

ANALISIS DAMPAK INTEGRASI GARDU INDUK MOUTONG TERHADAP DROP TEGANGAN SISTEM ISOLATED ULP KOTARAYA

Nurinsani Yulia Latif¹, Andi Wawan Indrawan², Nirwan A. Noor³, Arief Rahmadani⁴

^{1,2,3}Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10., Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90245, Indonesia; Telp/Fax : +62 (411) 585365

⁴PT.PLN (Persero)

Keywords:

Drop Tegangan;
Sistem *Isolated*;
Gardu Induk;
Pola Operasi.

Correspondent Email:

nurinsaniyulial07@gmail.com

Abstrak. PT PLN (Persero) UID Suluttenggo bertanggung jawab atas keandalan pasokan listrik di Sulawesi Tengah, yang sebagian masih menggunakan sistem isolated. ULP Kotaraya adalah salah satu wilayah yang mengalami masalah drop tegangan akibat panjang jaringan distribusi dan keterbatasan pembangkit lokal. Untuk mengatasi hal ini, PLN merencanakan pembangunan Gardu Induk (GI) Moutong sebagai bagian dari upaya interkoneksi sistem isolated ke sistem utama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak pengoperasian GI Moutong terhadap perubahan pola operasi sistem isolated Kotaraya menggunakan simulasi berbasis ETAP. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data teknis seperti Single Line Diagram, panjang saluran, beban, dan tegangan di ujung penyulang, dilanjutkan dengan pemodelan sistem dan simulasi untuk menghitung drop tegangan. Hasil menunjukkan bahwa setelah GI Moutong dioperasikan tanpa PLTD sebagai pengendali tegangan, tegangan ujung pada penyulang Bondoyong turun menjadi 17,38 kV dengan drop tegangan sebesar 15,24%. Namun, jika PLTD Kotaraya dan PLTD Palasa tetap beroperasi sebagai voltage controller, tegangan ujung meningkat menjadi 18,7 kV dengan drop hanya 2,37%.

Abstract. PT PLN (Persero) UID Suluttenggo is responsible for ensuring the reliability of electricity supply in Central Sulawesi, a region that still partially relies on an isolated power system. ULP Kotaraya is one of the areas experiencing voltage drop issues due to the long distribution network and limited capacity of local power plants. To address this, PLN has planned the construction of Moutong Substation (GI Moutong) as part of an effort to interconnect the isolated system with the main grid. This research aims to analyze the impact of operating GI Moutong on the change in the operational pattern of the Kotaraya isolated system using ETAP-based simulation. The method includes collecting technical data such as the Single Line Diagram, line length, load, and voltage at the feeder end, followed by system modeling and simulation to calculate the voltage drop. Results indicate that after GI Moutong was operated without PLTD acting as a voltage controller, the feeder-end voltage at Bondoyong dropped to 17.38 kV with a 15.24% voltage drop. However, if PLTD Kotaraya and PLTD Palasa remain active as voltage controllers, the end voltage improves to 18.7 kV with only a 2.37% drop. These findings show that interconnection via GI Moutong significantly enhances voltage quality and distribution efficiency in the ULP Kotaraya area.

1. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, dan Gorontalo (UID Suluttenggo) memegang peranan vital dalam memastikan kontinuitas dan keandalan pasokan listrik di wilayah tersebut. Di provinsi Sulawesi Tengah, sistem kelistrikan terbagi menjadi dua skema utama: sistem interkoneksi Sulbagsel (tegangan 150 kV dan 70 kV) serta sistem isolated 20 kV. Sistem isolated pada umumnya mengandalkan PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) dan PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro) sebagai sumber utama pasokan energi.

Kondisi sistem isolated seperti yang terjadi di wilayah kerja ULP Kotaraya, yang hanya disuplai oleh PLTD Kotaraya, PLTD Palasa, dan PLTM Tomini, menghadirkan tantangan tersendiri dalam penyaluran listrik. Salah satu permasalahan mendasar adalah drop tegangan yang signifikan, terutama karena panjangnya jaringan distribusi dan keterbatasan daya dukung pembangkit lokal. Drop tegangan tidak hanya menyebabkan kerusakan alat elektronik, tetapi juga menurunkan keandalan sistem dan memicu keluhan pelanggan [1].

Sebagai bagian dari Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2018–2019, PLN merencanakan pembangunan Gardu Induk (GI) Moutong di Kecamatan Bolano Lambunu, Kabupaten Parigi Moutong. Proyek ini bertujuan untuk mengintegrasikan sistem isolated menjadi sistem interkoneksi guna meningkatkan kualitas tegangan dan menurunkan losses di ujung jaringan distribusi. Pengubahan pola operasi ini diharapkan membawa dampak signifikan terhadap efisiensi sistem kelistrikan secara menyeluruh [2].

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat, kebutuhan akan energi listrik terus meningkat, yang mengharuskan peningkatan kapasitas pembangkit energi dan infrastruktur distribusi untuk memastikan pasokan listrik yang stabil dan sesuai standar. Kualitas sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik dapat dinilai dari kualitas tegangan yang diterima konsumen [3]. Jarak yang cukup jauh antara penghasil energi dan konsumen sering menyebabkan penurunan tegangan sepanjang jaringan distribusi, sehingga mengurangi efisiensi penyaluran energi listrik [4].

Penurunan tegangan ini dapat berakibat pada beragam masalah, termasuk menurunnya keandalan sistem tenaga listrik, potensi kerusakan pada peralatan listrik, dan keluhan dari masyarakat. Hal ini menggarisbawahi pentingnya analisis dan pengelolaan jaringan distribusi agar dapat meminimalkan dampak tersebut dan mempertahankan kualitas layanan. Rekonfigurasi atau modernisasi gardu induk dapat dipertimbangkan sebagai solusi yang efektif untuk meningkatkan kinerja jaringan distribusi serta meminimalkan risiko penurunan tegangan yang dihadapi oleh masyarakat [5].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini akan mengkaji analisis dampak perubahan pola operasi sistem isolated Kotaraya pasca pengoperasian Gardu Induk Moutong terhadap drop tegangan menggunakan simulasi berbasis ETAP. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang dampak dari perubahan pola operasi dan membantu PLN dalam meningkatkan stabilitas serta efisiensi sistem kelistrikan di wilayah Kotaraya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan bagian akhir dari sistem tenaga listrik yang bertanggung jawab menyalurkan daya dari gardu induk hingga ke konsumen melalui sistem tegangan menengah (20 kV) dan tegangan rendah (380/220 V). Efisiensi dan kualitas tegangan yang diterima konsumen sangat dipengaruhi oleh struktur jaringan distribusi, terutama pada wilayah pedesaan yang memerlukan saluran panjang dan berpotensi mengalami rugi-rugi daya serta drop tegangan [6].

Jaringan distribusi primer umumnya terdiri dari empat tipe utama, yakni sistem radial, loop (ring), grid (network), dan spindel [7]. Sistem radial paling umum digunakan karena sederhana dan ekonomis, namun kurang andal saat terjadi gangguan. Sebaliknya, sistem loop dan grid menawarkan kontinuitas layanan yang lebih tinggi dengan jalur suplai ganda. Sementara itu, sistem spindel merupakan kombinasi dari radial dan loop yang dilengkapi penyulang cadangan untuk meningkatkan keandalan dalam kondisi darurat. Optimalisasi konfigurasi jaringan distribusi menjadi faktor kunci dalam mengurangi drop tegangan dan

memastikan pelayanan listrik yang stabil dan efisien di berbagai kondisi beban cari referensi [8][9].

2.2. Gardu Induk

Gardu induk adalah komponen krusial dalam sistem distribusi tenaga listrik yang bertanggung jawab untuk mentransformasikan tegangan dari tingkat tinggi ke tingkat yang lebih rendah, serta untuk melakukan pengukuran, pengawasan operasi, pengamanan sistem, dan pengaturan distribusi daya ke gardu-gardu lainnya melalui feeder tegangan menengah. Komponen utama dari gardu induk mencakup saluran masuk, transformator daya, peralatan ukur, dan sistem penghubung yang secara teknis dan ekonomis dirancang untuk memastikan efisiensi operasional [10].

Keberadaan gardu induk yang tepat guna sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan keandalan sistem distribusi tenaga listrik di berbagai wilayah. Pemilihan jenis gardu induk yang tepat dapat berkontribusi pada pengurangan rugi-rugi daya dan meningkatkan kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Selain itu, perencanaan yang baik terhadap gardu induk juga memengaruhi kontinuitas pasokan listrik dan mengurangi gangguan yang dapat merugikan konsumen [11].

2.3. Drop Tegangan

Drop tegangan merupakan fenomena penurunan tegangan yang terjadi sepanjang saluran distribusi listrik akibat adanya impedansi penghantar, termasuk tahanan, induktansi, dan kapasitansi [12]. Besarnya drop tegangan dipengaruhi oleh panjang saluran, besar arus beban, serta luas penampang penghantar, dan umumnya dinyatakan dalam satuan volt atau persen terhadap tegangan nominal. Dalam praktik distribusi tenaga listrik, penurunan tegangan yang melebihi ambang batas standar dapat menurunkan mutu penyaluran energi dan memengaruhi performa peralatan konsumen. PT PLN (Persero) menetapkan batas toleransi drop tegangan dalam SPLN No. 72 Tahun 1987, yaitu maksimum 2% untuk sistem spindel/gugus dan 5% untuk sistem radial [13].

Dalam sistem distribusi tegangan menengah, induktansi dan kapasitansi saluran juga

memerlukan perhitungan akurat, karena pengaruhnya yang signifikan terhadap distribusi tegangan. Oleh karena itu, pemilihan jenis dan ukuran penampang penghantar menjadi krusial dalam desain jaringan distribusi untuk menjaga kestabilan dan mutu tegangan, terutama pada titik-titik beban yang paling jauh dari sumber. Maka untuk saluran distribusi primer, perhitungan besar jatuh tegangan pada saluran distribusi tegangan menengah untuk sistem tiga fasa adalah [14][15]:

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

Besar persentase jatuh tegangan pada saluran distribusi primer:

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100 \% \quad (2)$$

Keterangan:

- I : Arus beban (A)
- R : Resistansi saluran (Ω)
- X : Reaktansi saluran (Ω)
- V : tegangan kerja (Volt)
- L : panjang saluran (kms)
- ΔV : Jatuh Tegangan (V)
- Cos θ : Faktor daya beban

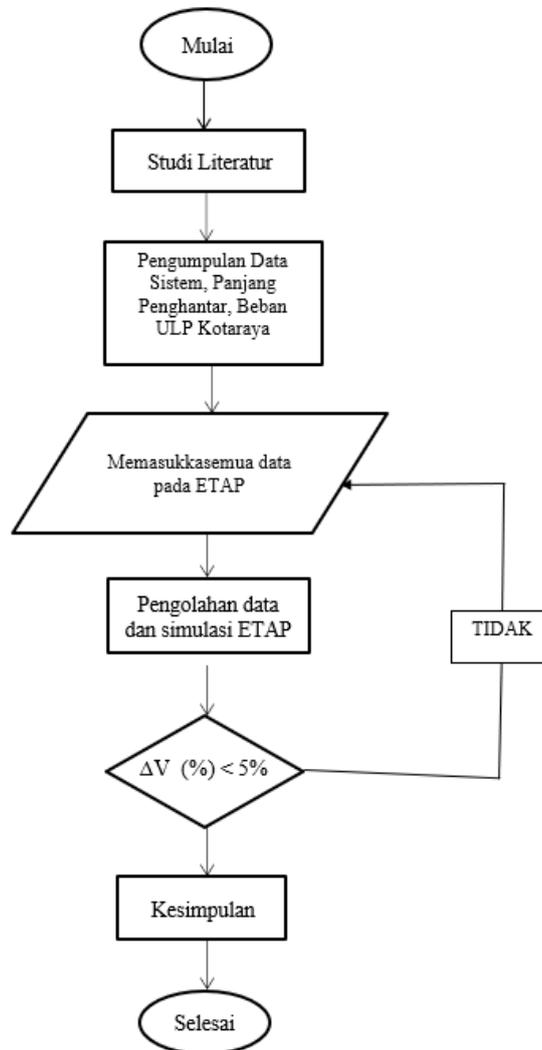
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan di wilayah PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Kotaraya, Parigi Moutong. Di mulai pada bulan November 2023 sampai Juni 2024. Dalam melakukan penelitian ini, ada beberapa tahapan atau prosedur yang harus dilalui, yaitu:

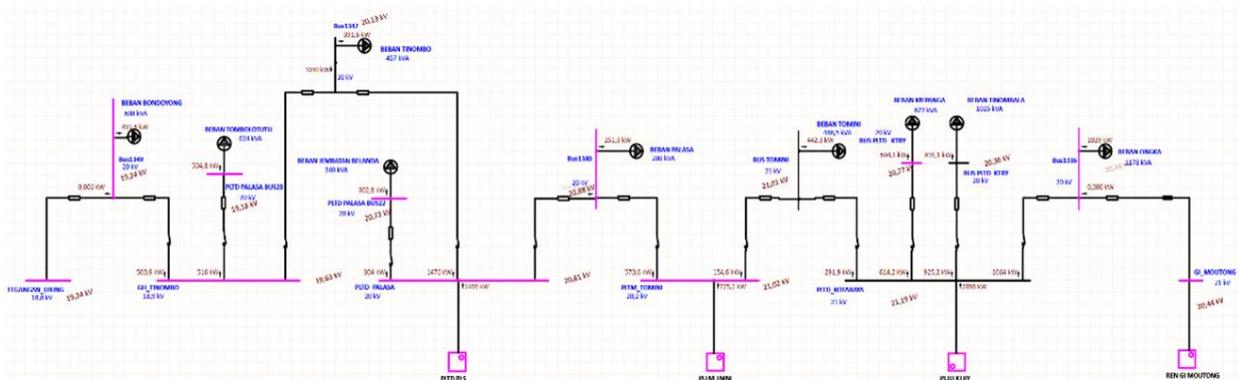
1. Mengumpulkan data sistem unit PT. PLN (Persero) ULP Kotaraya berupa Single Line Diagram, Panjang saluran, beban dan beberapa data pendukung lainnya
2. Mengumpulkan data tegangan dan tap trafo distribusi penyulang paling ujung
3. Membuat rangkaian pada ETAP sesuai dengan data yang telah dikumpulkan, kemudian melakukan simulasi dan menghitung berapa jatuh tegangan pada sisi penyulang
4. Menganalisis hasil simulasi dan membandingkan dengan teori serta kejadian sesungguhnya dilapangan
5. Menarik kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan sehingga tujuan ataupun

masalah dari objek penelitian dapat dijawab

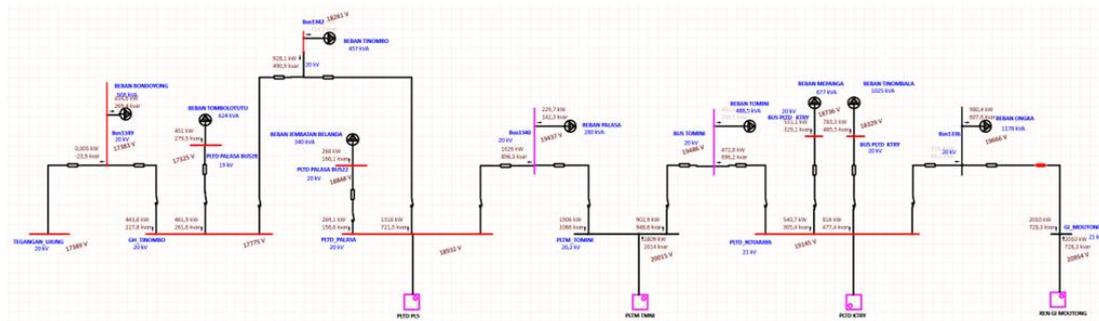
Alur penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk *flowchart* seperti pada gambar 1.



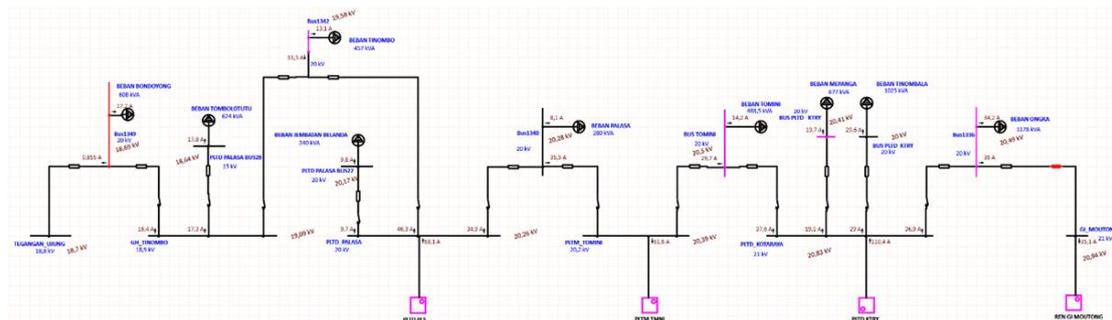
Gambar 1. Alur Penelitian



Gambar 2. Simulasi Sistem Eksisting ULP Kotaraya



Gambar 3. Simulasi Sistem ULP Kotaraya Pasca Pengoperasian GI Moutong



Gambar 4. Simulasi Sistem ULP Kotaraya Pasca Pengoperasian GI Moutong, PLTD Voltage Controller

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Simulasi Sistem Isolated Eksisting ULP Kotaraya

Energi listrik yang digunakan pada sistem kelistrikan PT PLN (Persero) ULP Kotaraya disuplai dari 2 PLTD, 1 PLTM, GH (Gardu Hubung) Tinombo dan memiliki 9 penyulang yang disuplai dari beberapa pembangkit yang beroperasi. Pada saat ini kondisi Eksisting sistem kelistrikan PT PLN (Persero) ULP Kotaraya masih isolated.

Berdasarkan hasil simulasi (Gambar 2 dan Tabel 1), rata-rata tegangan pada PLTD Kotaraya, PLTM Tomini, PLTD Palasa, dan GH Tinombo berada dalam batas ideal sesuai standar 20 kV menurut PUIL 2000. Tidak terlihat nilai arus dan daya aktif pada busbar GH Tinombo karena tidak ada pembangkit yang beroperasi.

Sementara itu pada tabel 2 dapat nilai arus tertinggi berada pada penyulang Ongka sebesar 34,2 dan tegangan ujung dengan nilai 20,43 kV berada pada ujung penyulang Ongka

Tabel 1. Hasil Simulasi PLTD dan GH

No.	Pembangkit dan GH	Tegangan (kV)	Arus (A)	Daya Aktif (kW)
1	PLTD KOTARAYA	21.19	93.9	2,896
2	PLTM TOMINI	21.02	19.9	725.2
3	PLTD PALASA	20.81	48	1,466
4	GH TINOMBO	19.63	-	-

Tabel 2. Hasil Simulasi Penyulang

No.	Penyulang	Arus (A)	Tegangan Kirim (V)	Tegangan Ujung (V)
1	MEPANGA	19.8	21,194	20,775
2	TINOMBALA	29.7	21,194	20,358
3	ONGKA	34.2	21,194	20,436
4	PALASA	8.2	21,024	20,879
5	TOMINI	14.3	21109	21,010
6	TINOMBO	13.2	20,808	20,126
7	JEMBATAN BELANDA	9.9	20,808	20,721
8	TOMBOLUTU	17.9	19,635	19,180
9	BONDYONG	17.4	19,635	19,241

Tabel 3. Nilai Drop Tegangan Eksisting

No.	Penyulang	Arus (A)	Tegangan Kirim (V)	ΔV	% ΔV
1	MEPANGA	19.8	21,194	512.64	2.41
2	TINOMBALA	29.7	21,194	787.47	3.71
3	ONGKA	34.2	21,194	1,143.38	5.39
4	PALASA	8.2	21,024	141.56	0.67
5	TOMINI	14.3	21109	380.02	1.80
6	TINOMBO	13.2	20,808	364.08	1.75
7	JEMBATAN BELANDA	9.9	20,808	81.97	0.39
8	TOMBOLUTU	17.9	19,635	810.40	4.13
9	BONDYONG	17.4	19,635	421.57	2.15

Pada tabel 3, drop tegangan terbesar terjadi pada penyulang Ongka sebesar 5,39% akibat arus beban tinggi dan panjang jaringan yang jauh. Sementara itu, penyulang Bondoyong menunjukkan drop tegangan 2,15% dengan tegangan ujung 19.241 V, masih sesuai batas SPLN No.72 Tahun 1987 (<5%).

4.2. Simulasi Sistem ULP Kotaraya Pasca Pengoperasian GI Moutong

Dengan adanya pembangunan gardu induk akan merubah pola operasi sistem kelistrikan ULP Kotaraya yang sebelumnya Isolated menjadi interkoneksi. Sistem interkoneksi akan terhubung pada LBS Santigi yang bertemu dengan Penyulang Ongka. Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa adanya perubahan tegangan ujung pada masing-masing penyulang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Simulasi Pasca Pengoperasian GI Moutong

No.	Penyulang	Arus (A)	Tegangan Kirim (V)	Tegangan Ujung (V)
1	MEPANGA	19.3	20,485	18,736
2	TINOMBALA	29	20,485	18,329
3	ONGKA	33.9	20,954	19,666
4	PALASA	8	20,485	19,437
5	TOMINI	14	20,485	19,486
6	TINOMBO	12.9	20,485	18,261
7	JEMBATAN BELANDA	9.7	20,485	18,848
8	TOMBOLUTU	17.7	20,485	17,325
9	BONDOYONG	17	20,485	17,383

Tabel 5. Nilai Drop Tegangan Pasca Pengoperasian GI Moutong

No.	Penyulang	Tegangan Kirim (V)	Arus (A)	ΔV	% ΔV
1	MEPANGA	20,485	19.3	915.14	4.47
2	TINOMBALA	20,485	29	1,408.27	6.87
3	ONGKA	20,954	33.9	2,635.71	12.58
4	PALASA	20,485	8	1,048	5.11
5	TOMINI	20,485	14	999	4.87
6	TINOMBO	20,485	12.9	2,224	10.85
7	JEMBATAN BELANDA	20,485	9.7	1,637	7.99
8	TOMBOLUTU	20,485	17.7	3,160	15.42
9	BONDOYONG	20,485	17	3,102	15.14

Pada tabel 5 menunjukkan nilai drop tegangan pada ujung masing-masing penyulang pasca pengoperasian gardu induk Moutong. Setelah melakukan simulasi pengoperasian gardu induk Moutong, sistem kelistrikan ULP Kotaraya selain penyulang Mepanga pada masing-masing ujung penyulang ditemukan drop tegangan yang cukup signifikan, yang berada pada lebih dari 5%. Drop tegangan pada penyulang Tombolotutu menyentuh angka 3.160V dengan nilai 15,42%.

4.3. Simulasi Sistem ULP Kotaraya Pasca Pengoperasian GI Moutong dan PLTD Kotaraya sebagai Voltage Controller

Simulasi pengoperasian GI Moutong dengan mempertahankan PLTD Kotaraya dan PLTD Palasa sebagai controller dapat dilihat pada gambar 4. Pengoperasian PLTD yang berperan sebagai stabilitas tegangan yang bertujuan

untuk mengontrol tegangan agar menagangkan nilai tegangan dan memperbaiki drop tegangan pada masing-masing tegangan ujung sampai dengan adanya pengoperasian gardu induk yang lain. Langkah ini diambil untuk menjaga tingkat mutu pelayanan perusahaan. Berikut merupakan hasil simulasi yang telah dijalankan.

Tabel 6. Hasil Simulasi Pasca Pengoperasian GI Moutong PLTD Voltage Controller

No.	Pembangkit dan GH	Tegangan (kV)	Arus (A)	Daya Aktif (kW)
1	GI MOUTONG	20.94	35.1	54.3
2	PLTD KOTARAYA	20.83	110.4	3,982
3	PLTM TOMINI	20.39	61.6	1,227
4	PLTD PALASA	20.26	68.1	2,388
5	GH TINOMBO	19.09	-	-

Tabel 7. Hasil Simulasi Pemyulang Pasca Pengoperasian GI Moutong PLTD Voltage Controller

No.	Penyulang	Arus (A)	Tegangan Kirim (V)	Tegangan Ujung (V)
1	MEPANGA	19.8	20,829	20,412
2	TINOMBALA	29.7	20,829	19,997
3	ONGKA	34.2	20,943	20,491
4	PALASA	8.2	20,386	20,283
5	TOMINI	14.3	20,607	20,504
6	TINOMBO	13.2	20,258	19,581
7	JEMBATAN BELANDA	9.9	20,258	20,172
8	TOMBOLUTU	17.9	19,091	18,638
9	BONDOYONG	17.4	19,091	18,700

Pada tabel 6 rata-rata tegangan busbar terhadap tegangan nominal pada gardu induk, PLTD Kotaraya, PLTD Palasa dan GH Tinombo sebesar 100,4 % yang masih dalam batas tegangan nominal yaitu 20 kV. Pada tabel 7 ditunjukkan besar nilai arus dan tegangan ujung pada masing-masing penyulang.

Tabel 8. Nilai Drop Tegangan Pasca Pengoperasian GI Moutong PLTD Voltage Controller

No.	Penyulang	Tegangan Kirim (V)	Tegangan Ujung (V)	ΔV	% ΔV
1	MEPANGA	20,829	20,412	417	2.00
2	TINOMBALA	20,829	19,997	832	3.99
3	ONGKA	20,943	20,491	452	2.16
4	PALASA	20,386	20,283	103	0.51
5	TOMINI	20,607	20,504	103	0.50
6	TINOMBO	20,258	19,581	677	3.34
7	JEMBATAN BELANDA	20,258	20,172	86	0.42
8	TOMBOLUTU	19,091	18,638	453	2.37
9	BONDOYONG	19,091	18,700	391	2.05

Berdasarkan Gambar 4 dan tabel 8, setelah GI Moutong dan PLTD berfungsi sebagai pengendali tegangan, persentase drop tegangan pada masing-masing penyulang menunjukkan nilai yang relatif kecil dan masih berada dalam batas nominal di atas 5%. Tegangan ujung pada

penyulang Bondoyong yang merupakan penyulang terjauh tercatat sebesar 18.700 V, sedangkan tegangan pada busbar mencapai 19.091 V.

4.4. Faktor yang Mempengaruhi Drop Tegangan Penyulang Bondoyong

Pada kondisi eksisting, tegangan kirim di pangkal tiap penyulang tercatat sebesar 20,71 kV. Jaringan distribusi ULP Kotaraya memiliki total panjang saluran mencapai 255,911 kms dan melayani 235 trafo distribusi dengan beban puncak total sebesar 253,83 A. Setelah GI Moutong dioperasikan, pola kelistrikan ULP Kotaraya mengalami perubahan, di mana tegangan kirim dari GI Moutong mencapai 20,94 kV, sementara tegangan yang diterima di busbar GH Tinombo tercatat sebesar 17,56 kV.

Penyulang Bondoyong sendiri memiliki panjang 47,65 kms, menggunakan penghantar berpenampang 70 mm², dan melayani beban maksimal trafo sebesar 608 kVA. Sebelum GI Moutong beroperasi, tegangan ujung penyulang Bondoyong berada pada 421,57 V dengan penurunan tegangan sebesar 2,15%. Jarak antara GI Moutong dan ujung penyulang Bondoyong mencapai 123 km. Namun, setelah PLTD Kotaraya dan PLTD Palasa dinonaktifkan dan hanya GI Moutong yang beroperasi, tegangan ujung penyulang Bondoyong turun signifikan menjadi 17,4 kV, dengan drop tegangan mencapai 15,14% atau setara 3.102V.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pengoperasian GI (Gardu Induk) Moutong memiliki pengaruh signifikan terhadap profil tegangan di wilayah kerja ULP Kotaraya. Pada saat seluruh PLTD dilepas, tegangan ujung tercatat sebesar 17,38 kV dengan penurunan tegangan mencapai 15,24%, sedangkan jika PLTD tetap berfungsi sebagai pengendali tegangan (voltage controller), tegangan ujung meningkat menjadi 18,7 kV dengan drop tegangan hanya 2,37%. Jarak antara GI Moutong dan ujung penyulang Bondoyong mencapai 123 km, dengan luas penampang penghantar 70 mm² dan beban maksimal trafo sebesar 608 kVA. Setelah PLTD Kotaraya dan PLTD Palasa tidak dioperasikan, tegangan ujung pada penyulang tersebut turun drastis

menjadi 17,4 kV dengan drop sebesar 15,14% atau setara 3.102 V. Beroperasinya GI Moutong tidak hanya memperbaiki kualitas distribusi tegangan, tetap juga mendukung efisiensi operasional perusahaan secara menyeluruh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Soedjarwanto, A. Z. Kurniawan, and S. A. Aulia, "ANALISIS PENGARUH ARUS BEBAN DAN KEKENDORAN KONEKTOR TERHADAP TEGANGAN JATUH (VOLTAGE DROP)," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4070.
- [2] T. Hidayat and A. Sofyan, "ANALISA REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI 20kV DI PT PLN SUNGAI RUMBAL," *Rang Tek. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 199–206, May 2023, doi: 10.31869/rjt.v6i2.4164.
- [3] C. I. Cahyadi, K. Atmia, and A. Fitriani, "Analisis Pengaruh Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Transmisi 150 kV Menggunakan Software Etap 12.6," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 126–130, Jul. 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.13306.
- [4] R. N. Sumarno, L. Muntasiroh, and D. Mariani, "Pengaruh Setting Tap Transformator Terhadap Profil Tegangan Pada Jaringan IEEE 14 Bus," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 154–158, Jul. 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14324.
- [5] I. R. Aprillia, I. F. Akmalia, D. A. Wulandari, and S. Sujito, "REKONFIGURASI SALURAN UDARA PADA PENYULANG JARINGAN TEGANGAN MENENGAH UNTUK MENGURANGI DROP TEGANGAN DI PT. PLN (PERSERO) ULP PACET," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3928.
- [6] I. R. M. Haryadi, K. Karnoto, and I. Santoso, "PERENCANAAN RANCANGAN KONSTRUKSI DAN JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV BARU DI KAWASAN INDUSTRI SEGAYUNG BATANG," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 3, pp. 87–91, Sep. 2023, doi: 10.14710/transient.v12i3.87-91.
- [7] K. H. Mohd Azmi, N. A. Mohamed Radzi, N. A. Azhar, F. S. Samidi, I. Thaqifah Zulkifli, and A. M. Zainal, "Active Electric Distribution Network: Applications, Challenges, and Opportunities," *IEEE Access*, vol. 10, pp.

- 134655–134689, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3229328.
- [8] S. S. Akhmad, H. Fauziah, and M. F. Ali, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV untuk Mengurangi Drop Voltage Pada Penyulang Asuhan GI Daya,” in *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2023, vol. 9, no. 1, pp. 36–44.
- [9] P. Julianto, “REKONFIGURASI JARINGAN PADA SISTEM DISTRIBUSI RADIAL UNTUK MEREDUKSI RUGI-RUGI DAYA MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA ADAPTIF,” *Elektr. Borneo*, vol. 9, no. 1, Apr. 2023, doi: 10.35334/eb.v9i1.3578.
- [10] M. H. B. P. Hasan, “Perhitungan Proyeksi Beban Transformator Dalam Perencanaan Kapasitas Gardu Induk 150 Kv,” *J. Ilm. Tek. Mesin, Elektro dan Komput.*, vol. 3, no. 3, pp. 444–459, 2023.
- [11] J. T. Putra, N. Fadhilah, and M. Arrofiq, “Peramalan Beban pada Gardu Induk Mantingan dalam Penentuan Kapasitas Transformator dengan Metode Regresi Linear,” *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 64–72, 2021.
- [12] A. Mampori, S. Silimang, and M. Rumbayan, “Perbaikan Tegangan Pada Saluran Distribusi 20kV Feeder Tinoring,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 12, no. 1, pp. 43–48, 2023.
- [13] A. Khusaeri, T. Suheta, V. Urzhasa, and I. P. Putra, “Analisa Rugi-Rugi Daya Akibat Jatuh Tegangan pada Saluran Transmisi 150 Kv,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, 2024, vol. 1, no. 1, pp. 129–136.
- [14] C. K. Wachjoe and H. Zein, “A Method for Voltage Drop Monitoring on load sides in medium voltage feeder,” in *2020 7th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, 2020, vol. 1, pp. 1215–1220.
- [15] M. Mujiburrahman, J. Joko, B. Suprianto, and U. T. Kartini, “Analisis Tegangan Jatuh (Drop Voltage) Pada Unit Boiler Di PPSDM Migas Cepu Menggunakan Etap 12.6. 0,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 3, pp. 757–768, 2021.