

# Perencanaan Rekonfigurasi Penyulang Mojoanyar Dengan Pengalihan Beban Ke Penyulang Elkishi Di Daerah Kawasan Industri Mojosari Pada PT PLN (Persero) UP3 Mojokerto

Mochammad Mieftah<sup>\*a)</sup>, Heri Sungkowo<sup>a)</sup>, Mudjiono<sup>a)</sup>

(Artikel diterima: Agustus 2022, direvisi: Oktober 2022)

**Abstract:** Mojosari is a customer area consisting of industrial customers and high power customers. Currently, the demand for electrical energy in the area is supported by the Mojoanyar Feeder, which is supplied by the Transformer I Pulling Substation I with a capacity of 30 MVA. The reconfiguration of the feeder was carried out for several reasons, one of which was the addition of power from an industrial customer in the Mojoanyar Feeder area of PT PLN (Persero) ULP Mojokerto, namely PT Sinar Karya Duta Abadi (Arwana). If there is additional power, the additional load capacity also increases in a feeder. If the load capacity increases, the current flowing in the conductor also increases. It can be seen from the loading data in February 2021 that the maximum current flowing in the Mojoanyar Feeder during the day is 210 A, the maximum current flowing in the Mojoanyar Feeder at night is 215 A. And if there is a disturbance near the area, the Mojoanyar Feeder will not maneuver because the load is close to the maximum. Therefore, PT PLN (Persero) ULP Mojokerto plans a reconfiguration of the feeder by transferring the burden of the Mojoanyar feeder. The analysis was carried out using the simulation program ETAP Power Station 12.6.0. and manual calculations according to standards. After being reconfigured, the Mojoanyar Feeder experienced a decrease in the value of the voltage drop from 8.78% to 7.86%. Mojoanyar feeders experienced a decrease in losses of 5.84% compared to before the reconfiguration of 10.4%.

**Keywords:** Reconfiguration, Loading, Drop Voltage, Losses, ETAP Simulation.

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Mojosari merupakan daerah yang mayoritas pelanggannya adalah pelanggan industri dan pelanggan berdaya besar. Kondisi saat ini, kebutuhan energi listrik untuk daerah tersebut ditopang oleh Penyulang Mojoanyar. Rekonfigurasi penyulang dilakukan karena adanya penambahan daya dari suatu pelanggan industri di wilayah Penyulang Mojoanyar PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Mojokerto yaitu PT Sinar Karya Duta Abadi (Arwana). Selain itu, Penyulang Mojoanyar merupakan penyulang yang menyuplai daerah kawasan industri yang harus dijaga keandalannya dan tidak boleh sering padam. Dapat dilihat dari data pembebanan pada bulan Februari 2021 arus maksimal yang mengalir pada Penyulang Mojoanyar pada saat siang hari sebesar 210 A. Sedangkan, arus maksimal yang mengalir pada penyulang mojoanyar pada saat malam hari sebesar 215 A. Dan apabila ada penyulang terdekat dari Penyulang Mojoanyar terjadi gangguan maka Penyulang Mojoanyar tidak dapat melakukan manuver.

Penyulang Elkishi dipilih sebagai penyulang yang akan direkonfigurasi dengan Penyulang Mojoanyar karena apabila dilihat dari SLD Geografis, Penyulang Elkishi merupakan Penyulang yang terdekat dengan Penyulang Mojoanyar. Oleh karena itu, agar tetap memberikan pelayanan yang terbaik, PT PLN (Persero) ULP Mojokerto merencanakan adanya rekonfigurasi penyulang dengan melakukan pengalihan beban Penyulang Mojoanyar ke Penyulang Elkishi.

Adapun aspek yang akan dievaluasi yaitu evaluasi profil tegangan dan susut daya (losses) pada setiap penyulang. Nantinya akan dilakukan analisis aliran daya (Analisis aliran daya dilakukan dengan simulasi menggunakan program ETAP Power Station

12.6.0) dan perhitungan manual. Dengan adanya rekonfigurasi penyulang ini diharapkan mempersiapkan Penyulang Mojoanyar untuk penambahan beban di masa yang akan datang. Sehingga PT PLN (Persero) ULP Mojokerto merencanakan untuk melakukan rekonfigurasi penyulang serta perluasan jaringan dengan melakukan pengalihan beban Penyulang Mojoanyar yang akan dialihkan ke Penyulang Elkishi.

### 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perencanaan Penyulang Mojoanyar dan Penyulang Elkishi untuk rekonfigurasi penyulang?
2. Bagaimana drop tegangan pada Penyulang Mojoanyar dan Penyulang Elkishi sebelum dan sesudah adanya rekonfigurasi penyulang?
3. Bagaimana losses pada Penyulang Mojoanyar dan Penyulang Elkishi sebelum dan sesudah adanya rekonfigurasi penyulang?

### 1.3 Tujuan

1. Menentukan perencanaan Penyulang Mojoanyar dan Penyulang Elkishi untuk rekonfigurasi penyulang.
2. Menganalisa drop tegangan pada Penyulang Mojoanyar dan Penyulang Elkishi sebelum dan sesudah adanya rekonfigurasi penyulang.
3. Menganalisa losses pada Penyulang Mojoanyar dan Penyulang Elkishi sebelum dan sesudah adanya rekonfigurasi penyulang.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Jaringan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke

\* Korespondensi: [m.mieftah@polinema.ac.id](mailto:m.mieftah@polinema.ac.id)

a) Jurusan Teknik Elektro, Polinema.

Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

konsumen. Dimana konsumen tenaga listrik terdiri dari pelanggan umum, pelanggan industri, pelanggan bisnis, dan lain – lain. Penyaluran Tenaga listrik bermula dari pembangkit tenaga listrik yang memiliki nilai tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan trafo step up menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, di mana dalam hal ini kerugian daya atau panas adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ( $I^2.R$ ). Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan menjadi 20 kV dengan trafo step down pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen.

## 2.2 Jaringan Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban.

Pada Jaringan Sistem Distribusi Primer terdapat 5 jenis dasar yaitu : Jaringan distribusi radial, jaringan distribusi loop, jaringan distribusi jarring – jarring, jaringan distribusi spindle, jaringan radial interkoneksi.

## 2.3 Rekonfigurasi

Rekonfigurasi sistem jaringan distribusi merupakan proses merubah suatu jaringan karena suatu alasan yang digunakan untuk mengoptimalkan aliran energi sistem tenaga listrik dan mengurangi rugi – rugi sistem tenaga listrik. Rekonfigurasi dapat merubah parameter – parameter sistem distribusi tenaga listrik antara lain seperti, arus dan impedansi. Akibat perubahan parameter tersebut, berpengaruh pada losses, jatuh tegangan, keseimbangan arus, arus hubung singkat pada suatu penyulang.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan rekonfigurasi suatu penyulang:

### 1. Arus beban

Rekonfigurasi penyulang dilakukan dengan melihat terlebih dahulu arus dari suatu penyulang yang akan diberi beban suatu penyulang. Salah satu cara merekonfigurasi penyulang dilakukan dengan memindahkan sebagian beban penyulang yang berbeban besar ke penyulang yang berbeban kecil. Sehingga, kondisi pembebanan pada masing – masing penyulang merata dan tidak mengalami kondisi beban berlebih dalam satu penyulang.

### 2. Jenis beban

Rekonfigurasi penyulang dilakukan juga harus memperhatikan jenis beban, karena pelanggan tenaga listrik sangat bervariasi. Pelanggan tenaga listrik yang terdiri dari pelanggan rumah tangga, pelanggan industri, dan lain – lain. Setiap pelanggan tenaga listrik memiliki faktor pembebanan yang berbeda – beda. Sehingga, apabila dilakukan rekonfigurasi harus dilihat jenis bebannya terlebih dahulu.

## 3. Jatuh Tegangan

Rekonfigurasi penyulang dapat merubah nilai jatuh tegangan karena adanya perubahan impedansi dan arus yang mengalir pada penyulang tersebut. Rekonfigurasi penyulang dilakukan untuk mengantisipasi dan memperbaiki suatu jaringan yang jatuh tegangannya sudah mendekati standar yang berlaku. Standar jatuh tegangan yang digunakan yaitu SPLN 72:1987 tentang spesifikasi dan desain untuk JTM dan JTR, dimana turun tegangan pada JTM yang diperbolehkan 5% dari tegangan sistem.

## 2.4 Simulasi ETAP

Program ETAP (Electric Transient Analysis Program) Power Station merupakan suatu software (perangkat lunak) yang digunakan suatu sistem tenaga listrik. Perangkat ini dapat bekerja dalam keadaan offline yaitu untuk simulasi tenaga listrik, dan juga dalam keadaan online untuk pengelolaan data real time. Selain itu, perangkat ini dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis.

Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan dengan menggunakan ETAP antara lain : Aliran daya, hubung singkat, jatuh tegangan, motor starting, arc flash, harmonics power systems, dan kestabilan transien.

## 3. Metodologi

### 3.1 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, tahapan-tahapan yang dilakukan secara berurutan dan disusun secara sistematis dengan tujuan mendapatkan keterhubungan antara data dan informasi yang diperoleh dengan hasil yang ingin didapat. Oleh karena itu, dalam penulisan Laporan Akhir menggunakan metode-metode yang diterapkan dalam hal ini antara lain:

#### a. Wawancara

Wawancara dilakukan sebagai tahap awal pada proses pengambilan data, dengan cara melakukan tanya jawab secara langsung dengan petugas atau staf di PT. PLN (Persero) UP3 Mojokerto mengenai data-data yang diperlukan guna mengerjakan laporan akhir ini.

#### b. Studi Literatur

Studi literatur yaitu cara dengan mempelajari literatur-literatur yang berkaitan dan menjadi referensi untuk penunjang topik permasalahan yang hendak diangkat bertujuan untuk menambah wawasan penulis. Beberapa referensi yang digunakan penulis antara lain diantaranya ada standar-standar yang mengacu pada SPLN, modul ajar transmisi dan distribusi tenaga listrik, jurnal-jurnal yang terkait dengan laporan akhir ini.

#### c. Observasi Data

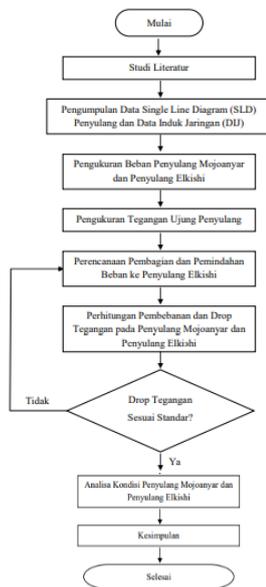
Observasi atau survei lapangan adalah pengamatan penulis yang dilakukan secara langsung pada kondisi riil dari objek yang dibahas. Hal ini bertujuan untuk memperoleh informasi atau tempat penelitian yang dipilih. Data diambil di PT. PLN (Persero) UP3 Mojokerto.

## 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Analisis yang penulis gunakan sebagai tempat penelitian sekaligus tempat pengambilan data yaitu berasal dari PT. PLN (Persero) UP3 Mojokerto. Dengan waktu penelitian yaitu dimulai pada bulan Januari 2021 hingga Juli 2021.

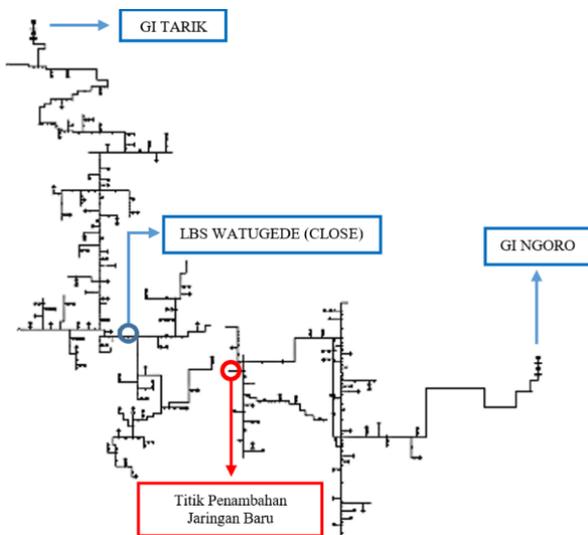
## 3.3 Langkah Pengerjaan

Pengerjaan Laporan Akhir ini dilaksanakan dengan melalui beberapa langkah agar dapat dikerjakan secara efektif dan efisien, sesuai dengan arahan dari pembimbing.

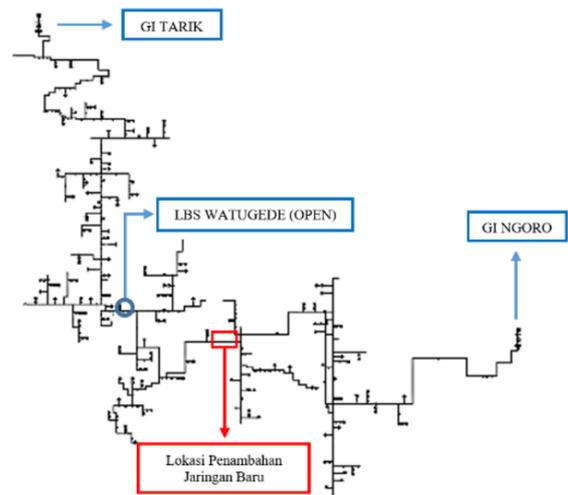


Gambar 3.1 Diagram Kerja Pengerjaan Laporan Akhir

#### 4. Pembahasan



Gambar 4.1 Penyulang Mojoanyar dan Penyulang Elkishi (Existing)



Gambar 4.2 Penyulang Mojoanyar dan Penyulang Elkishi (Baru)

Pada bagian ini akan dibahas mengenai perhitungan manual berdasarkan arus terukur dan berdasarkan kondisi existing simulasi ETAP.

#### 4.1 Perhitungan Manual dengan Data Arus Terukur

Penyulang Mojoanyar merupakan salah satu penyulang dari outgoing Gardu Induk Tarik, transformator 1 yang berkapasitas 30 MVA. Penyulang Mojoanyar memiliki panjang penyulang 50,14 kMS. Penyulang Mojoanyar menggunakan penghantar jenis All Aluminium Alloy Conduktor dengan ukuran 120 mm<sup>2</sup>.

Perhitungan untuk rugi-rugi daya dan jatuh tegangan dapat dilakukan dengan data-data yang telah di dapatkan.

##### Rugi Daya

Panjang Saluran (l) = 50,14 kMS

Luas penampang penghantar = 120 mm<sup>2</sup>

Resistansi = 0,2688 Ω/km

Reaktansi = 0,345 Ω/km

Frekuensi = 50 Hz

Cosφ = 0,85

Arus = 229 A

Rugi daya = (Arus)<sup>2</sup> x Resistansi

Rugi daya = (229)<sup>2</sup> x 0,2688

Rugi daya = 14.096,14 Watt

Dengan panjang saluran = 50,14 kMS maka ;

Rugi daya = 14.096,14 x 50,14

Rugi daya = 706.773,44 Watt

Daya Penyulang =  $\sqrt{3} \times I \times kV \times \cos\phi$

Daya Penyulang =  $\sqrt{3} \times 229 \times 20 \times 0,85$

Daya Penyulang = 6.734,89 kWatt

$$\% \text{ Rugi daya} = \frac{\text{Losses penyulang}}{\text{daya penyulang}} \times 100$$

$$\% \text{ Rugi daya} = \frac{706,77344}{6.734,89} \times 100$$

$$\% \text{ Rugi daya} = 10,4 \%$$

Besar prosentase rugi – rugi pada Penyulang Mojoanyar (Existing) sebesar 10,4%

##### Drop Tegangan

Sebelum menghitung nilai *drop* tegangan diperlukan nilai arus primer dari Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Dalam menghitung nilai arus beban puncak, dapat diketahui dari data pembebanan Transformator Gardu Induk. Melalui data ini, arus waktu beban puncak diolah untuk mendapatkan nilai arus total waktu beban puncak. Setelah itu, baru dapat diketahui nilai factor beban waktu beban puncak. Faktor beban ini kemudian yang akah digunakan untuk mengetahui nilai arus seimbang pada masing-masing Gardu Trafo Tiang. Berikut perhitungan nilai arus waktu beban puncak, yaitu :

BEBAN PUNCAK (A)	TOTAL DAYA TERPASANG (KVA)		TOTAL ARUS TERPASANG		FAKTOR BEBAN LWBP	FAKTOR BEBAN WBP
	LWBP	WBP				
195	210	13200	381	0,51	0,55	

Arus beban puncak didapatkan dari Data Pembebanan GI Desember 2018

$$LF \text{ LWBP} = \frac{\text{Beban Puncak LWBP (A)}}{\text{Total Arus Terpasang (A)}} = \frac{195}{381} = 0,51$$

$$LF \text{ WBP} = \frac{\text{Beban Puncak WBP (A)}}{\text{Total Arus Terpasang (A)}} = \frac{210}{381} = 0,55$$

Selama pelaksanaan kegiatan inspeksi dan pemeliharaan kegiatan "Perencanaan Rekonfigurasi Penyulang dengan Pengalihan Beban ke Penyulang Elkishi di Daerah Kawasan Industri Mojosari pada PT. PLN (Persero)" memberikan dampak dalam penurunan losses teknis penyulang mojoanyar di UP3 Mojokerto, yakni sebagai berikut:

Tabel 4.1 Perbandingan Drop Tegangan Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi (Perhitungan)

Nama	V (kV)	V ujung (kV)	% Drop Tegangan
Mojoanyar (Existing)	1,81	18,79	8,78 %
Mojoanyar (Baru)	1,62	18,98	7,86 %
Elkishi (Existing)	1,54	19,06	7,47 %
Elkishi (Baru)	2,66	17,94	12,91 %

Dari data drop tegangan hasil perhitungan pada tabel di atas dapat diketahui bahwa, Penyulang Mojoanyar mengalami penurunan nilai drop tegangan setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang yaitu yang semula 8,78 % menjadi 7,86 %. Namun nilai drop tegangan masih tidak sesuai dengan standar PLN pada SPLN 72 tahun 1987 di mana drop tegangan yang diperbolehkan adalah hingga 5% untuk sistem jaringan distribusi radial.

Di samping itu, Penyulang Elkishi mengalami kenaikan nilai drop tegangan setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang yaitu yang semula 7,47 % menjadi 12,91 %. Nilai drop tegangan masih tidak sesuai dengan standar PLN pada SPLN 72 tahun 1987 di mana drop tegangan yang diperbolehkan adalah hingga 5% untuk sistem jaringan distribusi radial.

Tabel 4.2 Perbandingan Drop Tegangan Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi (Simulasi ETAP)

Nama	V (kV)	V ujung (kV)	% Drop Tegangan
Mojoanyar (Existing)	2,869	16,700	14,661 %
Mojoanyar (Baru)	1,594	18,162	8,068 %
Elkishi (Existing)	0,494	19,469	2,474 %
Elkishi (Baru)	0,905	19,036	4,538 %

Dari data drop tegangan hasil simulasi ETAP pada tabel di atas dapat diketahui bahwa, Penyulang Mojoanyar mengalami penurunan nilai drop tegangan setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang yaitu yang semula 14,661 % menjadi 8,068 %. Namun nilai drop tegangan masih tidak sesuai dengan standar PLN pada SPLN 72 tahun 1987 di mana drop tegangan yang diperbolehkan adalah hingga 5% untuk sistem jaringan distribusi radial.

Di samping itu, Penyulang Elkishi mengalami kenaikan nilai drop tegangan setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang yaitu yang semula 2,474 % menjadi 4,538 %. Namun nilai drop tegangan masih sesuai dengan standar PLN pada SPLN 72 tahun 1987 di mana drop tegangan yang diperbolehkan adalah hingga 5% untuk sistem jaringan distribusi radial.

Tabel 4.3 Perbandingan Losses Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi (Perhitungan)

Nama	Losses kWatt	Losses %
Mojoanyar (Existing)	706,84	10,4 %
Mojoanyar (Baru)	361,17	5,84%
Elkishi (Existing)	199,79	4,31%
Elkishi (Baru)	442,75	7,39 %

Dari data losses hasil perhitungan pada tabel di atas dapat diketahui bahwa, Penyulang Mojoanyar mengalami penurunan nilai losses setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang yaitu yang semula 10,4 % menjadi 5,84 %. Sehingga nilai losses sesuai dengan SPLN di mana toleransi prosentase losses adalah  $\pm 10$  % dari daya yang dikirimkan.

Di samping itu, Penyulang Elkishi mengalami kenaikan nilai losses setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang yaitu yang semula 4,31 % menjadi 7,39 %. Namun nilai losses masih sesuai dengan di mana toleransi prosentase losses adalah  $\pm 10$  % dari daya yang dikirimkan.

Tabel 4.4 Perbandingan Losses Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi (Simulasi ETAP)

Nama	Losses kWatt	Losses %
Mojoanyar (Existing)	1277,3	18,96 %
Mojoanyar (Baru)	447,8	7,52 %
Elkishi (Existing)	55,8	1,20 %
Elkishi (Baru)	141,0	2,35 %

Dari data losses hasil simulasi ETAP pada tabel di atas dapat diketahui bahwa, Penyulang Mojoanyar mengalami

penurunan nilai losses setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang yaitu yang semula 18,96 % menjadi 7,52 %. Sehingga nilai losses sesuai dengan SPLN di mana toleransi prosentase losses adalah  $\pm 10$  % dari daya yang dikirimkan.

Di samping itu, Penyulang Elkishi mengalami kenaikan nilai losses setelah dilakukan rekonfigurasi penyulang yaitu yang semula 1,20 % menjadi 2,35 %. Namun nilai losses masih sesuai dengan SPLN di mana toleransi prosentase losses adalah  $\pm 10$  % dari daya yang dikirimkan.

Berikut perencanaan konstruksi dan jaringan rekonfigurasi setelah dilakukan survey lapangan:

Tabel 4.5 Kebutuhan Konstruksi Rekonfigurasi

No.	KONSTRUKSI	JUMLAH
1	MVTIC 1	22
2	MVTIC 2	1
3	MVTIC 4	2
4	MVTIC 5	1
5	MVTIC 150 MM	967

Dari gambar di atas kita dapat mengetahui jalur jaringan rekonfigurasi yang akan dibangun dari Gardu Induk NIP Ngoro 150 kV, panjang jalur jaringan SUTM baru yang akan dibangun keseluruhan memiliki panjang 0,967 kms. Adapun jumlah tiang TM yang digunakan sebanyak 26 buah tiang dengan panjang 13 meter tiang baru. Untuk jenis konstruksi dari Medium Voltage Twisted Insulated Cable (Mvtic) terdiri dari 22 buah tiang tipe Mvtic-1, 1 buah tiang tipe Mvtic 2, 2 buah tiang tipe Mvtic-4, 1 buah tiang tipe Mvtic-5.

Selama pelaksanaan kegiatan "Perencanaan Rekonfigurasi Penyulang Mojoanyar dengan Pengalihan Beban ke Penyulang Elkishi di Daerah Kawasan Industri Mojosari pada PT. PLN (Persero) UP3 Mojokerto" terjadi penurunan losses teknis penyulang mojoanyar sangat signifikan. Untuk evaluasi dengan losses sebelum rekonfigurasi penyulang 14.096,14 watt setelah rekonfigurasi menjadi 9,286,41 watt. Dengan penurunan losses tersebut juga menurunkan nilai persentase losses sebesar 5,84 % dibandingkan sebelum rekonfigurasi 10,4 %, yang di mana jika dirupiahkan sebesar Rp. 336.632.293,- (Harga rata rata Rp/kWh Rp 1.196,80,- di bulan Maret 2021).

Tabel 4.6 Saving kWh Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi

Nama	Losses kWatt	Losses %
Mojoanyar (Existing)	706,84	10,4 %
Mojoanyar (Baru)	361,17	5,84%
Saving kWh	390,66	Rp336.632.294

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

1. Rekonfigurasi penyulang tersebut dilakukan untuk mengurangi beban dan memperpendek jaringan pada penyulang Mojoanyar. Rekonfigurasi tersebut dilakukan dengan cara melakukan pengalihan beban pada sebagian

beban Penyulang Mojoanyar ke Penyulang Elkishi. Penyulang Elkishi dipilih sebagai penyulang yang akan direkonfigurasi dengan Penyulang Mojoanyar dikarenakan:

- a. Penyulang Elkishi merupakan Penyulang yang terdekat dengan Penyulang Mojoanyar.
- b. Apabila dilihat dari kondisi pembebanan, Penyulang Elkishi masih memiliki kondisi pembebanan yang ideal.

Adapun aspek yang akan dievaluasi yaitu evaluasi profil tegangan dan susut daya (losses) pada setiap penyulang. Dari hasil analisis ini dapat diketahui bagian jaringan yang kondisinya di bawah nilai yang ditoleransi (tidak sesuai dengan standar yang berlaku). Adapun standar yang digunakan sebagai acuan yaitu:

- a. SPLN 72:1987 tentang spesifikasi dan desain untuk JTM dan JTR (Turun tegangan pada JTM diperbolehkan 5% dari tegangan sistem).
  - b. SPLN tentang toleransi prosentase losses yaitu sebesar  $\pm 10$ % dari daya yang dikirimkan.
2. Pada hasil analisa kondisi pembebanan dan drop voltage, didapatkan hasil sebagai berikut:
- a. Sebelum dilakukan rekonfigurasi, Penyulang Mojoanyar memiliki kondisi pembebanan sebesar 229 A dan drop voltage sebesar 8,78%.
  - b. Sebelum dilakukan rekonfigurasi, Penyulang Elkishi memiliki nilai pembebanan sebesar 157,34 A dan drop voltage sebesar 7,47%.
  - c. Setelah dilakukan rekonfigurasi, Penyulang Mojoanyar memiliki kondisi pembebanan sebesar 202 A dan drop voltage sebesar 7,86%. Sedangkan Penyulang Elkishi memiliki nilai pembebanan sebesar 203 A dan drop voltage sebesar 12,91%. Kondisi drop tegangan pada Penyulang Mojoanyar maupun Penyulang Elkishi setelah pengalihan beban tidak sesuai dengan standar pada SPLN 72:1987. Akibat dari drop tegangan yang tidak sesuai standar tersebut, rugi-rugi daya akan semakin besar yang secara langsung dapat merugikan PT PLN (Persero) sebagai penyedia tenaga listrik di Indonesia.
3. Pada hasil analisa kondisi losses, didapatkan hasil sebagai berikut:
- a. Sebelum dilakukan rekonfigurasi, Penyulang Mojoanyar memiliki losses sebesar 10,4%.
  - b. Sebelum dilakukan rekonfigurasi, Penyulang Elkishi memiliki losses sebesar 4,31%.
  - c. Setelah dilakukan rekonfigurasi, Penyulang Mojoanyar memiliki losses sebesar 5,84%. Sedangkan Penyulang Elkishi memiliki losses sebesar 7,39%. Kondisi losses pada Penyulang Mojoanyar maupun Penyulang Elkishi setelah pengalihan beban sesuai dengan standar pada SPLN tentang toleransi prosentase losses yaitu sebesar  $\pm 10$ % dari daya yang dikirimkan. Akibat dari losses yang menurun dari sebelumnya, akan menguntungkan PT PLN (Persero) sebagai penyedia tenaga listrik di Indonesia karena daya yang dikirim dapat maksimal sehingga pemasukan finansial juga bertambah.
4. Setelah dilakukan rekonfigurasi, Penyulang Mojoanyar mengalami penurunan losses di mana nilai persentase losses sebesar 5,84% dibandingkan sebelum rekonfigurasi yaitu

10,4%, yang mana apabila dirupiahkan sebesar Rp. 336.632.293,-.

5. Terdapat penambahan beberapa konstruksi dan jaringan untuk rekonfigurasi penyulang tersebut. Penambahan jaringan menggunakan MVTIC dengan luas penampang 150mm<sup>2</sup> dengan total panjang jalur jaringan baru yang akan dibangun yaitu 0,967 kms. Adapun penambahan konstruksi tiang TM yang digunakan sebanyak 26 buah tiang dengan panjang 13 meter tiang baru dengan jenis konstruksi dari Medium Voltage Twisted Insulated Cable (MVTIC) yang terdiri dari:
- 22 buah tiang tipe MVTIC-1
  - 1 buah tiang tipe MVTIC-2
  - 2 buah tiang tipe MVTIC-4
  - 1 buah tiang tipe MVTIC-5

## 5.2 Saran

Penyulang Mojoanyar dan Penyulang Elkishi masih memiliki drop tegangan di atas batas maksimal SPLN 72:1987 yaitu di atas 5%. Diharapkan ke depannya dapat diturunkan agar sesuai dengan SPLN 72:1987 serta kualitas tegangan PT PLN (Persero) UP3 Mojokerto dapat semakin membaik.

## Daftar Pustaka

- [1] Anang Dasa Novfowan, Mochammad Mieftah, Wijaya Kusuma. *Perencanaan Pasokan Listrik pada Daerah Pengembangan Industri dengan Rekonfigurasi Penyulang*. Prodi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia. Vol. 4, No. 1. (2020).
- [2] Jamaah, Ahmad. *Analisa Beban Section untuk Menentukan Alternatif Manuver Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang BRG-3 PT PLN (Persero) Unit Layanan Salatiga*. Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang. Vol. 2, No. 3 Desember 2013: 159 – 158.
- [3] IEC 60255-151: *Measuring relays and protection equipment - Part 151: Functional requirements for over/under current protection*. (2009).
- [4] IEC 282-2: *High-voltage fuses - Part 2: Expulsion and similar fuses*. (1970).
- [5] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku PLN 1 Kriteria Disain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta. 2010.
- [6] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku PLN 2 Standar Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta. 2010.
- [7] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku PLN 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta. 2010.
- [8] PT. PLN (Persero). 2010. *Buku PLN Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta. 2010.
- [9] Sarimun, Wahyudi. 2016. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Depok: Garamond.
- [10] SPLN 42 -10: 1986. *Kabel Pilin Udara Tegangan Pengenal 0,6/1kV*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta. 1986.
- [11] SPLN 72: 1987. *Spesifikasi Desain untuk jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta. 1987.
- [12] SPLN 59: 1985. *Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta. 1985.
- [13] SPLN 64: 1985. *Petunjuk Pemilihan Pelebur dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta. 1985.
- [14] SPLN 43-5,6: 1995. *Kabel Tanah Inti Tiga Berisolasi XLPE Dan Berselubung PE/PVC Berpenghantar Konsentris Dengan Atau Tanpa Perisai Tegangan Pengenal 3,6/6 (7,2) kV S/D T2/20 (24) kV*. Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta. 1995.
- [15] Suhadi, dkk. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [16] Suhadi, dkk. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [17] Suhadi, dkk. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [18] Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor 0017.E/DIR/2014 tentang Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Asset.
- [19] Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor 0018.E/DIR/2014 tentang Metode Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah Berbasis Kaidah Manajemen Asset.
- [20] Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor 040.E/152/DIR/1999 tentang Manajemen Pemeliharaan Distribusi.
- [21] Keputusan General Manager Distribusi Jawa Timur nomor 0131.K/GM.DIST-JATIM/2013 tanggal 11 Oktober 2013 tentang Pemberlakuan Konstruksi Jaringan Distribusi.
- [22] Surat Perintah Kerja Nomor 0176.Pj/HKM.00.01/UID-JATIM/2018 tentang Pekerjaan Pelayanan Operasi dan Pemeliharaan Distribusi Tenaga Listrik di Lingkungan PT. PLN (Persero) Unit Induk Distribusi Jawa Timur UP3 Mojokerto.
- [23] Suswanto. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- [24] Taqiyudin. (2006). *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Malang: Fakultas Teknik Elektro Universitas Islam Malang.