis dapat diambil dari judul penelitian tentang studi drop tegangan pada jaringan distribusi 20 kV antara Gardu Induk Sigli dengan Gardu Hubung Express Trienggadeng:

1. Jatuh tegangan antara Gardu Induk Sigli dengan Gardu Hubung Express Trienggadeng pada PT. PLN (Persero) UP3 Sigli ULP Meureudu belum memenuhi standar yang ditetapkan persyaratan standar PLN 1:1978 yaitu 2,66% pada perhitungan menggunakan rumus dan 2,93% pada perhitungan simulasi *software* ETAP 19.0.1.
2. jatuh tegangan pada saluran distribusi 20 kV disebabkan oleh nilai resistansi dan reaktansi saluran, akibatnya semakin tinggi nilai reaktansi dan resistansi, semakin besar drop tegangan. Faktor lain yang menyebabkan drop tegangan antara lain panjang kawat dan nilai impedansi.

VI. REFERENSI

- [1] S. Anisah *et al.*, "Journal of Electrical and System Control Engineering Analisis Perbaikan Tegangan Ujung Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Express Trienggadeng Daerah Kerja PT PLN (Persero) Area Sigli Rayon Meureudu Dengan Simulasi E-Tap.," vol. 2, no. 50, 2018.
- [2] D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan: Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990.
- [3] A. D. Prasetyo and B. Sirait, "PADA JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH PT . PLN (PERSERO) RAYON TUMBANG TITI KETAPANG," 2015.
- [4] D. Y. Sukma, "Perbaikan Jatuh Tegangan pada Feeder Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Teluk Kuantan," vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [5] M. Mujiburrahman, S. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Surabaya, "'Analisis Tegangan Jatuh Pada Unit Boiler di PPSDM MIGAS Cepu Menggunakan ETAP 12.6.0' ANALISIS," no. 72, pp. 757–768, 2021.
- [6] Basri H, *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1997.
- [7] R. N. Al-farouq *et al.*, "TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SISIPAN DI PENYULANG KIJING," 1987.
- [8] I. Kelapa, S. Pt, and B. Gunajaya, "ANALISIS SISTEM JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 kV DI KAWASAN INDUSTRI KELAPA SAWIT PT. BUMITAMA GUNAJAYA AGRO," vol. 30, pp. 414–429, 2022.
- [9] S. Etop, M. A. Ansori, W. Handajadi, and G. Santoso, "AAnalisa Drop Tegangan Pada Sistem Jaringan Tegangan Menengah PT . PLN (Persero) APJ Yogyakarta 20 Kv Menggunakan Software Etop 16 . 0.," vol. 6, pp. 41–47, 2019.
- [10] J. Kilat, "Studi perbaikan jatuh tegangan dan rugi daya pada jaringan tegangan rendah dengan pembangunan gardu sisip tipe portal," vol. 8, no. 1, pp. 65–70, 2019.
- [11] R. B. Laginda *et al.*, "Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 KV Di Kota Tahuna," vol. 7, no. 2, pp. 93–102, 2018.
- [12] H. Sadat, *Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill, 2002.
- [13] A. S. Pabla, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1991.
- [14] T. S. Hutauruk, *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta: P.T Erlangga,

- 1996.
- [15] T. A. A. Maulana, R. S. Lubis, D. Sara, J. Teknik, F. Teknik, and U. S. Kuala, "Analisis Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi Primer 20 kV Pada Penyulang Ulee Kareng PT . PLN (Persero) Banda Aceh," pp. 82–89.
- [16] R. M. Utomo *et al.*, "TIANG UJUNG JARINGAN TEGANGAN RENDAH PADA PT . PLN UP3 AREA SAMARINDA," vol. 6, no. 2, 2022.
- [17] P. Studi, T. Listrik, J. T. Elektro, and P. N. Medan, "Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT . PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu," vol. 1099, pp. 64–72, 2005.
- [18] D. A. Maulana and D. Nugroho, "ANALISA SUSUT DAYA DAN DROP TEGANGAN TERHADAP JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20KV PADA GARDU INDUK PANDEAN LAMPER SEMARANG," pp. 382–389, 2019.
- [19] T. Menggunakan and E. Power, "SIMULASI PENEMPATAN TRANSFORMATOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI BERDASARKAN JATUH," pp. 12–24.
- [20] G. Induk, S. Penuh, and M. Aplikasi, "Analisa Drop Tegangan dan Rugi-rugi Daya pada Jaringan Tegangan Menengah 20kV," pp. 2–4.
- [21] P. Sharma, N. Batish, S. Khan, and S. Arya, "Power flow analysis for IEEE 30 bus distribution system," *WSEAS Trans. Power Syst.*, vol. 13, pp. 48–59, 2018.