

Pengaruh Panjang Jaringan Terhadap Drop Tegangan Pada Penyulang Duku dan Kurma PT. PLN (Persero) ULP Rumbia

Yenni Afrida¹, Ghaffaar Ari Satrya², Jeckson³

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung

Jl. Z.A Pagar Alam No.14 Bandar Lampung

¹yenni.afrida@uml.ac.id

Intisari — Drop tegangan pada sistem distribusi dapat terjadi pada jaringan tegangan menengah (JTM), transformator distribusi, jaringan tegangan rendah (JTR) dan saluran rumah. Drop tegangan pada jaringan menyebabkan distribusi tidak optimal serta meningkatkan kerugian daya. PT. PLN (Persero) ULP Rumbia memiliki dua buah Penyulang dengan karakteristik jaringan radial murni bersumber dari Gardu Induk Seputih Banyak. Panjang jaringan Penyulang Duku memiliki tegangan 96,8 KMS dengan beban 150 A sedangkan panjang jaringan Penyulang Kurma 207.21 kV dengan beban 155 A. Rekonfigurasi jaringan dari Gardu Induk Dente Teladas dilakukan untuk memperpendek panjang jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung drop tegangan yang terjadi pada Penyulang Duku dan Kurma sebelum dan sesudah dilakukan konfigurasi jaringan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitas untuk membandingkan hasil perhitungan dengan standar drop tegangan yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero). Setelah dilakukan rekonfigurasi pada Penyulang Duku dan Kurma terdapat kenaikan tegangan ujung yang mengindikasikan perbaikan. Dari hasil perhitungan sebelum penambahan jaringan pada Penyulang Duku, tegangan diujung terima 19.5 kV dengan drop tegangan 7.1 %, dan pada Penyulang Kurma didapatkan tegangan pada ujung saluran sebesar 17 kV dengan drop tegangan 19 %. Hal ini jelas tidak sesuai lagi dengan TMP setempat, dan memerlukan kajian lebih lanjut untuk mengatasi permasalahan ini. Tegangan pada kedua Penyulang tersebut melalui proses step up dengan menggunakan OLTC (On Load Tap Changer) Tegangan Menengah sehingga tegangan masing-masing Penyulang menjadi antara 19.86 kV hingga 20.16 kV.

Kata kunci — Jaringan Tegangan Menengah, Drop tegangan, Penyulang, Panjang Jaringan, Penghantar AAAC

Abstract — Voltage drops on the distribution system can occur on the medium voltage network (JTM), distribution transformers, low voltage networks (JTR) and home channels. Voltage drops on the network cause inoptimal distribution as well as increased power losses. PLN (Persero) ULP Rumbia has two repeaters with the characteristics of pure radial tissue originating from the Seputih Banyak Substation. The length of the Duku Repeat network has a voltage of 96.8 KMS with a load of 150 A while the Kurma Repeat network length is 207.21 kV with the load of 155 A. Network reconfiguration of the Dente Teladas Substation is done to shorten the length of the network. The study aims to calculate the voltage drops that occurred on Duku and Kurma repeaters before and after network configuration. This study uses quantitative methods to compare the results of the calculation with the voltage drop standard set by PT. PLN (Persero). After reconfiguration on the Duku and Kurma repeaters there is an increase in end voltage indicating improvement. From the calculations before the addition of the network on the Duku repeat, the voltage at the end received 19.5 kV with a 7.1% drop voltage, and on the Kurma repeat a voltage on the end of the channel of 17 kV was obtained with a 19% drop of voltage. It's clearly no longer in line with the local TMP, and requires further study to address this problem. The voltage on both of these repeaters is through a step up process using OLTC (On Load Tap Changer) Medium voltage so that the voltage of each repeat is between 19.86 kV to 20.16 kV.

Keywords — Medium voltage network, voltage drop, repeat, network length, AAAC transmitter.

I. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang ketenagalistrikan. Salah satu aspek kinerja PT PLN adalah susut (losses). Susut (losses) merupakan salah satu penyebab hilangnya pendapatan PT PLN. Karena susut Distribusi adalah hilangnya

energi listrik dalam aktivitas penyaluran energi listrik dari pembangkitan sampai diterima masyarakat. Dalam upaya mengurangi susut distribusi maka PT PLN melakukan berbagai upaya untuk menekan susut sekecil mungkin untuk menekan biaya kerugian dalam rangka meningkatkan efisiensi perusahaan.

Dalam proses mengirimkan tenaga listrik dari sumber ke konsumen yang berjarak jauh, kerugian teknis selalu terjadi, yang melibatkan rugi daya, rugi energi, dan rugi tegangan. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan yang signifikan antara energi listrik yang disalurkan dari gardu induk dengan energi listrik yang benar-benar digunakan oleh semua pelanggan. Adanya perbedaan ini menunjukkan adanya kerugian dalam sistem distribusi.

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya kerugian dalam distribusi energi antara lain adalah karakteristik alami jaringan itu sendiri. Pertumbuhan panjang jaringan distribusi dari sumber ke pelanggan yang terus berlanjut merupakan salah satu kemungkinan penyebab kerugian. Selain itu, pembebanan yang melebihi standar yang ditetapkan juga dapat memperburuk kinerja penyulang dan memperbesar kerugian teknis dalam jaringan distribusi.

Dampak dari kerugian ini dapat dilihat dari perbedaan jumlah energi listrik yang diterima oleh pelanggan dengan jumlah energi listrik yang awalnya disalurkan. Oleh karena itu, upaya untuk mengatasi masalah kerugian teknis ini menjadi penting dalam rangka menjaga efisiensi dan keandalan sistem distribusi tenaga listrik.

Menurut Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (kWh), Jenis susut (losses) energi listrik berdasarkan sifatnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu susut teknis dan non teknis. Susut teknis yaitu hilangnya energi listrik pada saat penyaluran mulai dari pembangkit hingga ke pelanggan karena berubah menjadi panas. Susut teknis ini tidak dapat dihilangkan karena merupakan kondisi bawaan.

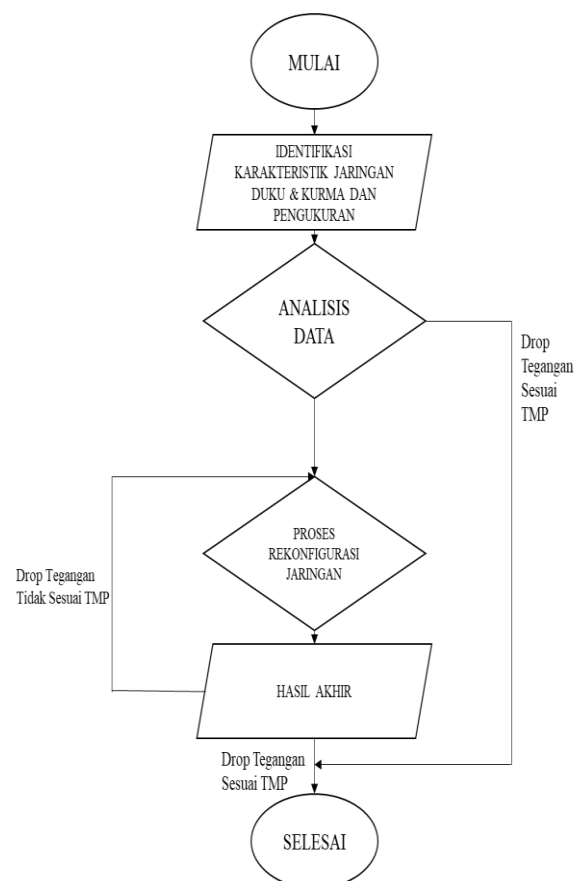
Unit Layanan yang akan dijadikan bahasan untuk analisa adalah ULP Rumbia yang terdiri atas 12 feeder / penyulang, yaitu Penyulang Sawo, Pisang, Jeruk, Anggur, Kurma, Apel, Mangga, Duku, DNT011, DNT012, DNT013, dan DNT014. Total susut kumulatif triwulan 3 Tahun 2021 sebesar 12.95 %. Persentase standar yang ditargetkan oleh pihak PT PLN UP3 Metro untuk besarnya losses PT PLN ULP Rumbia untuk kumulatif tahun 2022 adalah 9.4 %. Karena losses aktual masih melebihi standar yang telah ditetapkan, PT

PLN harus mencari faktor penyebab losses yang terjadi dan menentukan alternatif perbaikan agar kerugian yang dialami dapat ditekan.

Penyulang Kurma dan Duku adalah penyulang yang mempengaruhi susut ULP Rumbia. Keduanya adalah penyulang panjang dan beban utama berada di ujung jaringan, sehingga peluang terjadinya losses karena penghantar ini besar, dimana jaringan tegangan menengah di pangkal sebesar 20 kV menjadi 17 kV di ujung jaringan tegangan menengah, kemudian melalui trafo step up / OLTC (On Load Tap Changer) untuk menaikkan tegangan ke angka 20 kV kembali. Selain itu penyulang panjang ini juga menjadi potensi gangguan yang bermacam-macam. Untuk itu diperlukan pemecahan penyulang agar didapatkan efektifitas jaringan dari Gardu Induk dan Jaringan yang sudah ada.

II. METODOLOGI

Metode penelitian menggunakan kajian literatur, pengumpulan data dan observasi lapangan yaitu data jaringan tegangan menengah yang mengacu pada drop tegangan.



Gbr.1 Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Penyulang Duku dan Kurma

Penyulang Duku bersumber dari Gardu Induk Seputih Banyak dengan panjang jaringan 62,861 kms dan beban 151 A. Tegangan pada ujung jaringan terukur R-S 19.74 kV, R-T 19.56, dan S-T 19.46 kV pada 24 April 2021 di Jaringan Gardu Hubung PT. CPB di Kec. Dente Teladas. Sedangkan tegangan kirim dari GI Seputih Banyak yaitu RS 20.53 kV, RT 20.66, dan ST 20.54 kV.

Tegangan melalui proses step up pada OLTC yang terpasang di Bandar Surabaya dengan tegangan input sebagai berikut :

Tegangan R-S : 17.68 kV

Tegangan R-T : 17.54 kV

Tegangan S-T : 17.62 kV

Dan tegangan output OLTC sebagai berikut :

Tegangan R-S : 20.16 kV

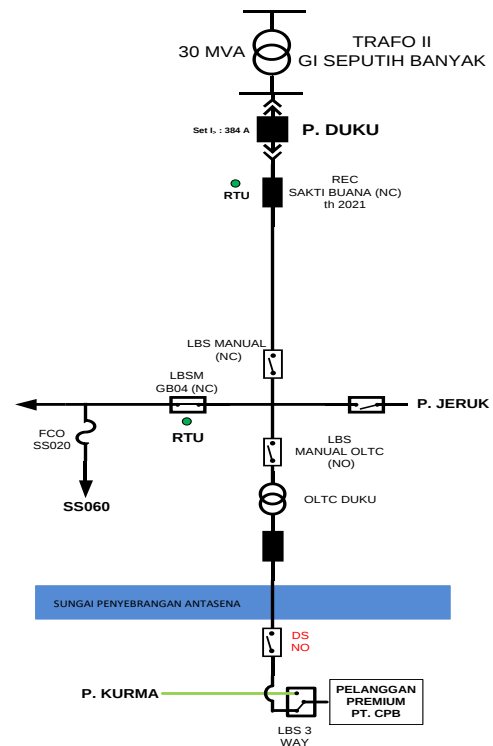
Tegangan R-T : 19.86 kV

Tegangan S-T : 20.13 kV

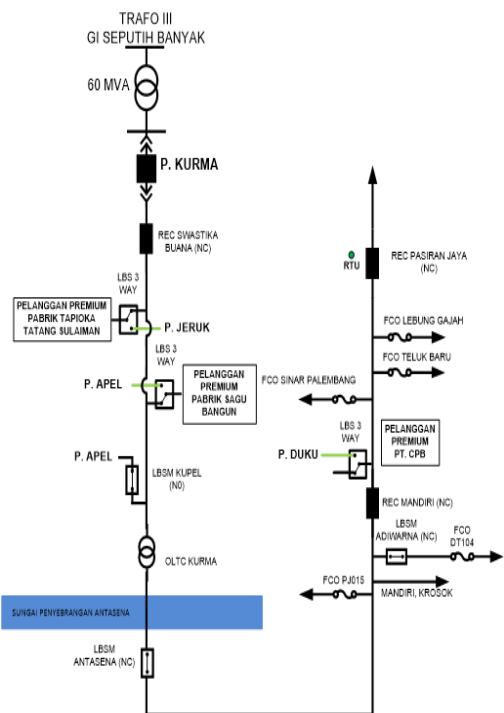
Penyulang Kurma bersumber dari Gardu Induk Seputih Banyak dengan panjang jaringan 169.37 kms dan beban 155 A. Tegangan pada ujung jaringan terukur R-S 17.29 kV, R-T 17.03, dan S-T 17.65 kV pada 24 April 2021 di jaringan ujung pada gardu GM015 Kel. Gedung Meneng, Dente Teladas. Sedangkan tegangan kirim dari GI Seputih Banyak yaitu RS 20.36 kV, RT 20.35, dan ST 20.19 kV.

Kondisi dari kedua penyulang ini sangat jauh dari standard TMP PT. PLN (Persero) pada sisi pelayanan karena tegangan jatuh yang sangat tinggi. Pada sisi PLN, rugi tegangan juga menjadi penyebab langsung tingginya angka susut teknis. Penggunaan OLTC pada jaringan dapat meningkatkan standard tegangan pada tingkat TMP, namun berdampak juga pada kenaikan susut teknis di jaringan tersebut.

Susut jaringan pada ULP Rumbia di Bulan Oktober 2021 adalah sebesar 12.16 % atau 3.021.393 kWh (berdasarkan perhitungan neraca energi 12RB PT. PLN (Persero) dan 12.95 % pada triwulan 3 tahun 2021 (aplikasi simpel s PLN).



Gbr.2 Single Line Diagram Penyulang Duku



Gbr.3 Single Line Diagram Penyulang Kurma

B. Rekonfigurasi Jaringan

Dilakukan pemecahan jaringan Penyulang Duku dan rekonfigurasi menjadi Loop dengan Penyulang DT14 pada tanggal 20 April 2022 dengan parameter simulasi etap sebagai dasar sehingga didapatkan panjang jaringan Penyulang Duku menjadi 62,861 kms dengan bekas OLTC Duku pada Jaringan ujung

(feeder express). Beban penyulang dipindahkan ke Penyulang DT 14 sebesar 52,88 A dengan panjang penyulang 26 kms.

Dengan simulasi etap didapatkan tegangan ujung setelah rekonfigurasi sebesar 20.32 kV dengan tegangan kirim 20.969 kV (Penyulang DT14).

Tabel 1. Laporan Neraca Energi TW3 2021 ULP Rumbia

Laporan Neraca Energi ULP Rumbia	Oktober 2022	Triwulan 3 Tahun 2021	Satuan
Penerimaan	24.842.786,80	65.265.784,49	kWh
Penjualan Total	20.739.918,00	53.580.763,67	kWh
Penjualan di sisi TT	-	-	kWh
Penjualan di sisi TM	9.996.400,00	22.363.020,00	kWh
Penjualan di sisi TR	10.743.518,00	31.217.743,67	kWh
kWh Kirim ke Unit Lain	956.060,70	2.862.495,70	kWh
PSSD	125.414,67	368.722,65	kWh
Susut Total	3.021.393,44	8.453.802,47	kWh
	12,16	12,95	%

Tegangan ujung pada Penyulang Duku diukur pada 22 April 2022 dengan rincian sebagai berikut :

R-S : 20.53 kV

R-T : 20.19 kV

S-T : 20.47 kV

Panjang Penyulang DT14 adalah 26 kms Dengan rincian tegangan ujung sebagai berikut :

R-S : 20.47 kV

R-T : 20.30 kV

S-T : 20.74 kV

Tegangan Kirim dari GI Dente adalah sebagai berikut :

R-S : 21.14 kV

R-T : 20.45 kV

S-T : 21.13 kV

Dan dilakukan pemecahan jaringan Penyulang Kurma dan rekonfigurasi menjadi Loop dengan Penyulang DT13 pada tanggal 20 April 2022 Sehingga didapatkan panjang jaringan Penyulang Kurma menjadi 55,678 kms dengan gardu BS013 pada Jaringan ujung.

Panjang Penyulang DT13 adalah 113,69 kms Dengan rincian tegangan ujung sebagai berikut :

R-S : 19.74 kV

R-T : 19.56 kV

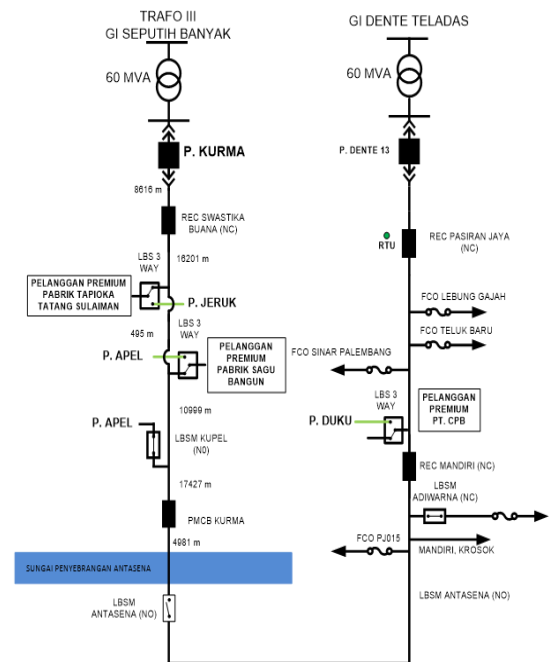
S-T : 19.46 kV

C. Perhitungan Perbaikan

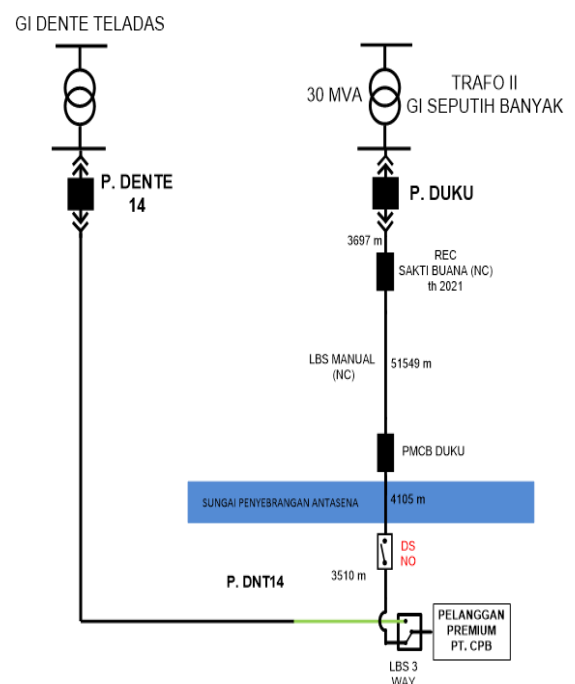
Setelah dilakukan rekonfigurasi pada Penyulang Duku dan Kurma, dilakukan

pengukuran pada Beban siang selama 5 hari dengan rincian sebagai berikut.

Pada Penyulang Duku, dengan pengukuran tegangan ujung pada kondisi awal rata-rata 19.5 kV. Setelah dilakukan konfigurasi dengan Penyulang DT014, nilai tegangan berubah menjadi di atas 20 kV selama 5 kali pengujian. Dari grafik di atas dapat dilihat kenaikan tegangan ujung yang mengindikasikan perbaikan.



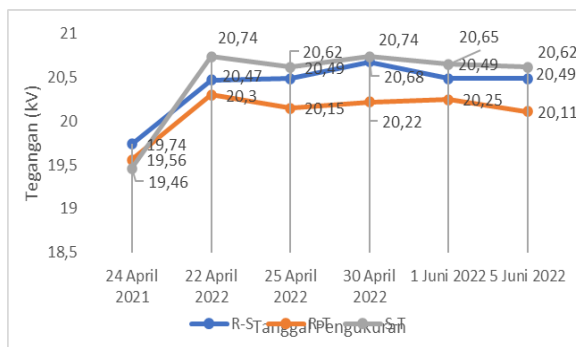
Gbr.4 Single Line Diagram Penyulang DT13



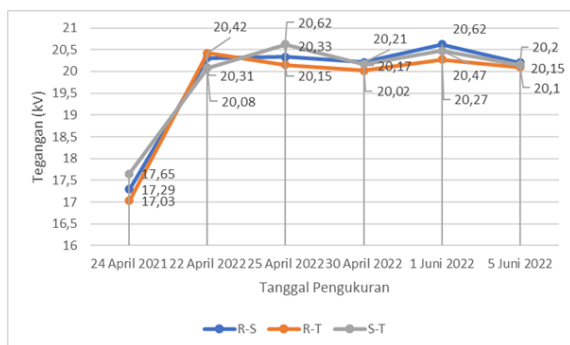
Gbr.5 Single Line Diagram Penyulang DT14

Tabel 2. Perbandingan Kondisi Awal dan Akhir Penyulang Duku

No	Tanggal Pengukuran	Phasa	Tegangan Kirim	Tegangan Ujung
Sebelum				
1	24 April 2021	R-S	20,53 kV	19,74 kV
		R-T	20,66 kV	19,56 kV
		S-T	20,54 kV	19,46 kV
Sesudah				
1	22 April 2022	R-S	21,14 kV	20,47 kV
		R-T	20,45 kV	20,30 kV
		S-T	21,13 kV	20,74 kV
2	25 April 2022	R-S	21,12 kV	20,49 kV
		R-T	20,39 kV	20,15 kV
		S-T	21,15 kV	20,62 kV
3	30 April 2022	R-S	21,21 kV	20,68 kV
		R-T	20,48 kV	20,22 kV
		S-T	21,32 kV	20,74 kV
4	1 Juni 2022	R-S	21,12 kV	20,49 kV
		R-T	20,88 kV	20,25 kV
		S-T	21,1 kV	20,65 kV
5	5 Juni 2022	R-S	21,14 kV	20,49 kV
		R-T	20,39 kV	20,11 kV
		S-T	21,15 kV	20,62 kV



Gbr.6 Grafik Pengukuran Penyulang Duku



Gbr.7 Grafik Pengukuran Penyulang Kurma

Sedangkan pada Penyulang Kurma, dengan pengukuran tegangan ujung pada kondisi awal rata-rata 17 kV. Setelah dilakukan konfigurasi dengan Penyulang DT014, nilai tegangan berubah menjadi di atas 20 kV selama 5 kali pengujian. Dari grafik di atas dapat dilihat kenaikan tegangan ujung yang mengindikasikan perbaikan.

Penyulang DT14 menggunakan penampang AAAC 150 mm² dari pangkal sampai ujung jaringan sepanjang 26,105 kms. Rincian diameter penghantar dan panjang jaringan yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 3. Perbandingan Kondisi Awal dan Akhir Penyulang Kurma

No	Penyulang	Phasa	Tegangan Kirim	Tegangan Ujung
Sebelum				
1	24-Apr-21	R-S	20.36 kV	17.29 kV
		R-T	20.35 kV	17.03 kV
		S-T	20.19 kV	17.65 kV
Sesudah				
1	22 April 2022	R-S	20.59 kV	20.31 kV
		R-T	21.05 kV	20.42 kV
		S-T	20.62 kV	20.08 kV
2	25 April 2022	R-S	20.59 kV	20.33 kV
		R-T	21.05 kV	20.15 kV
		S-T	20.62 kV	20.62 kV
3	30 April 2022	R-S	20.41 kV	20.21 kV
		R-T	20.88 kV	20.02 kV
		S-T	20.52 kV	20.17 kV
4	1 Juni 2022	R-S	20.89 kV	20.62 kV
		R-T	21.05 kV	20.27 kV
		S-T	20.72 kV	20.47 kV
5	5 Juni 2022	R-S	20.68 kV	20.2 kV
		R-T	21.02 kV	20.1 kV
		S-T	20.66 kV	20.15 kV

Tabel 4. Jenis Penghantar pada Line Duku

No	Penghantar (mm)	Line	KMS
1	150	GI Seputih Banyak - Rec Sakti Buana	3,697
2	150	Rec SB - OLTC Duku	51,549
3	150	OLTC Duku - Antasena	4,105
4	150	Antasena - PT. CPB	3,51
OLTC DUKU - UJUNG JARINGAN			7,615

Tabel 5. Jenis Penghantar pada Line DT014

No	Penghantar (mm)	Line	KMS
1	150	GI Dente Teladas - PT. CPB	26,105
TOTAL JARINGAN			26,105

Perhitungan drop tegangan AAAC 150 mm² pada pangkal sampai ujung jaringan sepanjang 26,105 kms:

$$Z = 0,2162 + j 0,3305 \text{ ohm/km}$$

$$R = 0,2162 \text{ ohm/km}$$

$$X = 0,3305 \text{ ohm/km}$$

$$V_s = 21 \text{ kV}$$

$$L = 26,105 \text{ km}$$

$$I = 52,88 \text{ A}$$

Parameter saluran

$$R = 0,2162 \times 26,105 = 5,6439 \text{ ohm}$$

$$X = 0,3305 \times 26,105 = 8,6277 \text{ ohm}$$

$$Z_l = 5,6439 + j8,6277 = 10,3097 \angle 56,80887^\circ \text{ ohm}$$

Rugi tegangan

$$\Delta V (3 \phi) = \sqrt{3} \times I_s \times Z_l$$

$$= \sqrt{3} \times 52,88 \times (10,3097 \angle 56,80887^\circ)$$

$$= 944,28 \text{ V}$$

Dengan rincian perhitungan total rugi tegangan jaringan pada tabel berikut,

Tabel 6. Perhitungan Rugi Tegangan Penyulang Duku Sebelum

No	Penghantar (mm)	Z	KMS	Beban	ZI	ZI (polar)	ΔV
1	150	$0,2162 + j0,3305$	3,697	167,3	$0,7992 + j1,2218$	$1,46007 \angle 56,80887$	423,09
2	150	$0,2162 + j0,3305$	51,549	167,3	$11,1448 + j17,0369$	$20,358 \angle 56,80887$	5899,31
GI SEPUTIH BANYAK - OLTC DUKU			55,246	167,3			6322,40
3	150	$0,2162 + j0,3305$	4,105	108,4	$0,8875 + j1,3567$	$1,6212 \angle 56,80887$	304,39
4	150	$0,2162 + j0,3305$	3,51	105,7	$0,7588 + j1,16005$	$1,3862 \angle 56,80887$	253,79
OLTC DUKU - UJUNG JARINGAN			7,615	108,4			558,17

Tabel 7. Perhitungan Rugi Tegangan Penyulang DT14 Sesudah

No	Penghantar (mm)	Z	KMS	Beban	ZI	ZI (polar)	ΔV
1	150	$0,2162 + j0,3305$	26,105	52,88	$5,6439 + j8,6277$	$10,3097 \angle 56,80887$	944,28
TOTAL JARINGAN			26,105	52,88			944,28

Total rugi tegangan sesuai perhitungan pada Penyulang Duku setelah dilakukan rekonfigurasi adalah 944,28 V atau 4,49%.

Sedangkan pada Penyulang Kurma, menggunakan penampang AAAC 150 mm² dari pangkal sampai ujung jaringan sepanjang 55,678 kms dibagi dengan Penyulang DT13 sepanjang 113,698 kms. Rincian diameter penghantar dan panjang jaringan yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 8. Jenis Penghantar pada Line Kurma

No	Penghantar (mm)	Line	kms
1	150	GI Seputih Banyak - Simpang Randu	6,833
2	150	Simpang Randu - Rec. Swastika Buana	1,763
3	150	Rec Sakti Buana - Simpang Tatang S.	16,201
4	150	Simpang Tatang S - GH Tatang S	0,495
5	150	Simpang Sagu Bangun - GH Sagu Bangun	0,48
6	150	Simpang Tatang S - LBSM Subang Jaya	10,999
7	150	LBSM Subang Jaya - PMCB Kurma	17,427
8	150	PMCB Kurma - Gardu BS027	0,876
9	150	Gardu BS027 - Gardu BS028	0,215
10	150	Gardu BS028 - Gardu BS012	0,2426
11	150	Gardu BS012 - Gardu BS013	0,1464
GI SEPUTIH BANYAK - GARDU BS13			55,678

Tabel 9. Jenis Penghantar pada Line DT013

No	Penghantar (mm)	Line	km s
1	70	GI Dente Teladas - Rec. Pasiran Jaya	12,024
2	150	Rec. Pasiran Jaya - FCO Teluk Baru	0,545
3	150	FCO Sinar Palembang - Gardu PJ039	10,543
4	150	FCO Lebung Gajah - Gardu DT063	1,02
5	150	FCO Teluk Baru - Gardu DT053	5,42
6	150	Simpang Teluk Baru - LBSM Adiwarna	5,55
7	150	LBSM Adiwarna - Gardu DT085	5,65
8	150	Rec. Mandiri - Gardu DT111	12,16
9	150	LBSM Adiwarna - LBSM Antasena	4,832
10	150	Simpang GI Dente - DS. DT016	5,477
11	150	DS. DT016 - Rec Way Dente	0,307
12	150	Rec Way Dente - LBSM Gedong Meneng	26,565
13	150	LBSM Gedong Meneng - FCO Gunung Tapa	3,651
14	150	FCO Gunung Tapa - Gardu GM31	19,954
GI DENTE TELADAS - GARDU GM31			113,698

Perhitungan drop tegangan AAAC 70 mm² pada pangkal DT13 sepanjang 19,954 kms:
 $Z = 0,4608 + j0,3572 \text{ ohm/km}$
 $R = 0,4608 \text{ ohm/km}$

$$X = 0,3572 \text{ ohm/km}$$

$$V_s = 21 \text{ kV}$$

$$L = 19,954 \text{ km}$$

$$I = 49,02 \text{ A}$$

Parameter saluran

$$R = 0,4608 \times 19,954 = 9,1948032 \text{ ohm}$$

$$X = 0,3572 \times 19,954 = 7,1275688 \text{ ohm}$$

$$Z_I = 9,1948 + j7,1275$$

$$= 11,6385 \angle 37,78189^\circ$$

Rugi tegangan =

$$\Delta V (3\phi) = \sqrt{3} \times I_s \times Z_I$$

$$= \sqrt{3} \times 49,02 \times$$

$$(11,6385 \angle 37,78189^\circ)$$

$$= 987,77 \text{ V}$$

Dengan rincian perhitungan total rugi tegangan jaringan pada tabel berikut:

Tabel 10. Perhitungan Rugi Tegangan Penyulang Kurma Sebelum

No	Penghantar	Z	kms	Beban	ZI	ZI (polar)	delta V
1	150	$0,2162 + j0,3305$	6,833	155	$1,4772 + j2,2583$	$2,6985 \angle 56,80887$	724,48
2	150	$0,2162 + j0,3305$	1,763	142	$0,38116 + j0,58267$	$0,6962 \angle 56,80887$	171,25
3	150	$0,2162 + j0,3305$	16,201	138	$3,50265 + j5,35443$	$6,3983 \angle 56,80887$	1529,35
4	150	$0,2162 + j0,3305$	0,495	110	$0,107019 + j0,16359$	$0,1954 \angle 56,80887$	37,25
5	150	$0,2162 + j0,3305$	0,48	105	$0,10377 + j0,15864$	$0,1895 \angle 56,80887$	34,48
6	150	$0,2162 + j0,3305$	10,999	104	$2,37798 + j3,6351$	$4,34387 \angle 56,80887$	782,48
7	150	$0,2162 + j0,3305$	17,427	81	$3,76771 + j5,75962$	$6,88251 \angle 56,80887$	965,59
GI SEPUTIH BANYAK - OLTC KURMA			54,198	155			4244,87
8	150	$0,2162 + j0,3305$	0,876	63	$0,1893 + j0,2895$	$0,345961 \angle 56,80887$	37,75
9	150	$0,2162 + j0,3305$	0,215	62	$0,04648 + j0,07105$	$0,08491 \angle 56,80887$	9,12
10	150	$0,2162 + j0,3305$	0,2426	59	$0,05245 + j0,08017$	$0,09581 \angle 56,80887$	9,79
11	150	$0,2162 + j0,3305$	0,1464	53	$0,031651 + j0,04838$	$0,05781 \angle 56,80887$	5,31
12	150	$0,2162 + j0,3305$	4,832	50,1	$1,04467 + j1,5969$	$1,90832 \angle 56,80887$	165,60
13	150	$0,2162 + j0,3305$	12,16	48,57	$2,6289 + j4,0188$	$4,8023 \angle 56,80887$	404,00
14	150	$0,2162 + j0,3305$	5,65	46,66	$1,2215 + j1,8673$	$2,23137 \angle 56,80887$	180,33
15	150	$0,2162 + j0,3305$	5,55	46,43	$1,1999 + j1,834$	$2,191882 \angle 56,80887$	176,27
16	150	$0,2162 + j0,3305$	5,42	46,19	$1,1718 + j1,7913$	$2,140541 \angle 56,80887$	171,25
17	150	$0,2162 + j0,3305$	1,02	45,66	$0,2205 + j0,337$	$0,402832 \angle 56,80887$	31,86
18	150	$0,2162 + j0,3305$	10,543	45,54	$2,2793 + j3,4844$	$4,163786 \angle 56,80887$	328,43
19	150	$0,2162 + j0,3305$	0,545	42,98	$0,1178 + j0,1801$	$0,215238 \angle 56,80887$	16,02
20	70	$0,4608 + j0,3572$	12,024	42,89	$5,54064 + j9,2949$	$7,01039 \angle 37,78189$	520,79
21	150	$0,2162 + j0,3305$	5,477	36,41	$1,1841 + j1,8101$	$2,16305 \angle 56,80887$	136,41
22	150	$0,2162 + j0,3305$	0,307	33,4	$0,0663 + j0,1014$	$0,12124 \angle 56,80887$	7,01
23	150	$0,2162 + j0,3305$	25,565	29,58	$5,527 + j8,4492$	$10,0964 \angle 56,80887$	517,28
24	150	$0,2162 + j0,3305$	3,651	12,1	$0,7893 + j1,2066$	$1,4419 \angle 56,80887$	30,22
25	150	$0,2162 + j0,3305$	20,954	10,1	$4,5302 + j6,925$	$8,27544 \angle 56,80887$	144,77
OLTC KURMA - UJUNG JARINGAN			115,178	63			2892,22

Tabel 11. Perhitungan Rugi Tegangan Penyulang Kurma dan DT13 Sesudah

No	Penghantar	Z	kms	Beban	ZI	ZI (polar)	delta V
1	150	$0,2162 + j0,3305$	6,833	60	$1,4772 + j2,2583$	$2,6985 \angle 56,80887$	280,44
2	150	$0,2162 + j0,3305$	1,763	60	$0,38116 + j0,5826$	$0,69626 \angle 56,80887$	72,36
3	150	$0,2162 + j0,3305$	16,201	56	$3,50265 + j5,3544$	$6,3983 \angle 56,80887$	329,44
4	150	$0,2162 + j0,3305$	0,495	21,7	$0,10701 + j0,1635$	$0,19549 \angle 56,80887$	7,35
5	150	$0,2162 + j0,3305$	0,48	38,7	$0,1037 + j0,158$	$0,18956 \angle 56,80887$	12,71
6	150	$0,2162 + j0,3305$	10,999	3,4	$2,3779 + j3,6351$	$4,34387 \angle 56,80887$	25,58
7	150	$0,2162 + j0,3305$	17,427	3,4	$3,76771 + j5,7596$	$6,88251 \angle 56,80887$	40,53
8	150	$0,2162 + j0,3305$	0,876	3,4	$0,18939 + j0,2895$	$0,345961 \angle 56,80887$	2,04
9	150	$0,2162 + j0,3305$	0,215	3,4	$0,0464 + j0,07105$	$0,08491 \angle 56,80887$	0,50
10	150	$0,2162 + j0,3305$	0,2426	3,4	$0,05245 + j0,08017$	$0,09581 \angle 56,80887$	0,56
11	150	$0,2162 + j0,3305$	0,1464	3,4	$0,03165 + j0,04838$	$0,057818 \angle 56,80887$	0,34
GI SEPUTIH BANYAK - GARDU BS13			55,678	60			771,85
No	Penghantar	Z	kms	Beban	ZI	ZI (polar)	delta V
1	70	$0,4608 + j0,3572$	19,954	49,02	$9,1948 + j7,1275$	$11,6385 \angle 37,78189$	987,77
2	150	$0,2162 + j0,3305$	3,651	35	$0,7893 + j1,2066$	$1,441903 \angle 56,80887$	87,41
3	150	$0,2162 + j0,3305$	26,565	21	$5,743 + j8,7797$	$10,49141 \angle 56,80887$	381,60
4	150	$0,2162 + j0,3305$	0,307	20,52	$0,06637 + j0,10146$	$0,121244 \angle 56,80887$	4,31
5	150	$0,2162 + j0,3305$	5,477	16,7	$1,1841 + j1,8101$	$2,163052 \angle 56,80887$	62,57
6	150	$0,2162 + j0,3305$	12,024	13,69	$2,5995 + j3,973$	$4,74868 \angle 56,80887$	112,60
7	150	$0,2162 + j0,3305$	0,545	7,21	$0,1178 + j0,1801$	$0,2152389 \angle 56,80887$	2,69
8	150	$0,2162 + j0,3305$	10,543	7,12	$2,27939 + j3,4844$	$4,16378 \angle 56,80887$	51,35
9	150	$0,2162 + j0,3305$	1,02	4,56	$0,2205 + j0,337$	$0,40283 \angle 56,80887$	3,18
10	150	$0,2162 + j0,3305$	5,42	4,44	$1,1718 + j1,791$	$2,140541 \angle 56,80887$	16,46
11	150	$0,2162 + j0,3305$	5,55	3,91	$1,1999 + j1,8342$	$2,19188 \angle 56,80887$	14,84
12	150	$0,2162 + j0,3305$	5,65	3,67	$1,221 + j1,8673$	$2,23137 \angle 56,80887$	14,18
13	150	$0,2162 + j0,3305$	12,16	3,44	$2,6289 + j4,01888$	$4,80239 \angle 56,80887$	28,61
14	150	$0,2162 + j0,3305$	4,832	1,53	$1,04467 + j1,5969$	$1,90832 \angle 56,80887$	5,06
GI DENTE TELADAS - GARDU GM31			113,698	49,02			1772,64

Total rugi tegangan sesuai perhitungan pada Penyulang Kurma setelah dilakukan rekonfigurasi adalah 771,85 V atau 3,67 % dan pada Penyulang DT13 adalah 1772,64 V atau 8,4 %.

Dari Penelitian tersebut, didapatkan hasil perbaikan tegangan sebesar 0,916 kV atau 4,68 % untuk Penyulang Duku ke Penyulang DT14 (setelah dilakukan rekonfigurasi panjang jaringan dari 62,861 kms menjadi 26 kms) dan 2,94 kV atau 17,01 % untuk Penyulang Kurma (setelah dilakukan rekonfigurasi panjang jaringan dari 169,37 kms menjadi 55,678 kms).

Nilai tersebut sudah memenuhi TMP (Tingkat Mutu Pelayanan menurut Permen ESDM Nomor 27 Tahun 2017). Dapat terlihat bahwa panjang jaringan berpengaruh besar terhadap drop tegangan. Dan dengan perbaikan tegangan tersebut dapat menekan rugi daya sebesar 2.59 % atau 887.329 kWh per bulan.

Tabel 12. Laporan Neraca Energi TW2 2022
ULP Rumbia

Laporan Neraca Energi ULP Rumbia	Juni 2022	Triwulan 2 Tahun 2022	Satuan
Penerimaan	22.299.861,12	65.420.883,53	kWh
Penjualan Total	19.001.517,35	55.484.218,90	kWh
Penjualan di sisi TT	-	-	kWh
Penjualan di sisi TM	8.486.420,00	22.265.186,00	kWh
Penjualan di sisi TR	10.515.097,35	33.219.032,90	kWh
kWh Kirim ke Unit Lain	1.035.923,50	2.782.715,90	kWh
PSSD	128.355,62	389.556,54	kWh
Susut Total	2.134.064,65	6.764.392,19	kWh
	9,57	10,34	%

Dari Penelitian tersebut, didapatkan hasil perbaikan tegangan sebesar 0,916 kV atau 4,68 % untuk Penyulang Duku ke Penyulang DT14 (setelah dilakukan rekonfigurasi panjang jaringan dari 62,861 kms menjadi 26 kms) dan 2,94 kV atau 17,01 % untuk Penyulang Kurma (setelah dilakukan rekonfigurasi panjang jaringan dari 169,37 kms menjadi 55,678 kms). Nilai tersebut sudah memenuhi TMP (Tingkat Mutu Pelayanan menurut Permen ESDM Nomor 27 Tahun 2017).

IV. KESEIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang dilakukan terhadap Drop Tegangan pada Penyulang Duku dan Kurma, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Perbaikan tegangan sebesar 0,916 kV atau 4,68 % untuk Penyulang Duku setelah dilakukan rekonfigurasi panjang jaringan dari 62,861 kms menjadi 26 kms. Perbaikan tegangan sebesar 2,94 kV atau 17,01 % untuk Penyulang Kurma setelah dilakukan rekonfigurasi panjang jaringan dari 169,37 kms menjadi 55,678 kms.

Berdasarkan data penelitian, panjang penyulang berpengaruh terhadap drop/rugi tegangan. Rugi tegangan terjadi karena arus yang mengalir melalui saluran tersebut menemui hambatan dan reaktansi, dan seiring dengan peningkatan panjang saluran, rugi tegangan juga akan meningkat. Perbaikan tegangan pada Penyulang Duku dan Penyulang Kurma menekan rugi daya sebesar 2.59 % atau 887.329 kWh tiap bulan.

REFERENSI

- [1] Gonen. 1988. Modern Power System Analysis. Canada, Jhon Wiley and Sons.. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [2] Hadi. 1994. Sistem Distribusi Daya Listrik. Erlangga. Bandung.
- [3] Kothari, D.P. 2005. Modern Power Sistem Analysis. Tata McGraw Hill. New Delhi.
- [4] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [5] Kothari, D. P., & Nagrath, I. J. 2007. Electric Machines. Tata McGraw-Hill Education.
- [6] Nagrath, I. J., & Kothari, D. P. 2017. Modern Power System Analysis. Tata McGraw-Hill Education.
- [7] Lily.S. 2015. Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi, E-Journal Teknik Elektro dan Komputer. ISSN . 2301-8402.
- [8] Sepannur Bandri. 2021. Analisis Perbaikan Drop Tegangan Melalui Perubahan Pola Operasi Pada Penyulang Koto Tinggi.

- [9] Stevenson, William D., Granger, John J. 1994. Power Sistem Analysis. McGraw-Hill, International Edition. New York.
- [10] Suprianto. 2018. Pengaruh Distributed Generation Terhadap Tegangan Jatuh di Jaringan Distribusi 20 kV PT. PLN Rayon Kuala Simpang.
- [11] Zuhail. 1991. Dasar Tenaga Listrik. Penerbit ITB, Bandung.
- [12] Permen ESDM Nomor 27 Tahun 2017 tentang Tingkat Mutu Pelayanan.
- [13] SPLN 1 : 1995 Tentang Tegangan Standar.
- [14] SPLN 56-2-1994 Tentang Sambungan Tenaga Listrik Tegangan Menengah
- [15] Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 431/KMK.06/ 2002.
- [16] Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (kWh).
- [17] Jackson, YAfida, Ubaidah, A. Ahmad, “Simulasi Perbaikan Tegangan Menggunakan Aplikasi ETAP Pada Mobile Substation 150/20 kV Sistem Kelistrikan PT.PLN (Persero) Rayon Menggala” Jurnal Electrician, Vol. 17, No.1, Januari 2023.
- [18] Yenni Afrida, R Mahendra, Hamimi, “Analisa Kegagalan Koordinasi Proteksi pada Setting Relay OCR Penyulang Semar di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Bandarjaya” Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Vol.1, No.1 Oktober 2020.