

Analisis Beban Menengah Jaringan Distribusi 20 kV Kawasan Industri Kelapa Sawit PT. Bumitama Gunajaya Agro

Bilqis Najwa Syakiila^{*1}, Naylla Putri², Yola Lorian³, Hartono⁴

^{1,2,3,4}Teknik Elektro/ Fakultas Teknik/ Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

^{*}Corresponding author, email: mukhlisin.najwa@gmail.com

Abstrak	INFO.
<p>Peningkatan kebutuhan listrik di area pabrik kelapa sawit PT.BGA berdampak langsung pada kinerja sistem distribusi listrik. Pada awalnya terjadi penurunan tegangan yang mencapai angka (-20%) di ujung jaringan, sehingga tidak memenuhi batas yang ditentukan oleh SPLN 1:1995, yaitu (-10%). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dampak beban terhadap penurunan tegangan dengan menggunakan simulasi aliran daya pada ETAP 19.0.1. Data dari lapangan digunakan sebagai masukan untuk simulasi, kemudian beban dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan lokasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan mendistribusikan beban secara teratur, penurunan tegangan bisa dikurangi menjadi 0,3% hingga 4,7% di semua jalur distribusi. Hal ini membuktikan bahwa pengelolaan beban lebih efektif dibanding hanya dengan meningkatkan kapasitas transformator atau mengganti kabel.</p>	<p>Info. Artikel: No. 030 Received. December 15, 2025 Revised. January 05, 2026 Accepted. January 20, 2026 Page. 138 – 146</p> <p>Kata kunci: ✓ Beban Listrik ✓ Jaringan 20kV ✓ Tegangan</p>
<p>Abstract</p> <p><i>The increasing demand for electricity in the PT.BGA palm oil mill area has a direct impact on the performance of the electricity distribution system. Initially, there was a voltage drop of up to (-20%) at the end of the network, so it did not meet the limits specified by SPLN 1:1995, which is (-10%). The current research was undertaken to assess the consequences of loads on voltage drops using power flow modelling utilizing ETAP 19.0.1. Data from the field was used as simulation input, then the load was divided into four groups based on location. The simulation result showed that by distributing the load periodically, the voltage drop could be reduced to 0,3% to 4,7% in all distribution channels. This proves that load management is more effective than simply increasing transformer capacity or replacing cables.</i></p>	

PENDAHULUAN

Energi listrik adalah sumber utama yang mendukung berlangsungnya proses produksi di industri karena hampir semua tahap manufaktur bergantung pada pasokan daya yang stabil dan memiliki tegangan yang memenuhi standar operasional [1]. Jika ketersediaan energi listrik tidak memenuhi kualitas yang baik, seperti adanya fluktuasi tegangan, penurunan tegangan (voltage drop), atau ketidakseimbangan fasa, maka performa peralatan bisa menurun, terjadi kerugian daya, hingga menyebabkan kerusakan permanen pada peralatan industri [2]. Sistem distribusi tegangan menengah umumnya digunakan di area industri karena mampu mengirimkan daya dalam jumlah besar dengan kerugian tegangan yang lebih kecil dibandingkan sistem tegangan rendah [3].

Pada sistem distribusi radial, yang merupakan konfigurasi jaringan yang paling umum digunakan di area perkebunan dan industri terpencil, arus listrik mengalir dari satu sumber ke beban tanpa adanya jalur pengganti, sehingga seluruh arus melewati satu jalur utama [4]. Kelebihan sistem radial adalah penerapannya sederhana dan biaya konstruksinya murah, namun kelemahannya adalah sangat rentan terhadap penurunan tegangan terutama jika jarak saluran panjang atau beban terkonsentrasi di ujung feeder [5]. Kerugian daya pada kabel meningkat seiring bertambahnya arus dan panjang saluran karena besar kerugian sebanding dengan nilai impedansi kabel dan besarnya arus yang mengalir [6]. Semakin besar arus yang melalui kabel, maka kerugian I^2R akan meningkat secara kuadratik, sehingga terjadi penurunan tegangan yang signifikan [7].

Dalam penerapan di industri kelapa sawit, lokasi beban sering kali tidak memperhatikan jarak atau kapasitas kabel, sehingga beban seperti perumahan karyawan, kantor, sekolah, hingga tempat ibadah ditempatkan pada satu saluran panjang tanpa dibagi berdasarkan jarak atau prioritas kluster beban [8]. Pola ini menyebabkan terjadinya penurunan tegangan secara bertahap di setiap bagian saluran karena arus melewati satu jalur penghantar yang sama [9]. Standar SPLN dan SNI menyatakan bahwa toleransi penurunan tegangan dalam sistem distribusi berada dalam rentang -10% sampai $+5\%$ dari tegangan nominal, dan jika nilai penurunan tegangan melebihi rentang ini, maka performa peralatan bisa menurun [10]. Penelitian di berbagai sistem distribusi industri menunjukkan bahwa penurunan tegangan melebihi 10% dapat menyebabkan brown-out, gangguan saat menghidupkan motor induksi, hingga kerusakan pada transformator dan panel distribusi [11].

Beban listrik tidak hanya ditentukan oleh ukuran daya (kVA), tetapi juga tergantung pada lokasi, tahanan kabel, jenis kabel, rating trafo, serta cara saluran listrik disusun [12]. Jika beban ditempatkan terlalu jauh dari sumber listrik atau posisinya di ujung saluran, maka tegangannya akan lebih rendah karena adanya penurunan tegangan yang terakumulasi dalam jaringan [13]. Hal ini menjadi lebih serius jika sistem tidak memiliki cara untuk menyeimbangkan daya reaktif atau sistem trafo yang terbagi, sehingga seluruh daya harus diambil dari sumber utama [14]. Untuk menganalisis keadaan beban dan aliran daya, biasanya digunakan perangkat lunak simulasi seperti ETAP, karena mampu merepresentasikan sifat kabel, trafo, dan beban sesuai dengan kenyataan di lapangan [15].

Analisis aliran beban digunakan untuk mengetahui tegangan di setiap node, arus dalam saluran, serta besarnya kehilangan daya total, sehingga memperlihatkan bagaimana sistem berjalan sebelum ada perubahan pada jaringan fisik [16]. Dengan menggunakan simulasi tersebut, penempatan beban bisa diatur secara optimal tanpa perlu melakukan perubahan besar seperti menambah generator atau trafo baru di lapangan [17].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penyebaran beban terhadap penurunan tegangan dalam sistem distribusi 20 kV dengan metode simulasi aliran beban. Penelitian ini tidak hanya mengevaluasi jumlah daya yang digunakan, tetapi juga struktur jaringan, lokasi beban, dan pembagian kapasitas trafo, sehingga perbaikan dilakukan pada tingkat manajemen beban, bukan hanya meningkatkan kapasitas sistem [18]. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi teknis yang dapat diterapkan dalam perencanaan distribusi energi industri berbasis pembagian kumpulan trafo dengan toleransi tegangan sesuai standar SPLN serta kelayakan operasional [19].

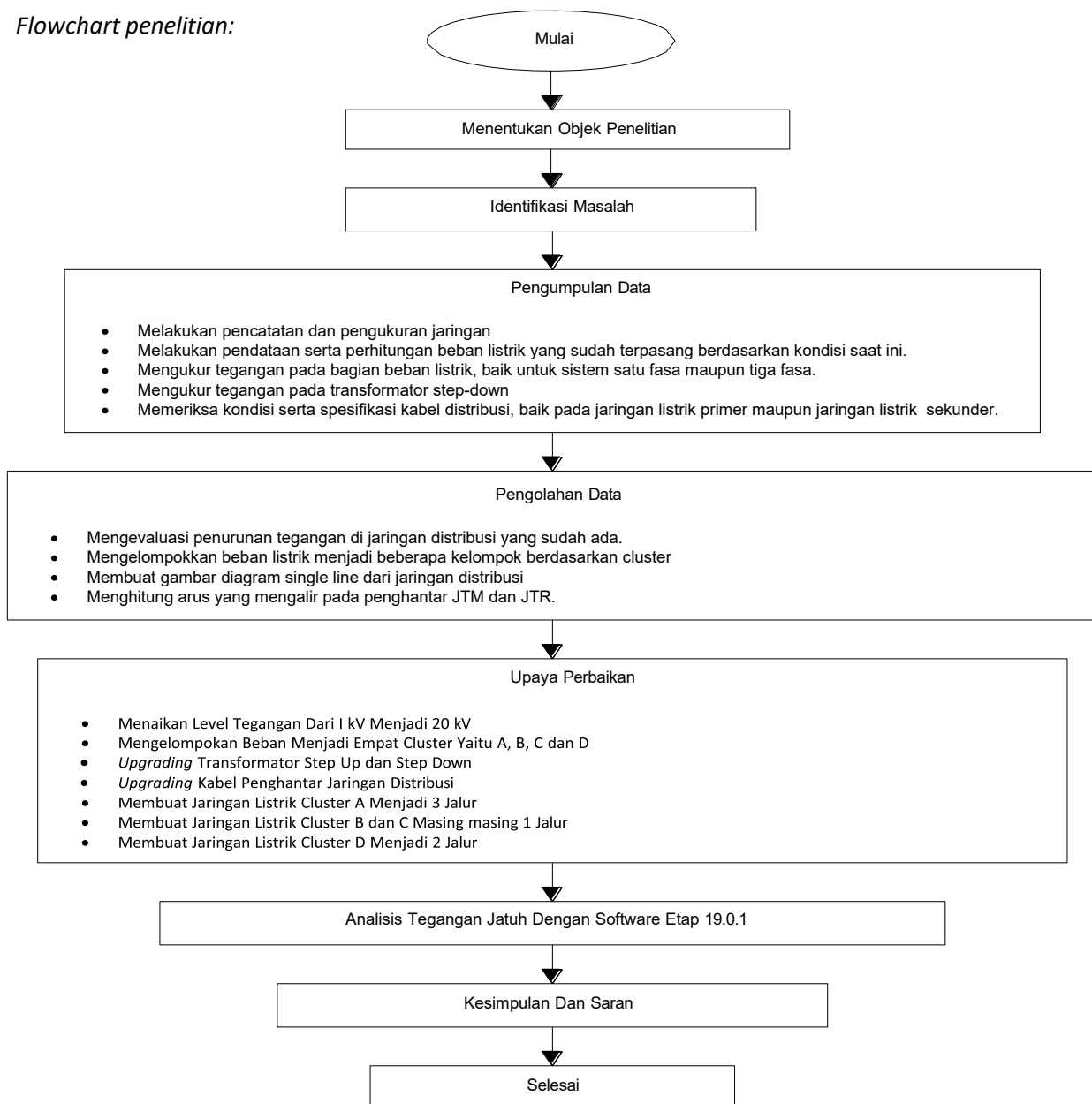
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diaplikasikan pada studi ini merupakan teknik deskriptif kuantitatif. Sasarannya ialah guna memaparkan kondisi beban menengah pada sistem distribusi tenaga listrik di Kawasan Industri Kelapa Sawit PT. Bumitama Gunajaya Agro. Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis cara penyusunan dan distribusi beban listrik serta kondisi tegangan yang berlangsung terhadap jaringan distribusi 20 kV. Analisis ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ETAP versi 19.0.1.

Analisis data :

1. Mengumpulkan data beban dan jaringan, seperti diagram line diagram, data transformator distribusi, data penghantar, serta data beban listrik di area yang diteliti.
2. Membuat model sistem distribusi berdasarkan kondisi yang ada menggunakan software ETAP 19.0.1.
3. Menginputkan data beban, transformator, dan penghantar ke dalam model jaringan yang sudah dibuat.
4. Melakukan simulasi aliran daya (load flow) untuk mengetahui kondisi tegangan, arus, dan kerugian daya pada jaringan distribusi.
5. Menganalisis hasil simulasi untuk mengetahui kondisi beban menengah, penyebaran beban, serta penurunan tegangan pada setiap jalur distribusi.

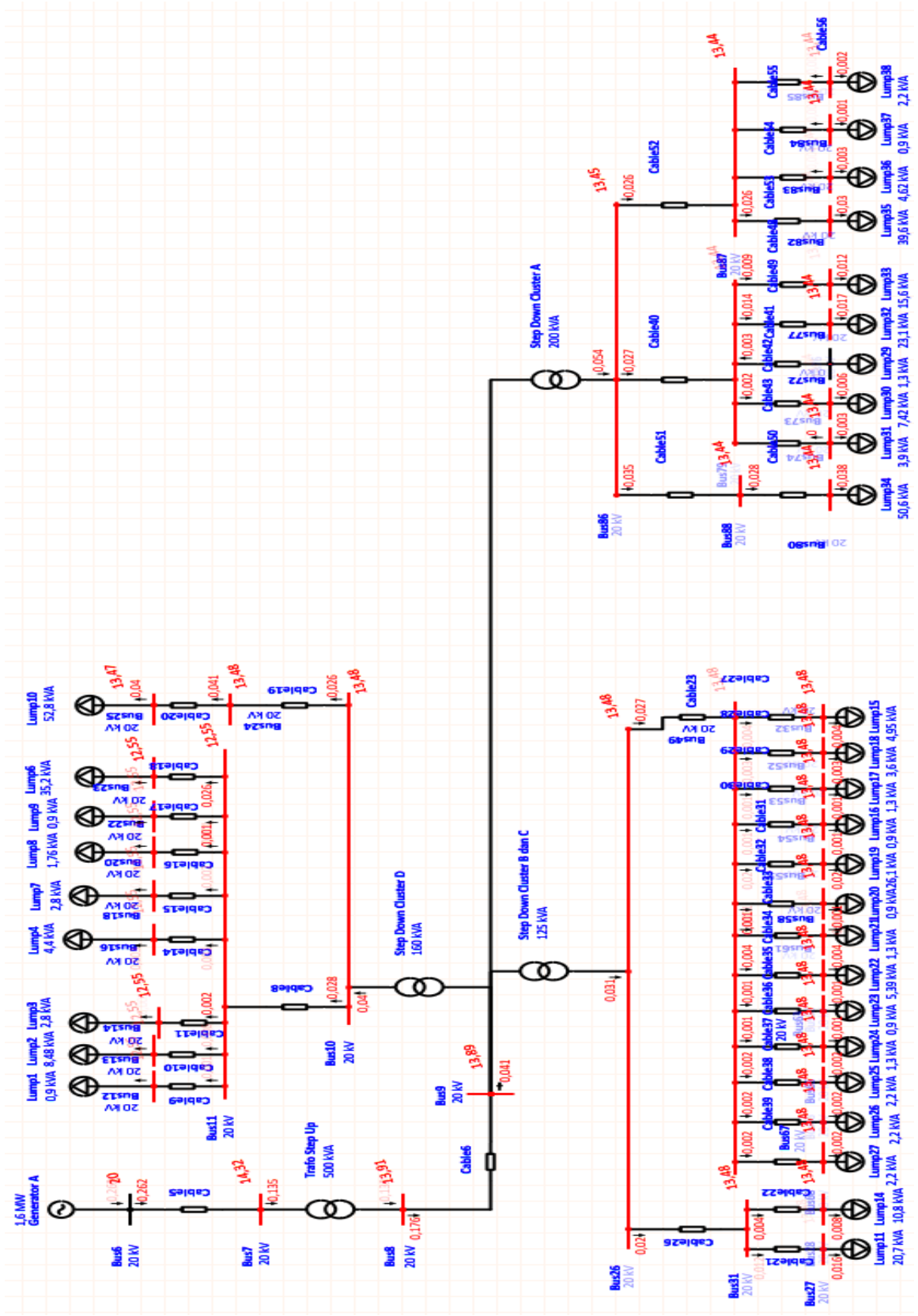
Flowchart penelitian:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam riset ini, tegangan mekanisme jaringan distribusi hendak dieskalasi menuju 20 kV. Beban oleh instalasi kelistrikan pada area industri kelapa sawit PT. BGA diklasifikasikan dari empat grup, yakni A, B, C, serta D. Demi manajemen distribusi daya, hendak diaplikasikan satu set transformator *step up* bervolume 500 kVA, satu set transformator *step down* guna menyuplai *cluster* A bermuatan 200 kVA, satu set transformator *step down* bagi *cluster* B serta C bermuatan 125 kVA, serta satu set transformator *step down* terhadap *cluster* D bermuatan 160 kVA. Jaringan distribusi primer (JTM) mendayagunakan penghantar tipe AAAC berdimensi penampang $3 \times 70 \text{ mm}^2$. Terhadap jaringan distribusi sekunder, *cluster* A menerapkan 3 jalur (JTR), sementara *cluster* B serta C tiap-tiap menerapkan 1 jalur (JTR), serta *cluster* D menerapkan 2 jalur (JTR). Penghantar yang diaplikasikan pada jaringan distribusi sekunder (JTR) ialah varian NFA2X-T berdimensi penampang $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{ mm}^2$. Jalur sambungan hunian (SR) mendayagunakan penghantar varian NFA2X berdimensi $4 \times 10 \text{ mm}^2$, $4 \times 16 \text{ mm}^2$, dan $4 \times 25 \text{ mm}^2$. Akumulasi beban yang disyaratkan bagi instalasi kelistrikan PT. BGA ialah 334,35 kW ataupun 334,35 kVA, berlandaskan estimasi faktor daya sejumlah 1 (Gambar 2).



Gambar 2. Single Line Diagram Upgrading Setelah Running

Berdasarkan hasil simulasi aliran daya menggunakan ETAP versi 19.0.1, setelah mekanisme daya PT. Bumitama Gunajaya Agro dimutakhirkan, dilakukan evaluasi terhadap kinerja sistem distribusi listrik yang menunjukkan adanya peningkatan profil tegangan. Dampaknya, tegangan di jalur distribusi primer (JTM), jalur distribusi sekunder (JTR), serta koneksi residensial (SR) tereskalasi, alhasil besaran tegangan di bus beban elektrik telah selaras terhadap patokan tegangan operasional yang diperbolehkan (lihat Tabel 1 sampai Tabel 11).

Berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi awal terhadap sistem distribusi listrik PT. Bumitama Gunajaya Agro sebelum dilakukan perbaikan, teridentifikasi adanya penurunan tegangan yang cukup besar pada beberapa titik beban, terutama pada bagian ujung jaringan distribusi. Penurunan tegangan maksimum yang terjadi mencapai sekitar -20% dari tegangan nominal. Nilai tersebut melampaui batas toleransi penurunan tegangan yang ditetapkan dalam standar SPLN 1:1995, yaitu sebesar -10%. Kondisi ini disebabkan oleh konsentrasi beban yang tinggi pada satu jalur distribusi yang panjang, kapasitas transformator yang belum memadai, serta karakteristik penghantar yang kurang optimal terhadap arus beban yang mengalir. Dampak dari kondisi tersebut adalah meningkatnya rugi-rugi daya pada saluran, sehingga tegangan yang diterima oleh beban menjadi lebih rendah dari nilai yang diperkenankan.

Setelah dilakukan perbaikan sistem yang mencakup peningkatan level tegangan jaringan dari 1 kV menjadi 20 kV, pembagian beban ke dalam empat cluster (A, B, C, dan D), penyesuaian kapasitas transformator step up dan step down, serta restrukturisasi jalur distribusi, terjadi peningkatan yang signifikan pada profil tegangan jaringan. Hasil simulasi aliran daya menggunakan perangkat lunak ETAP versi 19.0.1 menunjukkan bahwa tegangan pada jaringan distribusi primer (JTM), jaringan distribusi sekunder (JTR), hingga bus beban telah berada dalam batas toleransi yang diizinkan.

Pada kondisi pascaperbaikan, nilai jatuh tegangan pada seluruh bus beban berada dalam rentang 0,3% hingga 4,7% dari tegangan nominal. Rentang tersebut menunjukkan perbaikan yang signifikan dibandingkan kondisi awal dan masih sesuai dengan ketentuan SPLN 1:1995. Selain itu, distribusi tegangan pada setiap cluster menjadi lebih merata karena beban telah disalurkan melalui beberapa jalur dan didukung oleh kapasitas transformator yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing cluster. Penurunan arus pada jalur utama juga berkontribusi terhadap berkurangnya rugi-rugi daya pada penghantar, sehingga penurunan tegangan dapat ditekan.

Perbandingan antara kondisi sebelum dan sesudah perbaikan menunjukkan bahwa strategi pengelolaan beban dan konfigurasi jaringan berperan penting dalam meningkatkan kestabilan tegangan sistem. Peningkatan tegangan operasional menjadi 20 kV menyebabkan arus yang mengalir pada jaringan menurun untuk daya yang sama, sehingga rugi-rugi daya I^2R pada saluran dapat dikurangi. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan kinerja sistem distribusi tidak selalu memerlukan penggantian seluruh penghantar atau penambahan sumber daya baru, tetapi dapat dicapai secara efektif melalui pengaturan beban, pembagian jalur distribusi, dan pemilihan kapasitas transformator yang tepat.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa besar tegangan setelah perbaikan telah memenuhi standar operasional dan dinilai layak untuk mendukung kebutuhan energi listrik di kawasan industri PT. Bumitama Gunajaya Agro secara stabil dan berkelanjutan.

Tabel 1. Data Tegangan Transformator Step Up 0,4/20 kV

Bus	Conection	Tegangan kV	Variasi Tegangan %	Keterangan
7	<i>Primary</i>	0,389	+2,3	Dalam Standar
8	<i>Secondary</i>	19,92	-0,4	Dalam Standar

Tabel 2. Data Tegangan Transformator Step Down 20/0,4 kV

Bus	Conection	Tegangan kV	Variasi Tegangan %	Keterangan
9	Primary	19,91	-0,4	Dalam Standar
10	Secondary	0,39	+2,6	Dalam Standar
26	Secondary	0,39	+2,6	Dalam Standar
86	Secondary	0,40	+5,2	Dalam Standar

Tabel 3. Data Tegangan Saluran Distribusi Primer (JTM)

Bus	Tegangan kV	Variasi Tegangan %	Keterangan
88	19,92	-0,4	Dalam Standar
79	19,91	-0,4	Dalam Standar

Tabel 4. Data Tegangan Saluran Distribusi Sekunder (JTR)

Bus	Cluster	Saluran	Tegangan kV	Variasi Tegangan %	Keterangan
88	A	1	0,378	-0,5	Dalam Standar
79	A	2	0,379	-0,3	Dalam Standar
87	A	3	0,378	-0,5	Dalam Standar
31	B	1	0,377	-0,8	Dalam Standar
49	C	1	0,373	-1,8	Dalam Standar
11	D	1	0,379	-0,3	Dalam Standar
24	D	2	0,369	-2,9	Dalam Standar

Tabel 5. Data Tegangan Beban Listrik Pada Jaklur 1 Cluster A

Bus	Nama Beban	Tegangan (kV)	Variasi Tegangan (%)	Keterangan
85	Manager TC	0,378/0,218	-0,5	Dalam standar
84	GH MKNR (G6)	0,378/0,219	-0,5	Dalam standar
83	GOR	0,376/0,217	-1,1	Dalam standar
82	Rumah Staf (G1)- Future	0,367/0,212	-3,4	Dalam standar

Tabel 6. Data Tegangan Beban Listrik Pada Saluran 2 Cluster A

Bus	Nama Beban	Tegangan (kV)	Variasi Tegangan (%)	Keterangan
77	Rumah Staf (G2)	0,375/0,216	-1,3	Dalam standar
76	Guest House	0,368/0,213	-3,2	Dalam standar
72	Fabrikasi Furniture MKNR	0,376/0,217	-1,1	Dalam standar
73	Kantor Divisi 1 KNDE	0,379/0,219	-0,3	Dalam standar
74	Klinik MKNR	0,377/0,218	-0,8	Dalam standar

Tabel 7. Data Tegangan Beban Listrik Pada Saluran 3 Cluster A

Bus	Nama Beban	Tegangan (kV)	Variasi Tegangan (%)	Keterangan
80	Rumah Staff (G1)-BKCW	0,369/0,213	-2,9	Dalam standar

Tabel 8 Data Tegangan Beban Listrik Pada Cluster B

Bus	Nama Beban	Tegangan (kV)	Variasi Tegangan (%)	Keterangan
32	Rumah Staf (G1)	0,371/0,214	-2,4	Dalam standar
52	Rumah Karyawan (G6)-BKCW	0,371/0,214	-2,4	Dalam standar
53	Rumah Staf (G6)	0,373/0,215	-1,8	Dalam standar
54	Rumah Mandor (G6)	0,373/0,215	-1,8	Dalam standar
55	Rumah Karyawan (G6)	0,373/0,215	-1,8	Dalam standar
58	Rumah Karyawan (G6)-KNLA	0,373/0,205	-1,8	Dalam standar
61	Gereja	0,373/0,215	-1,8	Dalam standar
62	Gudang MKNR	0,370/0,214	-2,6	Dalam standar
63	TPA	0,373/0,215	-1,8	Dalam standar
65	Kantor Divisi 3	0,372/0,215	-2,1	Dalam standar
66	Kantor PAD	0,373/0,215	-1,8	Dalam standar
67	HPO	0,373/0,215	-1,8	Dalam standar
68	Rumah Karyawan (G6)-Future	0,372/0,215	-2,1	Dalam standar

Tabel 9 Data Tegangan Beban Listrik Pada Cluster C

Bus	Nama Beban	Tegangan (kV)	Variasi Tegangan (%)	Keterangan
28	Rumah Karyawan (G6)-	0,372/0,215	-2,1	Dalam standar
27	PKS CKNT	0,371/0,214	-2,4	Dalam standar

Tabel 10 Data Tegangan Beban Listrik Pada Jalur 1 Cluster D

Bus	Nama Beban	Tegangan (kV)	Variasi Tegangan (%)	Keterangan
40	KNLA	0,362/0,209	-4,7	Dalam standar

Tabel 11 Data Tegangan Beban Listrik Pada Saluran 2 Cluster D

Bus	Nama Beban	Tegangan (kV)	Variasi Tegangan (%)	Keterangan
23	BKCW	0,368/0,213	-3,2	Dalam standar
22	Musholla	0,379/0,219	-0,3	Dalam standar
20	TK	0,379/0,219	-0,3	Dalam standar
18	SD	0,379/0,219	-0,3	Dalam standar
16	SMP	0,379/0,219	-0,3	Dalam standar
14	UPS	0,379/0,219	-0,3	Dalam standar
13	Kantor Wilayah	0,378/0,218	-0,5	Dalam standar
12	Kios	0,379/0,219	-0,3	Dalam standar

KESIMPULAN

Karena seluruh *output* pembenahan mekanisme jaringan elektrik dampak eskalasi energi listrik berawal 118,6 kW menuju 334,35 kW beserta timbulnya reduksi tegangan mencapai -20% di jaringan elektrik PT. BGA, lantas mampu ditarik sejumlah kesimpulan, yaitu:

1. Sistem kelistrikan mengalami renovasi lewat cara menaikkan tegangan operasional jaringan distribusi bermula 1 kV sebagai 20 kV.
2. Beban kelistrikan diklasifikasikan ke dalam 4 grup yakni A, B, C, serta D. Grup A difasilitasi 3 jalur listrik JTR, grup B serta C tiap-tiap disediakan 1 jalur listrik JTR, sementara grup D difasilitasi 2 jalur listrik JTR.
3. Transformator step up ditingkatkan jadi 500 kVA. Transformator *step down* di kelompok A ditingkatkan menjadi 200 kVA, kelompok B dan C ditingkatkan masing-masing 125 kVA, sedangkan kelompok D ditingkatkan menjadi 160 kVA.
4. Jaringan kabel distribusi juga diperbaiki. Bagi jaringan distribusi primer (JTM) mengaplikasikan penghantar tipe AAAC berdimensi penampang 3x70 mm². Jaringan distribusi sekunder (JTR) di tiap jalur grup menerapkan penghantar tipe NFA2X-T berdimensi penampang 3x70+1x50 mm². Sementara demi jalur koneksi hunian (SR) memanfaatkan penghantar berdimensi penampang 4x10 mm², 4x16 mm², dan 4x25 mm².
5. Analisis aliran daya dilakukan menggunakan software ETAP. Hasilnya menunjukkan jatuh tegangan di seluruh bus beban berentang mulai 0,3 hingga 4,7 % ataupun ekuivalen 0,379 kV sampai 0,362 kV. Angka itu tetap berada di ambang baku tegangan yang diperkenankan bagi jaringan tegangan rendah (JTR). Deviasi tegangan maksimum ialah +5% serta minimum -10% atas tegangan nominal nominal sesuai dengan SPLN1 tahun 1995.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ungkapkan untuk PT. Bumitama Gunajaya Agro atas izin, dukungan, serta pemberian data yang diperlukan selama proses penelitian. Kami juga mengutarakan terima kasih dan penghargaan kepada Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, atas bimbingan dan fasilitas yang diberikan. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada Bapak Hartono, dosen mata kuliah Dasar Sistem Tenaga Listrik, atas arahan, masukan, serta bimbingan yang dianugerahkan ketika berlangsungnya studi sampai penyelesaian manuskrip ini. Kami turut melayangkan penghargaan terhadap seluruh entitas yang telah menyokong, entah secara tatap muka maupun sebaliknya, yang menjadikan riset ini berhasil rampung secara paripurna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. H. Purnama and D. Santoso, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik," *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, vol. 8, no. 1, pp. 15–22, 2016.
- [2] A. S. Nurhadi, "Kajian Penurunan Tegangan pada Sistem Distribusi Radial," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 77–84, 2019.
- [3] A. Hidayat and H. Wibowo, "Analisa Pengaruh Beban terhadap Profil Tegangan pada Jaringan TM," *Jurnal Rekayasa Sistem*, vol. 10, no. 3, pp. 122–129, 2020.
- [4] R. Yuliana and A. Safitri, "Studi Simulasi Jaringan Radial dan Rugi Daya," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 2, pp. 41–48, 2018.
- [5] M. A. Nugraha, "Evaluasi Sistem Distribusi Radial pada Kawasan Perkebunan," *Jurnal Elektro*, vol. 6, no. 4, pp. 201–208, 2017.
- [6] M. D. Achmad, "Analisis Kinerja Saluran Distribusi Menggunakan ETAP," *Jurnal Teknika*, vol. 14, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [7] D. Kurniawan, "Pengaruh Beban terhadap Rugi-rugi Energi pada Sistem Distribusi," *Jurnal Keteknikan*, vol. 9, no. 1, pp. 55–62, 2017.
- [8] F. Andi, "Studi Lapangan Distribusi Listrik Perumahan Kawasan Industri," *Jurnal Energi*, vol. 11, no. 2, pp. 110–117, 2021.
- [9] R. Prasetyo, "Karakteristik Penurunan Tegangan pada Jaringan Feeder Panjang," *Jurnal Ilmiah Elektro*, vol. 9, no. 3, pp. 88–95, 2020.
- [10] SPLN 1:1995, "Tegangan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik," Perusahaan Listrik Negara, Indonesia.
- [11] S. Handoko, "Pengaruh Drop Tegangan terhadap Operasi Motor Industri," *Jurnal Mekanika dan Energi*, vol. 4, no. 1, pp. 23–31, 2019.
- [12] A. Lestari, "Pengaruh Jarak Beban terhadap Profil Tegangan," *Jurnal Sistem Tenaga*, vol. 7, no. 3, pp. 140–147, 2018.
- [13] B. Putra, "Optimasi Penempatan Beban pada Sistem Distribusi," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 14, no. 2, pp. 71–80, 2020.
- [14] K. Setiawan, "Evaluasi Trafo Step-down dalam Distribusi Beban," *Jurnal Elektro Indonesia*, vol. 3, no. 1, pp. 39–47, 2017.
- [15] I. Darmawan, "Implementasi ETAP Load Flow Analysis," *Jurnal Teknologi Energi*, vol. 12, no. 1, pp. 56–63, 2021.
- [16] S. Nur, "Simulasi Load Flow untuk Analisis Profil Tegangan," *Jurnal Keteknikan Elektro*, vol. 8, no. 4, pp. 201–208, 2019.
- [17] T. Suryana, "Pemodelan Sistem Distribusi Industri menggunakan ETAP," *Jurnal ELKOM*, vol. 2, no. 3, pp. 80–88, 2020.
- [18] Y. Gunawan, "Pengaruh Penataan Beban terhadap Kinerja Sistem Distribusi," *Jurnal Energi dan Daya*, vol. 9, no. 2, pp. 50–58, 2021.
- [19] R. Mahendra, "Optimasi Jaringan Distribusi Berbasis Load Balancing," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 3, pp. 102–109, 2018.