

Susut Daya Jaringan Distribusi Akibat Pengaruh Ukuran Penghantar Pada Penyulang Tajung di Kabupaten Lampung Utara

Syamsyarief Baqaruzi¹, Ali Muhtar², Satria Pratama Ramadhannusa³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera

^{1,2} Pusat Riset dan Inovasi Konservasi dan Energi Terbarukan Institut Teknologi Sumatera

*Corresponding author, Syamsyarief.baqaruzi@el.itera.ac.id

Abstrak

Jaringan distribusi energi listrik dalam penyaluran energi sering terjadi rugi-rugi atau disebut susut energi, hal ini dikarenakan dalam proses penyaluran daya listrik kepada konsumen banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya susut tersebut, salah satunya adalah ukuran dan jenis penghantar. Pada penelitian ini dilakukan pembahasan dengan dua metode: yaitu melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP, dan menghitung secara *real* terhadap data yang ada. Penelitian ini dilakukan pada Penyulang Tajung yang disuplai oleh Gardu Induk Kotabumi. Hasil dari penelitian menunjukkan total jatuh tegangan pada simulasi sebesar 2,887 KV, sedangkan jatuh tegangan pada kondisi *real* sebesar 2,467. Adapun hasil susut daya terbesar adalah 15,67% didapatkan dari jenis penghantar AAAC 70 mm². Sehingga dari hasil penelitian panjang dari penyulang merupakan faktor utama dari hilangnya tegangan yang disalurkan, rekomendasi yang dihasilkan perlu dilakukan pergantian jenis ukuran penghantar sebesar 150mm² untuk mengurangi susut energi yang diterima oleh pelanggan.

Kata Kunci: Jaringan distribusi, jatuh tegangan, susut daya, penghantar, penyulang,

Abstract

Until the power transfer of electrical energy has several aspects that affect these cases, one of which is the size and configuration of conductor, electric energy distribution networks often experience losses or so-called power loss. Whereas in the analysis, the discussion was executed using two methods: simulating with ETAP software and measuring real data. The Tajung feeders supplied by the Kotabumi substation were used in this analysis. The overall voltage drop on the simulation was 2,887 KV, while the voltage drop in actual situation was 2467 KV. The largest power loss is 15.67% which comes from the AAAC 70 mm² conductor form. To minimize the energy loss obtained by the consumer, it is important to adjust the re-form of conductor size of 150mm² where the length of the feeder is the key factor of the distribution voltage.

Keywords: Electricity power, drop voltage, power loss, conductor, feeder

PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik yang didistribusikan pada tegangan menengah dengan tegangan nominal 20KV. Dalam proses pendistribusian terdapat parameter gangguan-gangguan yang timbul akibat hilangnya penyaluran energi terhadap pelanggan. Hilangnya penyaluran energi tersebut adalah susut energi yang terjadi dalam penyaluran daya yang dibangkitkan namun tidak terjual atau sampai kepada pelanggan[1]–[4]. Sedangkan penyulang dalam distribusi tenaga listrik sangatlah penting dalam penyediaan kontinuitas penyediaan jasa tenaga listrik. Tetapi, permasalahan umum sering terjadi, yaitu terdapat beban penyulang yang melebihi kapasitas ratingnya[5]. Hal ini secara teoritis tentu sangat berbahaya, karena ketika terjadi pembebanan yang berlebih, dapat menyebabkan arus yang cukup besar mengalir pada penghantar, dan juga jarak beban yang dilayani seringnya sangat jauh dari gardu induk penyaluran distribusi listrik. Serta beban terpisah yang didistribusikan secara tidak merata di sepanjang penyulang [6][7], hal ini tentu menyebabkan susut energi.

Berdasarkan penelitian sejenis yang telah dilakukan[8][9][10], perhatian utama dalam mengatasi susut energi adalah penghantar atau konduktor dengan nilai resistansi yang lebih kecil serta meningkatkan

keandalan dalam menjaga topologi bentuk konfigurasi jaringan distribusi dari sisi penyulang dengan meminimalisir penyimpangan kerugian tegangan dalam penyaluran pembebanan. Sehingga, dalam banyak hasil penelitian menyebutkan penggunaan *distributed generation* (DG) dapat menjadi solusi alternatif dalam mengatasi susut energi dengan menempatkan DG dengan ukuran yang optimal pada lokasi yang paling dekat dengan pusat pembebanan [11]–[15]. Termasuk perbaikan keandalan dalam peningkatan penurunan nilai SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) terhadap pelanggan.

Penelitian ini mendapatkan data dari PT PLN (Persero) sebagai perusahaan negara yang memberikan pelayanan energi listrik terhadap pelanggan, melalui Unit Layanan Pelanggan (ULP) Bumi Abung merupakan sub-bidang dari bagian penyaluran distribusi energi listrik. mana adalah unit yang langsung ada pada sisi pemeliharaan saluran udara tegangan menengah dan rendah (SUTM & SUTR) dengan suplai dari Gardu Induk Kotabumi. Dengan pembatasan pada penelitian ini adalah khusus pada Penyulang Tajung di Kabupaten Lampung Utara, yang mana dari data yang didapatkan sering terjadi susut energi pada pelanggan, limitasi yang diberikan tidak membahas proteksi atas kejadian akibat gangguan hubung singkat (*short circuit*) ataupun akibat dari kegagalan isolasi. Penelitian ini akan dilakukan dengan menganalisis aliran daya menggunakan simulasi perangkat lunak *Electric Transient and Analysis Program* (ETAP) dari data yang didapatkan, sehingga menghasilkan rekomendasi solusi perbaikan untuk proses penyaluran daya kepada pelanggan.

METODE

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, Penyulang Tajung yang disuplai dari Gardu Induk (GI) Kotabumi memiliki beban senilai 50A. Dengan total panjang penghantar penyulang Tajung seksi 1 sebesar 88,163 Kms dengan jenis penghantar yang ada yaitu menggunakan saluran udara tegangan menengah (SUTM). Tegangan kirim pada penyulang Tajung rata-rata sebesar 20 KV. Dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini, sedangkan data yang didapatkan dari lapangan pada Agustus 2020 dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.



Gambar 1. Tegangan Rata-rata Penyulang Tajung

Tabel 1. Data Penyulang Tajung

| No | Keterangan |
|----|---------------------------------------|
| 1 | Fasa R = 49,5A; S = 50,3 A; T = 50,2A |
| 2 | Tegangan kirim penyulang = 20,59 KV |
| 3 | Tegangan ujung penyulang = 17,37 KV |

Tabel 2. Panjang dan Luas Penghantar SUTM

| No | Jenis Penghantar | Luas Penampang | Panjang Sirkut (KMs) |
|----|---------------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | AAAC 35 mm ² | 34,4 mm ² | 4,3395 Kms |
| 2 | AAAC 70 mm ² | 75,6 mm ² | 63,7137 Kms |
| 3 | AAAC 150 mm ² | 157 mm ² | 16,7231 Kms |
| 4 | MVTIC 150 mm ² | 157 mm ² | 3,33867 Kms |

Untuk selanjutnya tegangan pada kelistrikan di Indonesia terdapat pada fasa tunggal (1Ø) dan tiga fasa (3Ø) yang secara umum diartikan sebagai suatu sistem kelistrikan yang menggunakan satu gelombang sinusoidal pada arus *alternating current* (AC). Dengan menggunakan persamaan berikut, fasa tunggal dapat diketahui besar jatuh tegangannya, dengan catatan nilai $\cos \phi$ mendekati 1.

$$A = \frac{2LI}{V\Delta U\sigma} \times 100 \quad (1)$$

Atau

$$A = \frac{2LP}{V^2\Delta U\sigma} \times 100 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (2)$$

Persamaan diatas adalah jatuh tegangan dari besar persentase (%), sedangkan persamaan dibawah ini menyatakan dalam besar voltase, dikarenakan suatu arus yaang mengalir pada suatu penghantar, akan terjadi rugi-rugi energi menjadi perubahan panas, yang mana penghantar tersebut terdapat resistansi dan reaktansi, besaran nilai tegangan, fasa, ukuran penghantar, faktor daya beban, dan juga panjang saluran. Sehingga kita dapat menghitung [1][2][12], sedangkan persamaan tiga fasa didapat pada persamaan (5) dan (6):

$$\Delta V = \frac{2LI}{Ax\sigma x} \quad (3)$$

Atau

$$\Delta V = \frac{2LP}{VxAx\sigma} \quad (4)$$

$$A = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \phi}{\Delta V \times \sigma} \times 100 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (5)$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \phi}{Ax\sigma} \quad (6)$$

Dimana, P: adalah beban (watt), V: tegangan antara 2 saluran (volt), A: penampang saluran (mm²), ΔV: jatuh tegangan (volt), Δu: jatuh tegangan (%), L: panjang saluran, I: arus beban (A), dan σ: konduktifitas konduktor (Cu=56, Al=32,7). Sedangkan daya aktif (P), daya reaktif (VAR), dan daya semu (VA) didapatkan pada persamaan sebagai berikut secara berurutan:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (7)$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \phi \quad (8)$$

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (9)$$

1. Jatuh tegangan ketika penghantar Penyulang Tajung Panjang keseluruhan menggunakan AAAC 35 mm², AAAC 70 mm², AAAC 150 mm²

Tabel 4. Hasil Perhitungan Simulasi Menggunakan Penghantar

| No | Jenis Penghantar | Nilai Jatuh Tegangan |
|----|--------------------------|---|
| 1 | AAAC 35 mm ² | $\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{A \times \sigma}$ $\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 88163 \times 59,4 \times 0,85}{34,4 \times 32,7} = 6888,64 V$ $= 6,89 KV$ |
| 2 | AAAC 70 mm ² | = 3,13 KV ← didapatkan sama dengan cara diatas |
| 3 | AAAC 150 mm ² | = 1,51 KV ← didapatkan sama dengan cara diatas |

2. Jatuh tegangan Penyulang Tajung menggunakan panjang penghantar AAAC 35 mm², AAAC 70 mm², AAAC 150 mm², MVTIC 150 mm²

Tabel 5. Hasil Perhitungan Simulasi Terhadap Panjang Penghantar

| No | Jenis Penghantar | Nilai Jatuh Tegangan |
|----|---------------------------|--|
| 1 | AAAC 35 mm ² | $\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{A \times \sigma}$ $\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 4339,5 \times 58,5 \times 0,85}{34,4 \times 32,7} = 332,25 V$ $= 0,332 KV$ |
| 2 | AAAC 70 mm ² | = 2,219 KV ← didapatkan sama dengan cara diatas |
| 3 | AAAC 150 mm ² | = 0,28 KV ← didapatkan sama dengan cara diatas |
| 4 | MVTIC 150 mm ² | = 0,056 KV ← didapatkan sama dengan cara diatas |

Sehingga jumlah jatuh tegangan dari hasil perhitungan simulasi data *real* adalah $\sum \Delta v$ menjadi 2,788 KV. Dimana nilai terbesar ada pada penghantar jenis AAAC 70 mm², dikarenakan panjang penghantar tersebut melayani terlalu banyak pembebanan. Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan secara real tanpa menggunakan simulasi dengan data arus pembebanan sesuai data diatas diamana GI Kotabumi membebani sebesar 50 A. ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Real Terhadap Panjang Penghantar

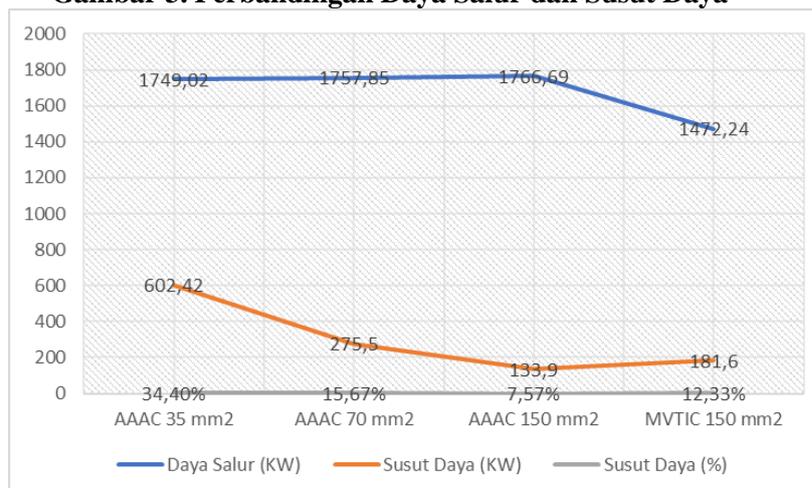
| No | Jenis Penghantar | Nilai Jatuh Tegangan |
|----|---------------------------|---|
| 1 | AAAC 35 mm ² | $\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \phi}{A \times \sigma}$ $\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 4339,5 \times 50 \times 0,85}{34,4 \times 32,7} = 332,25 V$ $= 0,283 KV$ |
| 2 | AAAC 70 mm ² | = 1,897 KV ← didapatkan sama dengan cara diatas |
| 3 | AAAC 150 mm ² | = 0,239 KV ← didapatkan sama dengan cara diatas |
| 4 | MVTIC 150 mm ² | = 0,048 KV ← didapatkan sama dengan cara diatas |

Sehingga jumlah jatuh tegangan dari hasil perhitungan simulasi data *real* adalah $\sum \Delta v$ menjadi 2,467 KV. Nilai ini lebih kecil 0,321 KV dari hasil simulasi, tetapi bisa dijadikan pemilihan penghantar sudah sesuai selanjutnya didapatkan daya yang disalurkan pada Penyulang Tajung dari GI Kotabumi sampai ke ujung penyulang Tajung, dengan menggunakan persamaan (7), dengan hasil perhitungan sebagai berikut danditunjukkan pada gambar 3 sebagai komparasi perbandingan

Tabel 7. Hasil Perhitungan Daya Salur dan Susut Daya

| No | Jenis Penghantar | Daya Salur (KW) | Susut Daya (KW) | Susut Daya (%) |
|----|---------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1 | AAAC 35 mm ² | 1749,02 | 602,42 | 34,4% |
| 2 | AAAC 70 mm ² | 1757,85 | 275,5 | 15,67% |
| 3 | AAAC 150 mm ² | 1766,69 | 133,9 | 7,57% |
| 4 | MVTIC 150 mm ² | 1472,24 | 181,6 | 12,33% |

Gambar 3. Perbandingan Daya Salur dan Susut Daya



Dari hasil analisis data diatas menunjukkan pembuktian bahwa semakin besar luas penampang memengaruhi nilai jatuh tegangan yang semakin kecil. Serta susut daya dapat dicari dengan nilai jatuh tegangan yang didapat pada perhitungan sebelumnya sehingga nilai susut daya akan sebanding dengan nilai

jatuh tegangan yang terjadi. Selanjutnya Sifat arus yang mengalir pada permukaan penghantar menjadi faktor utama arus akan mengalir dengan baik di penampang yang lebih luas.

PENUTUP

Hasil dari kajian berupa 2 metode yakni, simulasi menggunakan perangkat lunak dan perhitungan berdasarkan kondisi *real*, dengan mendapatkan nilai jatuh tegangan simulasi: 0,332 KV menggunakan AAAC 35 mm², 2,219 KV menggunakan AAAC 70 mm², 0,28 KV menggunakan AAAC 150 mm², dan 0,239 KV menggunakan MVTIC 150 mm². Adapun nilai jatuh tegangan pada kondisi *real*: 0,283 KV menggunakan AAAC 35 mm², 1,897 KV menggunakan AAAC 70 mm², 0,239 KV menggunakan AAAC 150 mm², dan 0,048 KV menggunakan MVTIC 150 mm². Dengan nilai total selisih jatuh tegangan sebesar 0,321 KV.

Pada susut daya didapatkan hasil sebesar 34,4% menggunakan AAAC 35 mm², 15,67% menggunakan AAAC 70 mm², 7,57% menggunakan AAAC 150 mm², dan 14,43% menggunakan MVTIC 150 mm². Panjang dari penyulang dapat menjadi faktor dari hilangnya tegangan yang berakibat susut daya pada penyulang sehingga PT. PLN sebagai penyedia sistem energi listrik dapat mengganti jenis penghantar menggunakan AAAC 70 mm² menjadi AAAC 150 mm².

Rekomendasi pergantian besar penampang dari hasil kajian karena pada penelitian rujukan menyatakan pemilihan penghantar menyesuaikan dengan kondisi lapangan, dimana terdapat beberapa variabel faktor yang tidak bisa diukur dengan teoritis, dan juga faktor desain penyulang dari sisi pengembangan terhadap peningkatan pembebanan yang seharusnya memasukkan kapasitor shunt dalam meningkatkan faktor daya termasuk dengan melakukan rekonfigurasi dengan menempatkan Distributed Generation terhadap pembebanan yang tinggi, dalam pengurangan susut energi [16][17]. Penelitian lanjutan bisa dilakukan dengan menghitung keseluruhan sistem pada GI Kotabumi dengan melakukan pengukuran terhadap masing-masing gardu distribusi sehingga total pembebanan yang dilayani.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] A. S. Nopianto, "Perhitungan Jatuh Tegangan Dan Susut Daya Serta Upaya Perbaikan Penyaluran Daya Listrik Pada Pt. Pln (Persero) Rayon Sambas," 2015.
- [3] Y. E. Asri, D. Kuswardani, E. Yosrita, and F. H. Wullur, "Pendeteksian Susut Daya Pelanggan Dalam Upaya Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Energi," *Petir*, vol. 13, no. 2, pp. 157–167, 2020, doi: 10.33322/petir.v13i2.1067.
- [4] Desmira and N. Khoirunnisa, "Pengaruh Susut Energi (Losses) Pada Jaringan Distribusi (Studi Kasus : di PT . Krakatau Daya listrik) Energi dan Kelistrikan," *Energi dan Kelistrikan J. Ilm.*, vol. 12, no. 2, pp. 80–89, 2020, doi: <https://doi.org/10.33322/energi.v12i2.1079>.
- [5] B. Chen, K. Xiang, L. Yang, Q. Su, D. Huang, and T. Huang, "Theoretical Line Loss Calculation of Distribution Network Based on the Integrated electricity and line loss management system," *China Int. Conf. Electr. Distrib. CICED*, no. 201804270001153, pp. 2531–2535, 2018, doi: 10.1109/CICED.2018.8592309.
- [6] V. V. Reddy, G. Yesuratnam, and M. S. Kalavathi, "Impact of voltage and power factor change on primary distribution feeder power loss in radial and loop type of feeders," *Proc. - ICETEEEM 2012, Int. Conf. Emerg. Trends Electr. Eng. Energy Manag.*, pp. 70–76, 2012, doi: 10.1109/ICETEEEM.2012.6494446.
- [7] S. W. Wang, "Simplified loop-type fuzzy feeder models for distribution system calculations," *10th Int. Power Energy Conf. IPEC 2012*, pp. 139–144, 2012, doi: 10.1109/ASSCC.2012.6523253.
- [8] N. N. Yin, M. Thuzar, and E. P. Thwe, "Analysis of Loss Reconfiguration for Distribution Network System," *2017 21st Int. Comput. Sci. Eng. Conf.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [9] I. A. Fatmana, B. D. Sulo, and B. M. Basuki, "Studi Susut Energi Pada Penyulang Sumberpucung Dengan Perbaikan Susut Di Wilayah PT . PLN (Persero) Rayon Sumberpucung."
- [10] P. Agrawal *et al.*, "Reliability and network performance enhancement by reconfiguring underground distribution systems," *Energies*, vol. 13, no. 18, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/en13184719.
- [11] Z. W. Khan and S. Khan, "Analyzing the impacts of Distributed Generation on power losses and voltage profile," *Proc. 2015 Int. Conf. Emerg. Technol. ICET 2015*, pp. 1–4, 2016, doi: 10.1109/ICET.2015.7389182.
- [12] S. Baqaruzi and A. Muhtar, "Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed

- Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV,” *E-JOINT (Electronica Electr. J. Innov. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–26, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/ejoint/article/view/216/pdf>.
- [13] A. Muhtar and S. Baqaruzi, “Perbaikan Keandalan Sistem Distribusi,” *E-JOINT (Electronica Electr. J. Innov. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–30, 2020.
- [14] R. ANTHONY, “Reliability Analysis Of Distribution Network,” Universitas Tun Hussein Onn Malaysia, 2014.
- [15] B. Saril, A. Sugiarto, P. T. Pln, P. Wilayah, and S. Selatan, “Improving Reliability On Mv Distribution Line In The System Connected To Distributed Generator In South Sumatra , Indonesia , A Case Study 22 nd International Conference on Electricity Distributio,” in *22nd International Conference on Electricity Distribution*, 2013, no. 454, pp. 10–13.
- [16] C. J. Soni, P. R. Gandhi, and S. M. Takalkar, “Design and analysis of 11 KV distribution system using ETAP software,” *4th IEEE Spons. Int. Conf. Comput. Power, Energy, Inf. Commun. ICCPEIC 2015*, pp. 451–456, 2015, doi: 10.1109/ICCPEIC.2015.7259526.
- [17] J. Meng, B. Guo, F. Liu, and P. Du, “Study on power loss of distribution network with distributed generation and its reactive power optimization problem,” *POWERCON 2014 - 2014 Int. Conf. Power Syst. Technol. Towar. Green, Effic. Smart Power Syst. Proc.*, no. 648, pp. 1213–1216, 2014, doi: 10.1109/POWERCON.2014.6993522.

Biodata Penulis

Syamsyarief Baqaruzi, Memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro (S.T.) di Universitas Sumatera Utara pada tahun 2012, dan gelar Magister Teknik Elektro (M.T.) di Universitas Indonesia pada tahun 2018. Sekarang adalah Staf pengajar di Teknik Elektro Institut Teknologi Sumatera sejak tahun 2019.

Ali Muhtar, Memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Elektro (S.Pd.) di Universitas Negeri Yogyakarta pada tahun 2015, dan gelar Magister Teknik Elektro (M.Eng.) di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2017. Sekarang adalah Staf pengajar di Teknik Elektro Institut Teknologi Sumatera sejak tahun 2019.

Satria Pratama Ramadhannusa, Lahir dan Besar di Lampung Utara dan sekarang adalah Mahasiswa Teknik Elektro Institut Teknologi Sumatera angkatan 2017.