

## OPTIMASI TEGANGAN DENGAN MANUEVER PENYULANG PLUTO DAN JUPITER MELALUI SISTEM *SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION* (SCADA) PADA PLN ULP TANJUNG BATU

Ilham Trialdi Innaufal<sup>1</sup>, Siti Anisah<sup>2</sup>, Hamdani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

Email: [ilhamtrialdiinnaufal@gmail.com](mailto:ilhamtrialdiinnaufal@gmail.com)

### Abstrak

Sistem distribusi tenaga listrik berperan penting dalam menjaga keandalan dan kualitas penyaluran energi dari pembangkit hingga ke konsumen, namun sering menghadapi kendala seperti tegangan jatuh dan rugi daya yang dapat mempengaruhi performa keseluruhan. Salah satu masalah utama terjadi pada PLN ULP Tanjung Batu, di mana sistem kelistrikan masih menggunakan PLTD dengan tantangan distribusi yang menyebabkan tegangan supply rendah pada ujung penyulang Pluto. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis optimasi tegangan melalui manuver penyulang Pluto dan Jupiter menggunakan sistem SCADA untuk mengatasi drop tegangan di wilayah tersebut. Metode penelitian ini menggunakan simulasi ETAP dan pengujian lapangan melalui sistem SCADA untuk mengoptimalkan tegangan pada penyulang Pluto dengan memanfaatkan manuver penyulang Jupiter tanpa pemadaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi tegangan pada penyulang Pluto melalui manuver ke penyulang Jupiter berhasil meningkatkan tegangan ujung penyulang dari 18,3 kV menjadi 19,1 kV, dengan selisih peningkatan sebesar 0,8 kV. Penggunaan sistem SCADA mempercepat proses manuver, mengurangi waktu sebesar 30 menit dibandingkan dengan metode manual. Selain itu, panjang penyulang Pluto berkurang menjadi 26,75 KMS, sementara penyulang Jupiter meningkat menjadi 58,3 KMS, yang berkontribusi pada hasil optimasi tegangan yang lebih baik.

**Kata Kunci:** *Optimasi Tegangan, Penyulang Pluto dan Jupiter, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), PLN ULP Tanjung Batu.*

### Abstract

*The power distribution system plays an important role in maintaining the reliability and quality of energy distribution from the generator to the consumer, but often faces obstacles such as voltage drops and power losses that can affect overall performance. One of the main problems occurs at PLN ULP Tanjung Batu, where the electricity system still uses PLTD with distribution challenges that cause low supply voltage at the Pluto feeder end. This study aims to analyze voltage optimization through Pluto and Jupiter feeder maneuvers using the SCADA system to overcome voltage drops in the area. This research method uses ETAP simulation and field testing through the SCADA system to optimize the voltage on the Pluto feeder by utilizing Jupiter feeder maneuvers without blackouts. The results showed that voltage optimization on the Pluto feeder through maneuvers to the Jupiter feeder succeeded in increasing the feeder end voltage from 18.3 kV to 19.1 kV, with a difference in increase of 0.8 kV. The use of the SCADA system speeds up the maneuver process, reducing the time by 30 minutes compared to the manual method. In addition, the length of Pluto feeder is reduced to 26.75 KMS, while Jupiter feeder is increased to 58.3 KMS, which contributes to better voltage optimization results.*

**Keywords:** *Voltage Optimization, Pluto and Jupiter Feeders, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), PLN ULP Tanjung Batu.*

## A. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan bagian integral dari sistem tenaga listrik yang bertujuan untuk mengantarkan energi listrik dari pembangkit hingga ke konsumen. Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit biasanya berkisar antara 380 V, 11 kV hingga 24 kV, tergantung pada kapasitas pembangkit, kemudian tegangan tersebut dinaikkan oleh gardu induk tegangan tinggi menggunakan transformator penaik tegangan (step up) menjadi 500 kV sebelum diteruskan melalui transmisi (Thamrin et al., 2024). Peningkatan tegangan hingga 500 kV bertujuan untuk mengurangi kerugian daya listrik pada saluran transmisi, di mana kerugian daya berbanding lurus dengan kuadrat arus yang mengalir. Dengan tegangan yang lebih tinggi, arus yang mengalir menjadi lebih kecil, sehingga kerugian daya pun berkurang. Tegangan yang ditransmisikan kemudian diturunkan oleh transformator penurun tegangan (step down) di gardu induk distribusi menjadi 20 kV, lalu disalurkan ke trafo distribusi yang lebih kecil hingga mencapai tegangan rendah yaitu 220/380 V sebelum akhirnya disalurkan kepada konsumen atau pelanggan (Fikri et al., 2023).

Saluran distribusi memiliki peran krusial dalam memastikan penyediaan tenaga listrik yang andal dan berkualitas. Saluran ini bertugas menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen. Namun, selama operasinya, saluran distribusi kadang menghadapi masalah yang mengakibatkan penurunan keandalan penyaluran listrik. Masalah yang kerap muncul pada saluran distribusi antara lain adalah penurunan tegangan dan rugi daya (Fauziah et al., 2024). Untuk meningkatkan kinerja saluran distribusi, menjaga agar nilai penurunan tegangan tetap sesuai standar merupakan langkah penting guna meminimalkan rugi daya. Perhitungan rugi daya itu sendiri menjadi parameter vital yang harus diperhatikan ketika merancang sistem tenaga listrik yang optimal, terutama terkait dengan pemilihan konfigurasi jaringan dan penampang (Abas et al., 2020).

Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan tegangan dan rugi daya di antaranya adalah ukuran konduktor yang tidak memadai, panjangnya saluran distribusi, dan beban berlebih pada saluran. Jika masalah ini tidak ditangani, maka dapat menurunkan keandalan sistem tenaga listrik dan menyebabkan kerugian yang cukup besar, baik dari segi teknis maupun non-teknis (Rizkiana & Saputra, 2024). Oleh karena itu, salah satu persyaratan penting dalam perencanaan saluran adalah memperhatikan kualitas tegangan pada saluran serta memastikan kontinuitas pelayanan yang baik kepada konsumen. Berdasarkan SPLN 72:1987, nilai penurunan tegangan yang diizinkan pada saluran distribusi adalah sebesar 5% dari tegangan kerja untuk sistem radial di atas tanah dan sistem simpul (Jayachandran et al., 2022).

Namun pada wilayah kerja PLN ULP Tanjung Batu sistem kelistrikannya masih isolated, yang artinya masih menggunakan PLTD. Sistem PLTD sendiri terdapat 2 lokasi yang berjarak 35 KM yang dihubungkan dengan menggunakan Express Feeder sebagai Kopling antar PLTD. Lalu beban yang paling besar ada di PLTD Tanjung Batu Penyulang Pluto sebesar 45 A dan dengan Panjang penyulang mencapai 43,85 KMS, namun daya mampu PLTD Besar ada di PLTD Kundur yang berjarak 35 KM, yang artinya pada ujung penyulang pluto memiliki tegangan supply yang rendah. Untuk itu penulis akan melakukan analisis terkait optimasi tegangan dengan mencoba berbagai alternatif salah satunya dengan manuver melalui Penyulang Jupiter yang berasal dari PLTD Kundur dengan menggunakan SCADA untuk mengatasi Solusi dari drop tegangan pada ujung penyulang Pluto.

Oleh karena itu, Penulis memilih judul optimasi tegangan dengan manuver penyulang Pluto dan Jupiter melalui sistem SCADA Pada PLN ULP Tanjung Batu yang merupakan salah satu upaya untuk mengoptimalkan tegangan yang ada pada sistem kelistrikan PLN.



pengaman berupa Relay Arus Lebih (OCR) dan Relay pengaman tanah (GFR) yang disesuaikan dengan kondisi beban/arus terbaru pada saat ini (Rolim et al., 2021). Alat ini dapat bekerja ketika arus yang melewati pembacaan melebihi dari arus yang di setting sebagai pengaman. Pada recloser, terdapat pilihan autoreclose yang dapat disetting untuk mengatasi gangguan eksternal yang bersifat sementara atau temporer. Ketika terjadi gangguan sementara dan penyebab gangguan telah hilang maka recloser dapat masuk kembali sesuai dengan waktu settingnya (Matos et al., 2021).

### 3. Pemindahan Beban

Pemindahan Beban pada jaringan tegangan menengah primer merupakan salah satu cara perubahan beban pada JTM Primer atau mengganti pola operasi dari JTM Primer dengan melakukan OPEN/CLOSE peralatan key Point pada JTM Primer untuk mengisolasi wilayah yang aliran listriknya mati sesuai dengan keperluan. Pemindahan beban pada JTM Primer juga bisa dibuat oleh adanya gangguan eksternal ataupun internal dan juga bisa disebabkan oleh adanya kegiatan pemeliharaan preventif dari JTM Primer itu sendiri (Li et al., 2024). Untuk proses melakukan manuver terdapat 2 buah penyulang atau feeder dan juga di bantu dengan peralatan switching seperti LBS ataupun Recloser. Skema melakukan manuver biasanya terdapat 2 Penyulang yang bertemu dan dipisahkan oleh LBS dengan posisi OPEN, untuk melakukan manuver dengan cara melakukan OPEN LBS yang posisi CLOSE pada 1 penyulang dan melakukan CLOSE LBS yang posisi OPEN. Sehingga dengan skema ini Sebagian beban yang ada di penyulang tersebut telah berhasil di pindahkan dan mengikuti penyulang lainnya (Fanucchi et al., 2021). Hal ini dilakukan agar wilayah yang terdampak saat dilakukan pemeliharaan ataupun gangguan yang bersifat permanen dapat terisolasi dan menjadi sedikit daerah padamnya dengan ini pelanggan yang berada jauh dari posisi gangguan dapat menyala dan menikmati Listrik dan hal ini dapat menekan angka SAIDI SAIFI (Salman et al., 2023).

### 4. (Supervisory Control and Data Acquisition) SCADA

SCADA atau bisa disebut juga Supervisory Control and Data Acquisition adalah sebuah sistem yang dapat mengumpulkan data-data yang ada di Lokasi pekerjaan lalu mengirimkannya ke sebuah Master Station atau server utama yang akan mengelola data-data tersebut berupa pengaturan, pengontrolan, serta membaca indikasi status yang muncul. SCADA sendiri saat ini banyak digunakan dalam bidang industri, sistem proses, dan juga pada bidang ketenagalistrikan (Ali et al., 2021). Contoh penggunaan SCADA pada bidang kelistrikan ialah penggunaan LBSM dan Recloser yang terintegrasi oleh SCADA. Jadi dengan adanya sistem SCADA ini operator pengatur distribusi dapat melakukan pengontrolan berupa OPEN/CLOSE alat tersebut dari jarak jauh dan juga dapat membaca pengukuran dan indikasi-indikasi status yang ada agar mempermudah pekerjaan. Dengan adanya sistem SCADA, proses melakukan manuver beban yang ada di jaringan tegangan menengah semulanya membutuhkan waktu yang lama akan menjadi sangat singkat (Sheng et al., 2021).

SCADA terdapat 2 lokasi utama, yaitu Master Station dan juga Remote Station. Master Station berada di satu lokasi tertentu, dalam hal ini adalah ruangan server utama yang terpusat. Sedangkan Remote Station adalah lokasi peralatan yang ada di lapangan. Contoh dari Remote Station yang di pakai di PLN adalah alat switching seperti LBSM dan Recloser (Masduqi et al., 2023). Pada peralatan tersebut terdapat RTU (Remote Terminal Unit) dan juga Modem. Jadi perintah dari Master Station akan di kirim dan ditangkap oleh modem dengan IP khusus lalu modem akan diteruskan ke RTU yang mana RTU sendiri merupakan transletor dari modem menuju Motorize. Setelah di terjemahkan RTU maka LBSM/Recloser tersebut barulah dapat berfungsi melakukan OPEN/CLOSE (Sheba et al., 2023).

## 5. Baterai

Baterai atau akumulator adalah jenis sel sel Listrik yang menjalini proses elektrokimia yang dapat di balik (reversible) dengan efisiensi yang tinggi. Proses elektrokimia reversible berarti dalam baterai, tenaga Listrik dapat diubah menjadi energi kimia (selama proses pengisian). Dan sebaliknya, energi kimia dapat diubah menjadi tenaga Listrik (selama proses pengosongan). Ini dilakukan dengan melewatkan arus Listrik dalam polaritas yang berlawanan melalui elektroda-elektroda di dalam sel (Nurul et al., 2024)

Jenis bateray bisa disebut “ Storage Battery “ , yaitu jenis baterai yang bisa dipakai berkali-kali bahkan ketika supply Listrik AC tidak tersedia. Setiap sel baterai tersusun dari 2 elektroda yang berbeda, yaitu elektroda (+) dan elektroda (-), yang direndam pada larutan kimia (Zhu et al., 2020).

## 6. Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah perbedaan potensial antara dua titik kutup. Tegangan ini dihasilkan oleh pembangkit listrik dan dikategorikan dalam berbagai klasifikasi seperti tegangan sangat rendah, tegangan rendah, dan seterusnya. Klasifikasi tegangan penting untuk diketahui karena kabel listrik biasanya memiliki label tegangan maksimum yang dapat ditangani (Hosseinzadeh et al., 2021). kategori tegangan yang saat ini dipakai meliputi:

- a. Tegangan Sangat Rendah: Berkisar hingga 50 V. Tegangan Rendah (Low Voltage = LV): Berkisar antara 50 volt hingga 1000 volt (1 KV). Kabel untuk tegangan ini harus mampu menahan tegangan antara 50 volt hingga 1000 volt (1 KV).
- b. Tegangan Menengah (Medium Voltage = MV): Berkisar antara 1000 Volt (1 KV) hingga 36.000 Volt (36 KV). Kabel yang digunakan harus dapat menahan tegangan dalam rentang 1 KV hingga 36 KV.
- c. Tegangan Tinggi (High Voltage = HV): Berkisar antara 36 KV hingga 150.000 Volt (150 KV). Kabel yang digunakan harus mampu menangani tegangan di atas 36 KV hingga 150 KV.
- d. Tegangan Ekstra Tinggi (High Extra Voltage = HEV): Berkisar antara lebih dari 150 KV hingga 750 KV. Kabel untuk tegangan ini harus dapat menahan tegangan di atas 150 KV hingga 750 KV.
- e. Tegangan Ultra Tinggi (High Ultra Voltage = HUV): Berkisar di atas 750 KV. Kabel yang digunakan harus dapat menahan tegangan di atas 750 KV (Spertino et al., 2022).

## C. METODE

Metode penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengoptimalkan tegangan pada penyulang Pluto melalui penyulang Jupiter dengan di manuver tanpa padam melalui sistem SCADA. Penelitian di awali dengan melakukan pengambilan data yang dibutuhkan seperti Panjang jaringan tegangan menengah per penyulang, pengecekan tegangan pada stopan masing-masing penyulang Pluto dan Jupiter. Langkah berikutnya adalah melakukan pengecekan tegangan RST pada 2 penyulang tersebut dan memastikan kedua penyulang tersebut sudah sefasa untuk di lakukannya sinkron penyulang tanpa padam. Jika setelah di ukur menggunakan Voltstik hasilnya masih ada perbedaan antar fasa di kedua penyulang tersebut maka segera di lakukan Kembali perubahan fasa di salah satu penyulang. Data yang di dapat dilakukan pengolahan dengan simulasi menggunakan ETAP dan dicek kondisi sebelum dan sesudah di lakukan manuver penyulang. Melakukan pengujian di lapangan dengan melakukan manuver tanpa padam menggunakan SCADA, dengan dasar izin PLTD di lakukan CLOSE LBSM Paya Panjang sehingga sinkron 2 penyulang tersebut dan melakukan OPEN Recloser Batu 8 sehingga penyulang tersebut terpisah lagi, jika menggunakan SCADA gagal maka dilakukan pengujian di lokasi secara manual. Setelah berhasil maka jarak penyulang pluto akan menjadi lebih pendek, dan dilakukan Kembali pengambilan data berupa tegangan

menggunakan Voltstik dan dicek Kembali perbedaannya. Jika data tegangan stopan yang sudah di dapat setelah proses manuver mengalami kenaikan, maka proses percobaan optimalkan tegangan pada penyulang Pluto berhasil di dapat. Kemudian dilakukan Analisa dari hasil yang telah didapat dan dibandingkan tersebut apakah data tersebut sudah sesuai dengan yang dibutuhkan. Dari Analisa yang telah didapat, maka akan ditarik kesimpulan dan saran dari hasil penelitian ini.

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Mengoptimalkan Tegangan

Sebelum melakukan proses manuver, perlu di ambil sampel tegangan pada stopan masing-masing penyulang Pluto dan Jupiter agar dapat mengetahui tegangan ujungnya. Didapati tegangan ujung pada penyulang Pluto dan Jupiter sebagai berikut:

**Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan Ujung**

Penyulang	Waktu Pengambilan	Tegangan (kV)		
		R-S	R-T	S-T
Pluto	Siang	18,941	18,83	18,834
Jupiter	Siang	19,834	19,811	19,854

Selanjutnya, untuk Panjang penyulang pluto sendiri sebesar 48,85 KMS dan Panjang penyulang Jupiter sebesar 36,2 KMS. Namun, penyulang Pluto sendiri terdapat di PLTD Tanjung batu yang mana Daya mampu dari PLTD Tanjung Batu ini sendiri sangat rendah, yaitu sebesar 1,5 MW sedangkan pembangkit yang besar ada di PLTD Kundur sebesar 7 MW. Untuk pusat beban yang ada di pulau kundur ini ada di penyulang PLTD Tanjung batu, maka dari itu untuk membuat tercukupinya daya mampu di pusat beban pulau kundur maka PLTD Tanjung Batu dan PLTD Kundur di satukan melalui Penyulang Express sebagai kooping agar bisa menghasilkan sinkron generator. Panjang penyulang Express sekitar 35 KM, tegangan kirim di PLTD Kundur sebesar 20,2 kV sedangkan tegangan keluaran di kubikel PLTD Tanjung Batu sebesar 19.6 kV, hal ini mengartikan tegangan ujung pada penyulang pluto memiliki tegangan keluaran yang sangat rendah dan hal itu juga terbukti dari hasil sampel keluaran tegangan ujung yang di ukur menggunakan Volt Stik.

Langkah yang dapat di lakukan untuk mengatasi tegangan drop dari penyulang pluto dengan cara melakukan manuver penyulang dengan menggunakan beberapa key point yang ada di masing-masing penyulang. Untuk penyulang Pluto terdapat 1 Key Point, yaitu Recloser Batu 8. Sedangkan pada penyulang Jupiter terdapat 3 Key Point utama dalam posisi Close, diantaranya adalah LBSM Padang kundur, Recloser Kobel, dan Recloser Sawang. Lalu pada ujung penyulang pluto dan Jupiter saling bertemu dan dipisahkan oleh LBSM Paya Panjang.

Skema yang kali ini dipakai adalah dengan melihat terlebih dahulu Panjang penyulang di setiap key point yang ada, berikut data Panjang masing-masing penyulang dan Panjang per key point yang ada :

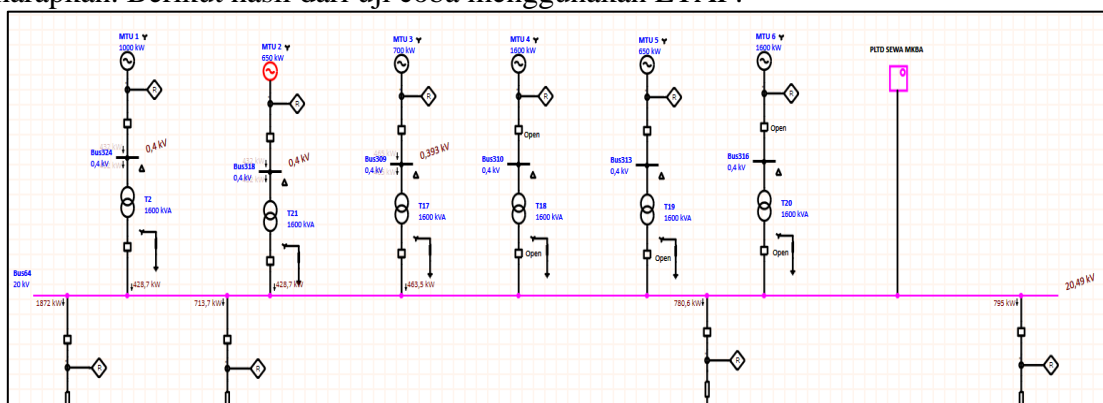
**Tabel 2. Panjang Penyulang**

Penyulang		Panjang Penyulang (KMS)
Pluto	TOTAL	48,85
	PMT	26,75
	RC BATU 8	22,1
Jupiter	TOTAL	36,2
	PMT	14,25
	RC KOBEL	14,05
	RC SAWANG	7,9

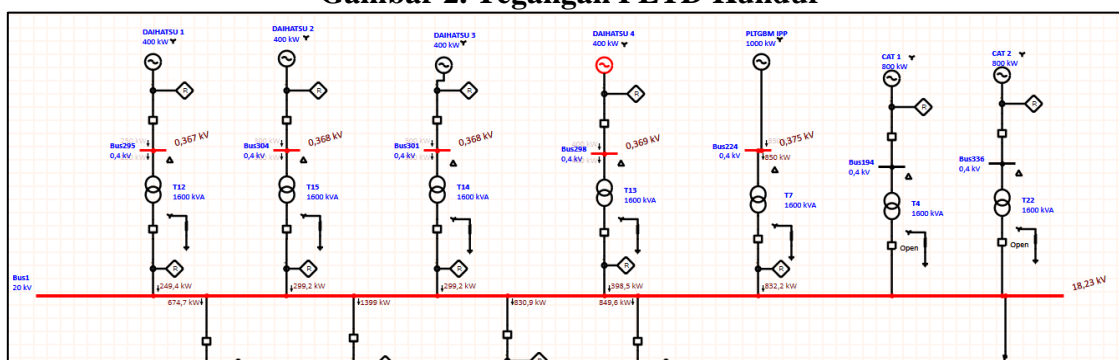
Selanjutnya cara terbaik untuk mengoptimalkan tegangan penyulang pluto, kita akan mencoba melakukan manuver penyulang pluto zona 2 ke penyulang Jupiter zona 3 melalui LBSM Paya Panjang yang semulanya *OPEN* akan menjadi *CLOSE* lalu Recloser Batu 8 yang semulanya *CLOSE* akan berubah menjadi *OPEN* dan membuat ujung dari penyulang pluto dan Jupiter yang semulanya ada di LBSM Paya Panjang berubah menjadi di Recloser Batu 8.

Dari hasil skema tersebut maka penyulang Pluto yang Panjang awalnya 48,85 KMS akan berubah menjadi lebih pendek di 26,75 KMS. Sedangkan penyulang Jupiter yang semulanya ada di 36,2 KMS akan berubah menjadi 58,3 KMS. Dikarenakan pusat pembangkit ada di PLTD Kundur dan Jupiter merupakan bagian dari keluaran penyulang yang ada di PLTD Kundur maka daerah yang sebelumnya bagian dari penyulang Pluto akan memiliki tegangan yang lebih baik dari pada sebelumnya. Hal itu dikarenakan sebelumnya secara tidak langsung Panjang penyulang pluto adalah Panjang penyulang pluto itu sendiri dan ditambah oleh Panjang penyulang Express sebesar 35 KMS untuk menghubungkan PLTD Kundur dan PLTD Tanjung Batu yang membuat panjangnya menjadi 83 KMS.

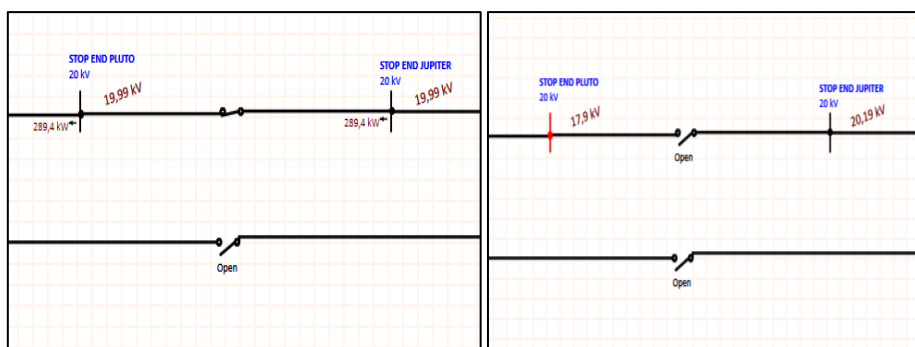
Sebelum melakukan percobaan, maka dilakukan terlebih dahulu uji coba manuver tersebut melalui ETAP agar dapat mengetahui apakah skema tersebut dapat berjalan dengan baik dan dari hasil skema tersebut dapat menghasilkan tegangan yang lebih optimal dari yang di harapkan. Berikut hasil dari uji coba menggunakan ETAP:



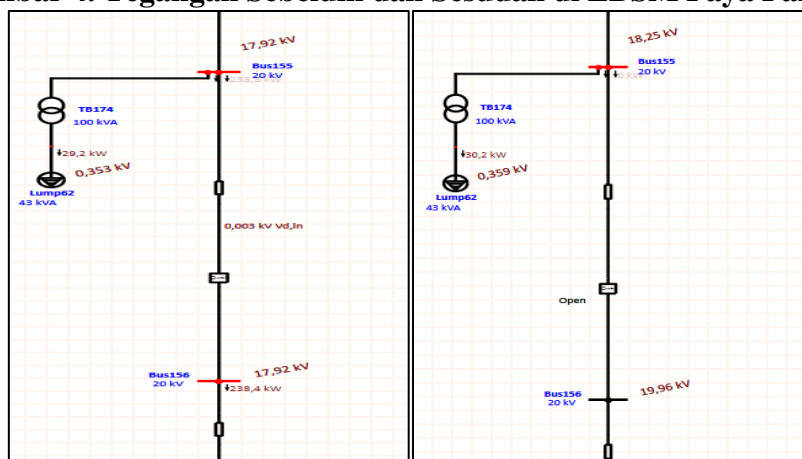
Gambar 2. Tegangan PLTD Kundur



Gambar 3. Tegangan PLTD Tanjung Batu



**Gambar 4. Tegangan Sebelum dan Sesudah di LBSM Paya Panjang**



**Gambar 5 Tegangan Sebelum dan Sesudah di Recloser Batu 8**

Dari hasil yang di lakukan menggunakan ETAP, maka dapat di ambil Kesimpulan sementara bahwa skema manuver dengan memasukkan LBSM Paya Panjang dan membuka Recloser Batu 8 berhasil memperbaiki tegangan stopan pada penyulang Pluto dengan sangat baik. Berikut hasil tabel dari percobaan menggunakan ETAP:

**Tabel 3. Hasil Percobaan dengan ETAP**

Tegangan		Sebelum	Sesudah
LBSM Paya Panjang	Pluto	17,9 kV	19,99 kV
	Jupiter	20,19 kV	
RC Batu 8	Pluto	17,92 kV	18,25 kV
	Jupiter		19,96 kV

## 2. Langkah Pekerjaan Manuver Tanpa Padam

Setelah mendapatkan skema untuk melakukan manuver, maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan percobaan manuver tanpa padam. Hal ini dilakukan agar para pelanggan tidak merasakan dampak padam akibat dari proses manuver tersebut. Sebelum dapat memparalel kedua penyulang tersebut maka kita harus memastikan terlebih dahulu apakah penyulang tersebut sefasa. Untuk mengecek penyulang tersebut sefasa dengan cara mengukur masing-masing RST di stopan penyulang.

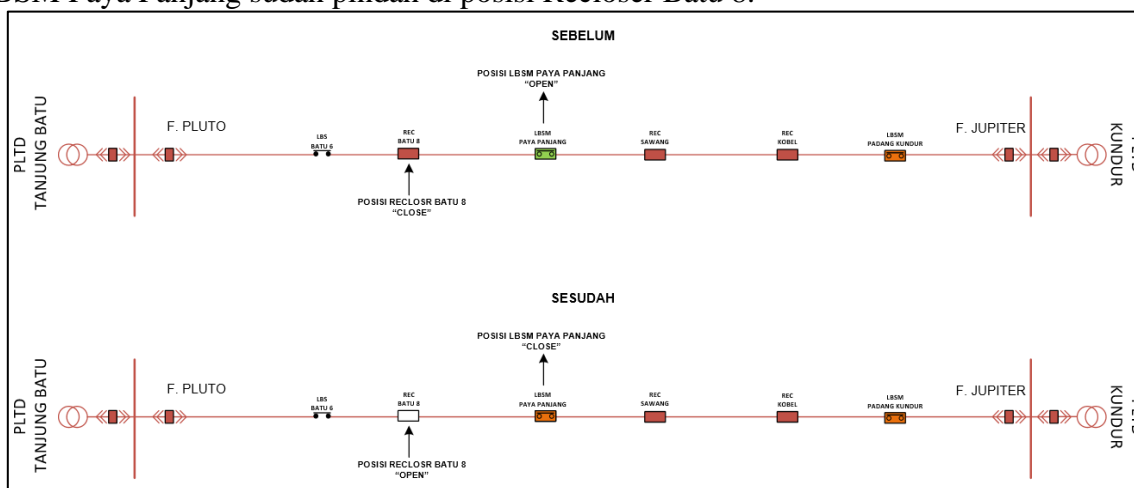
Untuk mengukurnya dengan menggunakan Volt Stik, lalu Fasa R pada penyulang Pluto di paralel dengan Fasa R pada penyulang Jupiter. Jika hasil yang di dapat pada display alat ukur mendekati 0 kV maka dipastikan Fasa tersebut sefasa. Dan Langkah ini di coba di semua fasa RST dan berikut hasil dari pengukurannya:

**Tabel 4. Hasil Pengukuran Fasa-Fasa Jupiter dan Pluto**

PENGUKURAN	TEGANGAN
R - r	795 V
R - s	19,3 kV
R - t	19,3 kV
S - S	795 V
S - r	19,3 kV
S - t	19,3 kV
T - t	795 V
T - r	19,3 kV
T - s	19,3 kV

Dari hasil pengukuran tersebut, didapati ketiga fasa dari masing-masing penyulang tersebut memiliki nilai tegangan yang mendekati 0 kV yang artinya masing-masing RST penyulang tersebut sefasa maka dari itu kita dapat langsung melakukan proses manuver tanpa harus mematikan salah satu penyulang tersebut.

Selanjutnya akan dilakukan proses manuver. Langkah yang dilakukan pertama adalah memasukkan LBSM Paya Panjang sehingga Pluto dan Jupiter akan sinkron, setelah itu melepas Recloser Batu 8. Pada kondisi ini Stopan pada masing-masing penyulang yang semua ada di LBSM Paya Panjang sudah pindah di posisi Recloser Batu 8.

**Gambar 6. Proses Manuver**

Setelah proses manuver selesai, maka dilakukan proses pengukuran Kembali dari tegangan ujung pada masing-masing penyulang. Pada pengambilan tegangan ini dilakukan di Recloser batu 8 karena stopan kedua penyulang tersebut berada di Recloser Batu 8. Berikut hasil dari pengukuran tegangan ujung yang baru:

**Tabel 5. Hasil Pengukuran Setelah proses manuver**

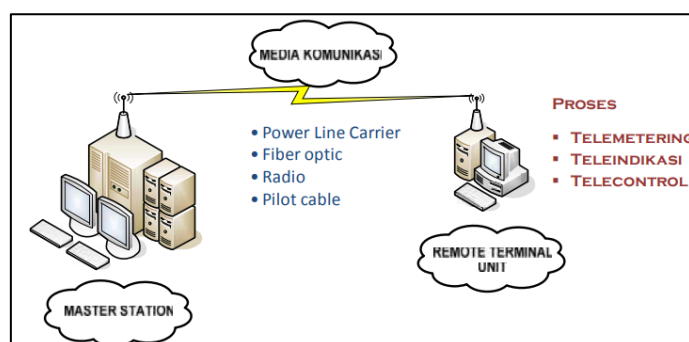
Penyulang	Waktu Pengambilan	Tegangan (kV)		
		R-S	R-T	S-T
Pluto	Siang	19,305	19.196	19,222
Jupiter	Siang	19,761	19,692	19,711

Dari hasil pengukuran yang telah di ambil, tegangan ujung pada penyulang Pluto berhasil menjadi lebih baik yang semula adalah terendah di 18,3 kV menjadi 19,1 kV terendah. Terdapat selisih 0,8 kV antara tegangan sebelum dan sesudah pada stopan penyulang Pluto tersebut. Hasil ini juga selaras dengan percobaan menggunakan ETAP yang

menghasilkan tegangan yang lebih baik, namun pada ETAP memiliki hasil selisih tegangan yang lebih kecil, yaitu di 0,35 kV.

### 3. Manuver Menggunakan SCADA

SCADA (*supervisory control and data acquisition*) merupakan teknologi yang menggabungkan 3 fungsi, diantaranya ialah fungsi pengawasan, fungsi pengendalian dan fungsi pengambilan data jarak jauh (*remote area*) yang terpusat pada suatu tempat yang disebut *control center*. Terdapat master station dan Remote Station. Master station tempat untuk melakukan kontrol dari sistem Scada dan Remote station tempat lokasi dari peralatan yang akan diremote. Prinsip dasar SCADA adalah memantau dan mengendalikan semua peralatan dalam suatu sistem distribusi dari lokasi yang jauh. SCADA mengumpulkan informasi, mentransfernya ke pusat kontrol, dan menyajikan data analisis serta sinyal kontrol (status) pada beberapa layar operator. Dengan terintegrasinya Key Point dengan sistem Scada ini maka akan mempermudah pekerjaan untuk melakukan pengawasan, pengendalian serta pengontrolan jarak jauh.



**Gambar 7. Sistem SCADA**

Key Point yang sudah ada sistem SCADA terdapat RTU (*Remote Terminal Unit*) sebagai tempat untuk memonitor dan melakukan kontrol ke Key Point dan juga terdapat modem sebagai jalur komunikasi. Key Point akan dihubungkan ke RTU dengan kabel kontrol, setelah itu RTU akan dapat membaca indikasi dari Key Point seperti beban, tegangan, status, dan lain-lain. Lalu RTU akan dihubungkan dengan modem sebagai komunikasi antara Master dan Remote. Di dalam modem tersebut terdapat kartu provider GSM yang nantinya akan mengirim sinyal ke BTS (*Base Transceiver Station*) dan akan diteruskan ke master agar dapat dipantau.



**Gambar 8. LBSM Paya Panjang**

Jadi untuk cara kerja dari Key Point dengan sistem Scada dimulai dari dispatcher yang berada di ruang operator atau DCC (*Distribution Control Center*) melakukan pengoperasian baik Open dan Close Key Point tersebut. Dispatcher melakukannya dari melihat HMI (*Human Machine Interface*) yang ada sebagai interface dari sistem ini agar dapat dilakukan pengontrolan. Dispatcher akan memberikan sinyal atau perintah Open lalu sinyal tersebut akan dikirim melalui jalur komunikasi agar sampai di Key Point tersebut. Sebelum masuk ke Key

Point, perintah tersebut masuk ke dalam RTU yang nantinya akan teruskan untuk melakukan kontrol pada Key Point tersebut. Perintah tersebut diterima oleh modem yang menangkap sinyal dengan menggunakan IP (*Internet Protocol*) yang sudah diatur untuk masing-masing RTU pada setiap Key Point, setelah perintah di dapat maka barulah Key Point dapat melakukan aksi dari perintah tersebut berupa Open/Close dan lain sebagainya. Berikut gambar dari salah satu Key Point yaitu LBSM Paya Panjang yang ada di ULP Tanjung Batu sebagai tempat Key Point

Untuk manuver dengan menggunakan SCADA, maka Dispatcher akan melakukan Close LBSM Paya Panjang via HMI, lalu setelah berhasil masuk maka dispatcher lanjut membuka Recloser Batu 8 melalui SCADA. Toleransi kecepatan waktu untuk memberikan perintah ialah 2 menit di luar waktu untuk PLTD mengatur beban dan frekuensi. Jadi untuk melakukan proses manuver ini maka diperlukan waktu sekiranya 5 menit dan hanya memerlukan 1 orang petugas yang mengoperasikan, dalam hal ini adalah dispatcher.

Jika SCADA gagal, maka proses manuver akan berjalan lebih lama dikarenakan petugas harus menuju Lokasi terlebih dahulu. Untuk jarak dari kantor ULP Tanjung Batu ke Recloser Batu 8 adalah 10 menit. Sedangkan untuk menuju LBSM Paya Panjang memerlukan waktu 20 menit. Yang artinya memerlukan waktu 30 menit untuk sampai ke Lokasi. Petugas yang terlibat setidaknya 2 orang petugas, 1 petugas standby di LBSM Paya Panjang, dan 1 petugas di Recloser Batu 8. Proses manuverpun sama yaitu dengan memasukkan terlebih dahulu LBSM Paya Panjang dan membuka Recloser Batu 8 dengan toleransi waktu 2 menit per item pekerjaan, yang artinya memerlukan waktu 35 menit untuk melakukan proses manuver tanpa padam.

Jika dibandingkan antara menggunakan SCADA dan Manual, maka terdapat selisih perbedaan waktu yang digunakan. Jika menggunakan SCADA maka proses manuver akan berjalan lebih kurang 5 menit, sedangkan jika manuver dilakukan secara manual maka akan berjalan waktu lebih kurang 35 menit yang artinya kita dapat melihat terdapat selisih perbedaan waktu sekitar 30 menit antara menggunakan SCADA dan tidak menggunakan SCADA.

## **E. KESIMPULAN**

Cara yang ideal untuk melakukan optimasi tegangan pada penyulang Pluto adalah dengan cara melakukan manuver Zona 2 penyulang Pluto ke penyulang Jupiter melalui LBSM Paya Panjang. Skema dari manuver ini adalah dengan memasukkan LBSM Paya Panjang dan membuka Recloser Batu 8. Hal ini akan membuat panjang penyulang Pluto yang semula adalah 48,85 KMS menjadi 26,75 KMS sedangkan penyulang Jupiter yang semula 36,2 KMS berubah menjadi 58,3 KMS. Langkah yang dilakukan sebelum melakukan proses manuver adalah memastikan tegangan RST masing-masing penyulang sama agar dapat melakukan manuver tanpa padam. Untuk hasil yang didapat menggunakan aplikasi ETAP, tegangan ujung penyulang Pluto adalah 17,9 kV dan setelah dimanuver akan berubah menjadi 18,25 kV, terdapat selisih 0,35 kV. Sedangkan hasil real di lapangan setelah melakukan proses manuver, tegangan ujung pada penyulang Pluto yang semula adalah 18,3 kV berubah menjadi 19,1 kV dan terdapat selisih perbedaan 0,8 kV. Sistem SCADA dapat membantu proses manuver menjadi lebih cepat tanpa harus menuju lapangan. Dengan menggunakan SCADA, terdapat selisih waktu 30 menit untuk melakukan proses manuver dibandingkan dengan manual di lapangan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Abas, N., Dilshad, S., Khalid, A., Saleem, M. S., & Khan, N. (2020). Power quality improvement using dynamic voltage restorer. *IEEE access*, 8, 164325-164339.

- Agustina, F., & Sinaga, D. (2020). Rekayasa Perangkat Lunak Sistem Keuangan Pada Lazismu Kota Semarang. *Jurnal Ilmiah Infokam*, 16(2).
- Ali, M. A., Barakat, M. M., Abokhalaf, M. M., Fadel, Y. H., Kandil, M., Rasmy, M. W., ... & Bahgat, A. (2021). Micro-grid monitoring and supervision: Web-based SCADA approach. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 16(5), 2313-2331.
- Bine, L. M., Boukerche, A., Ruiz, L. B., & Loureiro, A. A. (2023). Connecting Internet of Drones and Urban Computing: Methods, protocols and applications. *Computer Networks*, 110136.
- Fanucchi, R. Z., Bessani, M., Camillo, M. H., Neto, L. D., Soares, A. D. S., de Lima, T. W., ... & Maciel, C. D. (2021). A multi-objective algorithm to determine patrol sequences for out-of-service nodes in power distribution feeders. *Electric Power Systems Research*, 196, 107198.
- Fauziah, D., Agustian, M. W., & Hariyanto, N. (2024). Optimasi Tegangan Jatuh dan Rugi Daya pada Saluran Distribusi 20 KV ULP Sukaraja. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 12(1), 260.
- Fikri, M., MK, I. G., & Mauriraya, K. T. (2023). Analisis Variabel Perubahan Suhu Terhadap Karakteristik Tegangan Tembus Dielektrik Udara. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 22(1), 44-52.
- Gunawan, M. A., & Tasmono, H. (2023). Analisa Susut Teknis Pada Transformator Distribusi Di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) ULP Bawean. *Jurnal Universal Technic*, 2(2), 79-93.
- Hosseinzadeh, N., Aziz, A., Mahmud, A., Gargoom, A., & Rabbani, M. (2021). Voltage stability of power systems with renewable-energy inverter-based generators: A review. *Electronics*, 10(2), 115.
- Ilyas, I., Apri, B. A., Supriyadi, E., & Multi, A. (2022). Analisa Aliran Daya Sistem 20KV Pada Proyek Tujuh Bukit Power System Menggunakan Software Etap 12.6. *SAINSTECH: Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Sains Dan Teknologi*, 32(3), 46-59.
- Jayachandran, M., Rao, K. P., Gatla, R. K., Kalaiivani, C., Kalaiarasy, C., & Logasabarirajan, C. (2022). Operational concerns and solutions in smart electricity distribution systems. *Utilities Policy*, 74, 101329.
- Juandika, B. K., & Suprianto, B. (2023). Analisis Sitem Proteksi Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah 20kV Menggunakan Aplikasi Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) di PT. PLN (Persero) ULP Ngunut. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 12(2), 33-42.
- Li, S., Kong, Q., Cui, Y., Pang, M., Kang, Y., & Wu, G. (2024). Electrothermal Distortion Analysis and Structural Strain Assessment of Vehicle Cable Terminals Under Bending Stresses. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*.
- Liu, X. (2021). Automatic routing of medium voltage distribution network based on load complementary characteristics and power supply unit division. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 133, 106467.
- Masduqi, A., Nanda, F. A., & Adhi, B. W. (2023). Perencanaan Dma Berbasis Iot Untuk Menurunkan Kehilangan Air di Kota Ambon. *Jurnal Teknik Sipil Giratory UPGRI*, 4(1), 59-68.
- Matos, S. P. S., Vargas, M. C., Fracalossi, L. G. V., Encarnação, L. F., & Batista, O. E. (2021). Protection philosophy for distribution grids with high penetration of distributed generation☆. *Electric Power Systems Research*, 196, 107203.
- Nurul, N. F., Asran, A., Salahuddin, S., & Nisa, F. N. F. (2024). Rancang Bangun Troli Belanja Pintar di Supermarket Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, 6(1), 48-57.

- Rizkiana, A. F., & Saputra, Y. M. Perbaikan Jatuh Tegangan dan Rugi Daya dengan Rekonfigurasi Jaringan Sambungan Rumah dan Rekonduktor Jaringan Tegangan Rendah pada Gardu Distribusi MI-44-150-21 PT PLN ULP Magelang Kota. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, 5(1), 1-8.
- Rolim, F. B., Trindade, F. C., & Rider, M. J. (2021). Adaptive protection methodology for modern electric power distribution systems. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, 32(5), 1377-1388.
- Salman, H. M., Pasupuleti, J., & Sabry, A. H. (2023). Review on Causes of Power Outages and Their Occurrence: Mitigation Strategies. *Sustainability*, 15(20), 15001.
- Sheba, M. A., Mansour, D. E. A., & Abbasy, N. H. (2023). A new low-cost and low-power industrial internet of things infrastructure for effective integration of distributed and isolated systems with smart grids. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 17(20), 4554-4573.
- Sheng, C., Yao, Y., Fu, Q., & Yang, W. (2021). A cyber-physical model for SCADA system and its intrusion detection. *Computer Networks*, 185, 107677.
- Spertino, F., Ciocia, A., Mazza, A., Nobile, M., Russo, A., & Chicco, G. (2022). Voltage control in low voltage grids with independent operation of on-load tap changer and distributed photovoltaic inverters. *Electric Power Systems Research*, 211, 108187.
- Thamrin, N., Suprpto, E., & Hadi, P. (2024). Tinjauan Awal Penyulang Palem di PT. PLN (PERSERO) UIWS2JB UP3 Jambi Menggunakan Software ETAP. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 6(1), 1-4.
- Zhu, J., Darma, M. S. D., Knapp, M., Sørensen, D. R., Heere, M., Fang, Q., ... & Ehrenberg, H. (2020). Investigation of lithium-ion battery degradation mechanisms by combining differential voltage analysis and alternating current impedance. *Journal of Power Sources*, 448, 227575.