

# Analisis Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV PLN ULP Marisa

## *Analysis of 20 kV Distribution Network Reconfiguration PLN ULP Marisa*

Frengki Eka Putra Surusa  
Prodi Teknik Elektro  
Universitas Ichsan Gorontalo  
Gorontalo, Indonesia  
kiki.alaska@gmail.com

Yogi Andean  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Ichsan Gorontalo  
Gorontalo, Indonesia  
yogi.andean@gmail.com

Steven Humena  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Ichsan Gorontalo  
Gorontalo, Indonesia  
steven.humena@gmail.com

Diterima : Juli 2025  
Disetujui : Juli 2025  
Dipublikasi : Juli 2025

**Abstrak-** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh rekonfigurasi jaringan distribusi 20 kV terhadap jatuh tegangan dan rugi daya pada penyulang GI Marisa. Dalam dunia kelistrikan, jaringan distribusi merupakan tulang punggung yang menghubungkan sumber energi dengan konsumen akhir. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa jaringan distribusi berfungsi dengan optimal agar dapat meminimalisir kerugian energi serta mempertahankan kualitas daya yang baik. Penelitian ini mengambil lokasi di GI Marisa, yang merupakan salah satu pusat distribusi listrik yang vital di daerah tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi dengan perangkat lunak ETAP 12.6, yang dikenal luas dalam analisis sistem tenaga listrik. ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) adalah alat bantu yang memungkinkan insinyur untuk memodelkan dan menganalisis sistem tenaga secara komprehensif. Dalam simulasi ini, algoritma Newton-Raphson diterapkan untuk menyelesaikan sistem persamaan non-linear yang muncul dalam analisis jaringan listrik. Algoritma ini sangat efektif dalam mengatasi masalah konvergensi yang sering dihadapi dalam simulasi jaringan distribusi yang kompleks. Hasil simulasi menunjukkan bahwa setelah dilakukan rekonfigurasi, rugi daya aktif berkurang sebesar 1,3% dan rugi daya reaktif berkurang sebesar 1,5%. Rugi daya aktif adalah energi yang hilang dalam bentuk panas akibat resistansi pada konduktor, sedangkan rugi daya reaktif berkaitan dengan energi yang berfluktuasi dalam sistem, yang tidak melakukan kerja nyata tetapi tetap berkontribusi pada total daya. Penurunan rugi daya ini sangat signifikan, karena meskipun persentasenya terlihat kecil, dalam skala besar, hal ini dapat menghasilkan penghematan biaya operasional yang substansial bagi perusahaan penyedia listrik. Selain itu, penelitian ini juga menemukan bahwa rekonfigurasi jaringan meningkatkan tegangan rata-rata sebesar 3%. Peningkatan tegangan ini sangat penting karena tegangan yang stabil dan sesuai standar akan menjamin kualitas pasokan listrik kepada konsumen.

Dalam konteks ini, tegangan yang stabil dapat mencegah kerusakan pada peralatan listrik yang sensitif, serta meningkatkan efisiensi operasional dari peralatan yang digunakan oleh konsumen.

**Kata kunci :** Tegangan, Rugi-rugi Daya, ULP Marisa

**Abstract -** This study aims to analyze the effect of 20 kV distribution network reconfiguration on voltage drops and power losses at the Marisa Substation feeder. In the world of electricity, the distribution network is the backbone that connects energy sources to end consumers. Therefore, it is important to ensure that the distribution network functions optimally to minimize energy losses and maintain good power quality. This study took place at the Marisa Substation, which is one of the vital electricity distribution centers in the area. The method used in this study is simulation with ETAP 12.6 software, which is widely known in electric power system analysis. ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) is a tool that allows engineers to model and analyze power systems comprehensively. In this simulation, the Newton-Raphson algorithm is applied to solve the system of non-linear equations that arise in electric network analysis. This algorithm is very effective in overcoming convergence problems often encountered in complex distribution network simulations. The simulation results show that after the reconfiguration, active power losses are reduced by 1.3% and reactive power losses are reduced by 1.5%. Active power losses are the energy lost in the form of heat due to resistance in conductors, while reactive power losses relate to fluctuating energy in the system, which does not perform actual work but still contributes to the total power. The reduction in these power losses is significant, because although the percentage may seem small, on a large scale, it can result in substantial operational cost savings for electricity providers. Furthermore, the study also found that network reconfiguration increased the average voltage by 3%. This voltage increase is crucial because a stable and standard voltage will guarantee the quality of electricity supply to consumers. In this context, a stable voltage can prevent damage to sensitive electrical equipment and increase the operational efficiency of equipment used by consumers.

**Keywords:** Voltage, Power Losses, ULP Marisa

## I. PENDAHULUAN

Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan badan usaha milik negara yang berperan dalam penyediaan dan pendistribusian energi listrik bagi masyarakat Indonesia. Dalam melaksanakan tugasnya, PLN wajib menjamin dua aspek utama, yaitu kontinuitas dan kualitas pelayanan. Kontinuitas mencerminkan ketersediaan pasokan listrik secara berkelanjutan dengan gangguan seminimal mungkin, sedangkan kualitas merujuk pada pemenuhan standar daya dan tegangan yang telah ditentukan, yakni fluktuasi tegangan berada pada kisaran +5% hingga -10%. [1][6][7].

Untuk mencapai tingkat fleksibilitas pelayanan yang optimal, diperlukan perencanaan sistem distribusi yang terstruktur secara komprehensif sehingga mampu merespons dengan cepat peningkatan kebutuhan energi listrik dan pertumbuhan kepadatan beban. Sistem distribusi harus dioperasikan secara efisien dengan biaya minimal, mampu memenuhi seluruh permintaan beban, menjaga penurunan tegangan tetap dalam batas yang ditetapkan, serta meminimalkan rugi daya [2][8][9][12].

Variasi tegangan dan kerugian daya berpengaruh besar terhadap kualitas tegangan dan efisiensi pemanfaatan energi listrik. Nilai kerugian daya dan penurunan tegangan pada jaringan distribusi dipengaruhi oleh beberapa aspek, antara lain jenis dan panjang penghantar, tipe jaringan distribusi, kapasitas transformator, karakteristik beban, faktor daya, besarnya konsumsi daya, serta keberadaan beban induktif yang memperbesar kebutuhan daya reaktif [3][4][13].

PLN UP3 Gorontalo memiliki peran langsung dalam pelayanan pelanggan listrik. PLN UP3 Gorontalo terdiri dari 4 wilayah kerja Unit Layanan Pelanggan (ULP), yaitu ULP Telaga, ULP Limboto, ULP Kwandang, dan ULP Marisa. ULP Marisa, salah satu unit, mengalami permintaan tinggi akan energi listrik, sehingga dituntut untuk memberikan pelayanan kontinuitas yang baik dan handal. Salah satu langkah yang diambil untuk mengantisipasi hal tersebut adalah melakukan rekonfigurasi jaringan pada sistem distribusi 20 kV [10][14].

Rekonfigurasi jaringan ini akan mempengaruhi pola aliran daya, yang berupa penurunan tegangan dan rugi-rugi daya dalam sistem kelistrikan di ULP Marisa. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis sistem sebelum dan sesudah rekonfigurasi jaringan distribusi [15].

## II. METODE PENELITIAN

Metode analisis data yang digunakan yaitu dengan metode kuantitatif dengan menggunakan data data sistem yang diperoleh dari PT. PLN UP3 Gorontalo.

### A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data system diperoleh dari pihak PLN bagian teknis berupa data *single line*, jaringan distribusi, data beban penyulang, data Gardu Induk dan data pembangkit.

### B. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari lapangan masih dalam bentuk data awal. Sebelum melakukan simulasi, data-data tersebut harus melalui proses penghitungan manual untuk memperoleh nilai parameter sistem yang akan digunakan sebagai input dalam simulasi. Setelah itu, dilakukan pemodelan sistem dengan bantuan perangkat lunak ETAP 12.6 menggunakan metode Newton Raphson.

### C. Simulasi Aliran Daya

Data data yang menjadi input pada simulasi aliran daya berupa nama busbar, tipe busbar, rating tegangan, transformator daya GI Marisa, transformator distribusi ULP Marisa, penghantar distribusi, daya semu, daya aktif, faktor daya pembangkit dan beban. Simulasi dilakukan sebelum dan sesudah rekonfigurasi jaringan dengan mengalihkan beban penyulang MR.03 ke penyulang lain dengan memperhatikan standar tegangan jaringan yang diizinkan.

### D. Analisa Hasil Simulasi

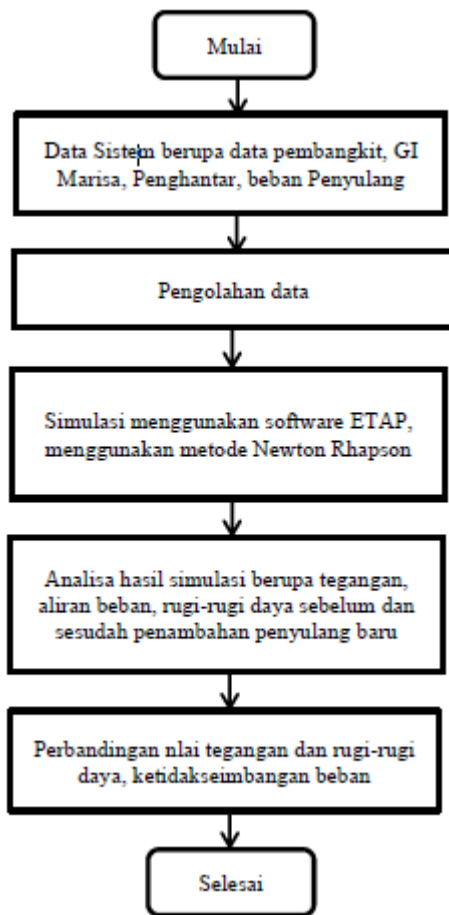
Analisa hasil simulasi berupa profil tegangan pada setiap bus, rugi rugi daya total sebelum dan sesudah adanya rekonfigurasi jaringan pada penyulang 20 kV GI Marisa. Analisa hasil dilakukan untuk mengetahui perbandingan profil tegangan dan rugi rugi daya total. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada penyulang 20 kV Marisa. Analisa hasil ini juga dilakukan evaluasi aliran daya guna melihat apabila sudah memenuhi standart yang ditetapkan.

### E. Skenario Simulasi

Simulasi aliran daya menggunakan bantuan software ETAP dengan metode newton Raphson. Skenario pertama diartikan sebagai simulasi sebelum rekonfigurasi dan skenario kedua adalah simulasi setelah rekonfigurasi pada jaringan distribusi. Skenario kedua dilakukan pemindahan beban pada penyulang yang mengalami drop tegangan. Kedua skenario tersebut disimulasikan dalam satu pola operasi sistem, yakni pada saat sistem Gorontalo penyulang 20 kV Marisa pada kondisi beban puncak malam.

### F. Ketidakseimbangan Beban

Ketidakseimbangan beban dianalisis untuk mengetahui Tingkat pemerataan beban yang ada diujung saluran yang berada area pelayanan beban GH Marisa. Berdasarkan data pengukuran gardu distribusi pada ujung saluran yang dilyanai dari GH Marisa. Flowchart penelitain dapat dilihat pada Gambar 1.



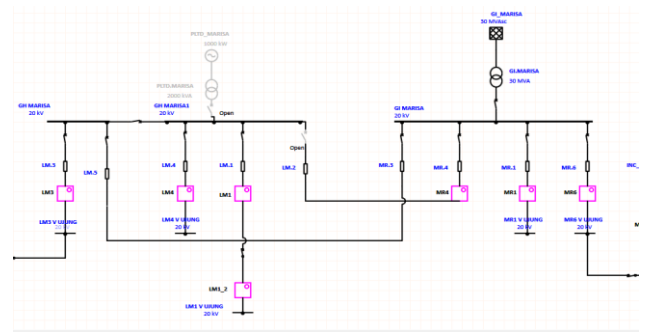
Gambar 1. Flowchart alur penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

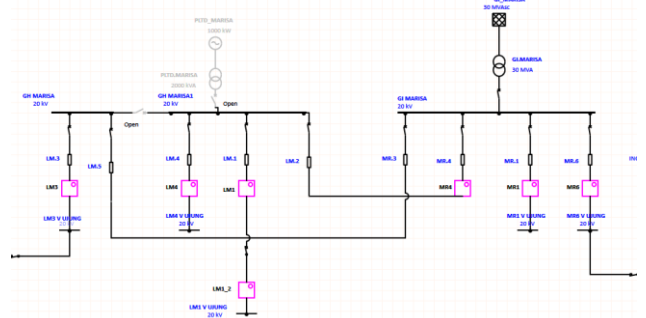
#### A. Sistem Kelistrikan Gorontalo

Sistem kelistrikan di Gorontalo terdiri dari 7 Gardu Induk (GI) dan 4 pusat listrik berskala besar yang saling terhubung melalui saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV. Selain itu, terdapat 3 pembangkit yang terhubung dengan gardu hubung melalui saluran distribusi 20 kV, serta 1 pembangkit yang terhubung langsung ke out going 20 kV dari GI. Sistem kelistrikan di PT. PLN (Persero) UP# Gorontalo ULP Marisa merupakan bagian dari interkoneksi dengan sistem ULTG Gorontalo melalui GI Marisa. Unit Layanan Pelanggan (ULP) Marisa memiliki 4 Gardu Hubung (GH) dan 6 penyulang out going 20 kV dari GI Marisa.

Pada tahun 2020-2021 ULP Marisa telah melakukan rekonfigurasi jaringan distribusi 20 kV. Rekonfigurasi jaringan tersebut dilakukan dengan memindahkan line jaringan dari MR 3 ke line penyulang MR 4 melalui jaringan SUTM 20 kV, dalam artian melakukan pecah beban. Gambar Alur sistem kelistrikan ULP Marisa dengan *single line* ETAP sebelum rekonfigurasi dapat dilihat pada Gambar 2 dan setelah rekonfigurasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Alur sistem kelistrikan ULP Marisa Sebelum Rekonfigurasi



Gambar 3. Alur sistem kelistrikan ULP Marisa Setelah Rekonfigurasi

Analisis data pembangkit Listrik dasar yang digunakan adalah data actual dengan membagi  $\cos \phi$  dengan daya aktif sehingga diperoleh daya semu.  $\cos \phi$  pembangkit adalah 0,8 dengan daya aktif dijadikan sebagai acuan untuk menentukan nilai parameter bus referensi (slack bus). Daya akti pembangkit yang ada pada sistem kelistrikan Gorontalo dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembangkit Sistem Gorontalo

No	Pembangkit	Daya Terpasang (MW)	Daya Kirim (MW)	Power Faktor	S (MVA)	P Max	Q Max	Tegangan (kV)
				Max		MW	MW	
1	PLTG Maleo	100	50	0,8	125	100	75	150
2	PLTU Angrek	50	40	0,8	62,5	50	37,5	150
3	PLTU Molotabu	0	0	0	0	0	0	150
4	PLTU Tanjung Karang	100	50	0,8	125	100	75	150
5	PLTM Mongango	1,2	0,9	0,8	1,5	1,2	0,9	20
6	PLTM Taludaa	5,3	2,7	0,8	6,625	5,3	3,975	20
7	PLTS Sumalata	2	1,4	0,8	2,5	2	1,5	20
8	PLTS Isumu	10	80	0,8	12,5	10	7,5	20
Total		268,5	225	0,8	335,625	268,5	201,375	

Pada Tabel 1. Terlihat bahwa daya pembangkit pada PLTG Maleo adalah 100 MW. GI Marisa merupakan GI yang dekat dengan pusat Listrik dari PLTG Maleo. Pada GI Marisa terdapat satu unit transformator daya 30 MVA. Pada simulasi, untuk menentukan bus referensi digunakan daya pada transformator daya tersebut pada GI Marisa dan analisisnya berada pada penyulang MR 3 dan MR 4 di jaringan 20 kV out going dan GH Marisa.

Analisis data saluran penghantar diambil adalah data saluran distribusi pada ULP Marisa yang merupakan data segmen/terpusat pada GH. Data saluran yang digunakan sebelum rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan sesudah rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Data saluran distribusi sebelum rekonfigurasi ULP Marisa

SECTION PENYULANG 20 KV SUB-SISTEM ULP MARISA				
NO	PENYULANG	SECTION	GI / PLTD	KMS
1	MR.01 / ULIN	GI Paguat - Jumper RM Kapuas	GI PAGUAT	36,4
2	MR.02 / REAKTOR	Reaktor GI Paguat	GI PAGUAT	0
3	MR.03 / JATI	GI Paguat - GH Marisa	GI PAGUAT	13,80
	LM.01	GH Marisa - LBS Duhadada - Ujung	GH Marisa	31,7
	LM.03	GH Marisa - LBS Iloheluma - (LBS Manunggal - Pancakarsa) - Recloser Panuhu - LBS Wonggarasi - GH Lemito - LBS Lomuli - LBS Trikora - Molosipat	GH Marisa	235,6
	LM.04	GH Marisa - Bonubilatohe	GH Marisa	11,5
4	MR.04 / DAMAR	GI Paguat - GH Marisa	GI PAGUAT	16,1
5	MR.06 / PINUS	GI Paguat - Recloser Salilama - LBS Lamu - GH Tilamuta	GI PAGUAT	68,3
6	TA.04	GI Tilamuta - LBS Bongonol - (LBS Duhupi) - LBS Lahumbo	GH Tilamuta	70,3
	LMT.01	GH Tilamuta - Dalam Kota Tilamuta	GH Tilamuta	26,8

Tabel 3. Data saluran distribusi sesudah rekonfigurasi ULP Marisa

SECTION PENYULANG 20 KV SUB-SISTEM ULP MARISA				
NO	PENYULANG	SECTION	GI / PLTD	KMS
1	MR.01 / ULIN	GI Paguat - Jumper RM Kapuas	GI PAGUAT	36,4
2	MR.02 / REAKTOR	Reaktor GI Paguat	GI PAGUAT	0
3	MR.03 / JATI	GI Paguat - GH Marisa	GI PAGUAT	13,80
	LM.03	GH Marisa - LBS Iloheluma - (LBS Manunggal - Pancakarsa) - Recloser Panuhu - LBS Wonggarasi - GH Lemito - LBS Lomuli - LBS Trikora - Molosipat	GH Marisa	235,6
4	MR.04 / DAMAR	GI Paguat - GH Marisa	GI PAGUAT	16,1
	LM.01	GH Marisa - LBS Duhadada - Ujung	GH Marisa	31,7
	LM.04	GH Marisa - Bonubilatohe	GH Marisa	11,5
5	MR.06 / PINUS	GI Paguat - Recloser Salilama - LBS Lamu - GH Tilamuta	GI PAGUAT	68,3
6	TA.04	GI Tilamuta - LBS Bongonol - (LBS Duhupi) - LBS Lahumbo	GH Tilamuta	70,3
	LMT.01	GH Tilamuta - Dalam Kota Tilamuta	GH Tilamuta	26,8

Analisis data beban diperoleh masih dalam bentuk arus beban. Dalam simulasi dibutuhkan input data dalam bentuk daya aktif. Sehingga perlu perhitungan didalam mengkonversi beban dari penyulang section. Data beban yang diambil adalah data beban puncak waktu malam hari pada ULP Marisa. Data beban sebelum rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 4 dan data beban sesudah rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Data beban sebelum rekonfigurasi ULP Marisa

BEBAN PUNCAK MALAM SUB-SISTEM ULP MARISA			
NO	PENYULANG	SECTION	WBP MALAM
1	MR.01 / ULIN	GI Paguat - Jumper RM Kapuas	33
2	MR.02 / REAKTOR	Reaktor GI Paguat	0
3	MR.03 / JATI	GI Paguat - GH Marisa	0
	LM.01	GH Marisa - LBS Duhadada - Ujung	55
	LM.03	GH Marisa - LBS Iloheluma - (LBS Manunggal - Pancakarsa) - Recloser Panuhu - LBS Wonggarasi - GH Lemito - LBS Lomuli - LBS Trikora - Molosipat	136
	LM.04	GH Marisa - Bonubilatohe	60
4	MR.04 / DAMAR	GI Paguat - GH Marisa	18
5	MR.06 / PINUS	GI Paguat - Recloser Salilama - LBS Lamu - GH Tilamuta	41
6	TA.04	GI Tilamuta - LBS Bongonol - (LBS Duhupi) - LBS Lahumbo	30
	LMT.01	GH Tilamuta - Dalam Kota Tilamuta	64

Tabel 5. Data beban sesudah rekonfigurasi ULP Marisa

BEBAN PUNCAK MALAM SUB-SISTEM ULP MARISA				
NO	PENYULANG	SECTION	GI / PLTD	WBP MALAM
1	MR.01 / ULIN	GI Paguat - Jumper RM Kapuas	GI PAGUAT	33
2	MR.02 / REAKTOR	Reaktor GI Paguat	GI PAGUAT	0
3	MR.03 / JATI	GI Paguat - GH Marisa	GI PAGUAT	0
	LM.03	GH Marisa - LBS Iloheluma - (LBS Manunggal - Pancakarsa) - Recloser Panuhu - LBS Wonggarasi - GH Lemito - LBS Lomuli - LBS Trikora - Molosipat	GH Marisa	136
4	MR.04 / DAMAR	GI Paguat - GH Marisa	GI PAGUAT	18
	LM.01	GH Marisa - LBS Duhadada - Ujung	GH Marisa	55
	LM.04	GH Marisa - Bonubilatohe	GH Marisa	60
5	MR.06 / PINUS	GI Paguat - Recloser Salilama - LBS Lamu - GH Tilamuta	GI PAGUAT	41
6	TA.04	GI Tilamuta - LBS Bongonol - (LBS Duhupi) - LBS Lahumbo	GH Tilamuta	30
	LMT.01	GH Tilamuta - Dalam Kota Tilamuta	GH Tilamuta	64

## B. Hasil Simulasi Sebelum Rekonfigurasi

Simulasi aliran daya menggunakan metode newton Raphson, pertama tama sistem dimodelkan sesuai single line sistem kelistrikan ULP Marisa sebelum rekonfigurasi. Penginputan data hasil perhitungan parameter slack bus, transformator, penghantar dan beban kedalam software ETAP. Hasil simulasi berupa tegangan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Simulasi Tegangan sebelum Rekonfigurasi

Bus	V [% Mag]	V [Ang]
GI Marisa	103.09	-3.8
MR.3	100.93	-4.0
MR.4	102.98	-3.8
GH Marisa1	91.87	-4.0
GH Marisa	91.87	-4.0
LM1 Ujung	90.94	-4.2
LM3 Ujung	86.07	-5.6
LM4 Ujung	91.65	-4.1

Pada Tabel 6 terlihat bahwa hasil simulasi pada tegangan out going 20 kV GI Marisa sebelum rekonfigurasi yang tertinggi ada pada bus 20 kV GI Marisa sebesar 103,083 % dan tegangan terendah terdapat pada bus ujung penyulang dari line Marisa (LM ujung) yaitu 86,074%. Hal ini menandakan bahwa tegangan yang ada pada bus out going 20 kV GI Marisa masih dalam batas standar SPLN yaitu 110 % (+10%) dan 90 % (-10 %). Sedangkan pada ujung penyulang 20 kV GH Marisa (LM3 ujung) mengalami drop tegangan dan berada diluar batas standar SPLN. Hasil Simulasi rugi rugi daya sebelum rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Simulasi rugi-rugi daya sebelum Rekonfigurasi

Item	MW	Mvar	MVA	%PF
Total Demand	15.366	11.078	18.946	81.12 lagging
Total static load	2.268	1.405	2.668	85.00 lagging
Total motor load	11.284	6.993	13.264	85.00 lagging
Apparent losses	1.814	2.679	-	-
Percentage Losses	11,8%	24,2%	-	-

Pada Tabel 7 terlihat bahwa hasil simulasi rugi rugi daya secara keseluruhan pada saluran penghantar dengan kondisi sebelum rekonfigurasi yaitu untuk daya aktif sebesar 1,814 MW dan untuk daya reaktif 2,679 MVar. Sedangkan persentasi rugi rugi daya total dengan perbandingan rugi rugi daya total dan pembangkitan total adalah daya aktif 11,8% dan daya reaktif 24,2%.

### C. Hasil Simulasi Setelah Rekonfigurasi

Dalam simulasi setelah rekonfigurasi dilakukan dengan memecah beban penyulang pada bus out going 20 kV GI Marisa menuju GH Marisa. Pecah beban ini dilakukan dengan cara memindahkan beban penyulang yang ada pada penyulang MR 3 ke beban penyulang MR 4 GI Marisa out going 20 kV melalui line penyulang GH Marisa. Sebelumnya penyulang dari MR 3 menuju GH Marisa dan GH Marisa1 tersambung sedangkan beban penyulang MR 4 tidak tersambung dengan GH Marisa1 dan GH Marisa. Setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan dengan memecah beban yang ada di GH Marisa1 melalui GH Marisa dari penyulang MR3 sebelumnya, dipindahkan ke penyulang MR 4. Hasil Simulasi Tegangan setelah rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Simulasi Tegangan sesudah Rekonfigurasi

Bus	V [% Mag]	V [Ang]
GI Marisa	103.16	-3.7
MR.3	98.69	-4.3
MR.4	103.03	-3.7
GH Marisa1	98.66	-4.0
GH Marisa	94.73	-3.9
LM1 Ujung	97.78	-4.4
LM3 Ujung	89.11	-5.4
LM4 Ujung	98.45	-4.3

Pada Tabel 8 terlihat bahwa hasil simulasi tegangan out going 20 kV GI Marisa sesudah rekonfigurasi yang tertinggi ada pada bus 20 kV Marisa sebesar 103,16% dan tegangan terendah ada pada bus ujung penyulang dari line Marisa 2 (LM3 ujung) yaitu 89,11%. Hal ini menandakan bahwa tegangan yang ada pada bus out going 20 kV GI Marisa masih dalam batas standar SPLN +10 dan -10. Sedangkan pada ujung penyulang 20 kV GH Marisa (LM3 ujung) berada diluar batas standar SPLN, sehingga tegangan ujung dikatakan mengalami drop tegangan. Hasil simulasi rugi rugi daya setelah rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Simulasi rugi rugi daya sesudah Rekonfigurasi

Item	MW	Mvar	MVA	%PF
Total Demand	15.214	10.914	18.728	81.26 lagging
Total static load	2.333	1.446	2.744	85.00 lagging
Total motor load	11.284	6.993	13.276	85.00 lagging
Apparent losses	1.598	2.475	-	-
Percentage Losses	10,5%	22,7%	-	-

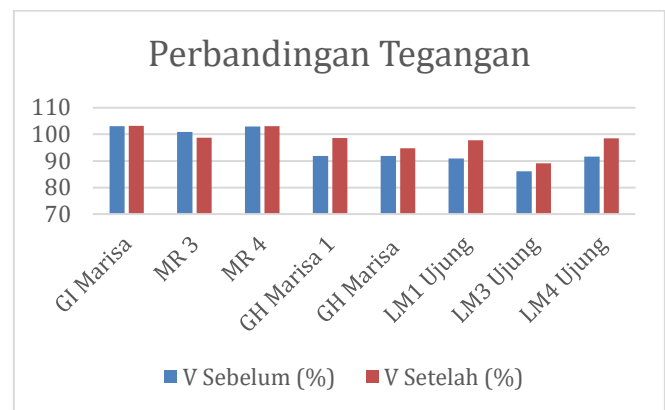
Pada Tabel 9 terlihat bahwa hasil simulasi rugi rugi daya secara keseluruhan pada saluran penghantar dengan kondisi sesudah rekonfigurasi yaitu untuk daya aktif sebesar 1,598 MW dan daya reaktif 2,475 MVar. Sedangkan persentase rugi rugi daya total dengan perbandingan rugi rugi daya total dan pembangkitan total adalah daya aktif 10,5% dan daya reaktif 22,7%.

### D. Perbandingan Hasil Simulasi sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Perbandingan hasil simulasi sebelum dan sesudah rekonfigurasi untuk tegangan terlihat persentase kenaikan pada semua bus beban rata rata 3%. Kenaikan rata rata

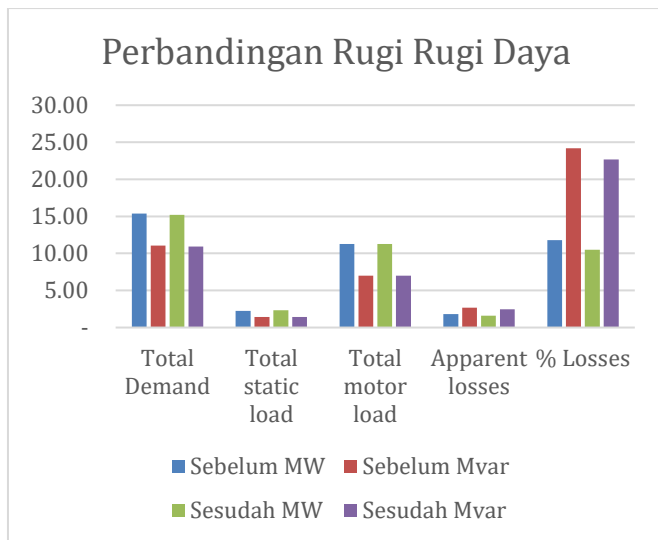
tegangan disebabkan karena beban penyulang di MR 3 sebelumnya terlalu besar dan memiliki saluran penghantar yang panjang, sehingga dilakukan pecah beban dengan memindahkan beban penyulang MR 4. Penyulang MR 4 dipilih dikarenakan beban yang dilayani pada GH Marisa dan GH Marisa1 begitu besar dan juga memiliki saluran yang panjang. Sehingga tegangan pada bus ujung saluran mengalami drop tegangan.

Rekonfigurasi jaringan distribusi yang dilakukan dengan tujuan membagi beban pada penyulang GI Marisa 20 kV untuk penyaluran daya ke GH Marisa dan GH Marisa 1 memberikan dampak terhadap profil tegangan sistem. Dampak tersebut berupa peningkatan nilai tegangan pada setiap bus di masing-masing penyulang GI Marisa 20 kV, GH Marisa, hingga ujung bus saluran. Perubahan ini mengakibatkan kualitas tegangan pada setiap bus di sistem kelistrikan ULP Marisa menjadi lebih baik. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata-rata tegangan di seluruh bus berada dalam kondisi baik dan masih sesuai dengan batas toleransi yang ditetapkan oleh standar SPLN. Perbandingan tegangan sebelum dan sesudah proses rekonfigurasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Tegangan Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Perbandingan rugi rugi daya total sebelum dan setelah rekonfigurasi terlihat penurunan daya aktif sebesar 216 kW dengan persentase 1,3%, sedangkan daya reaktif sebesar 204 kVar dengan persentase 1,5%. Penurunan rugi rugi daya secara keseluruhan setelah dilakukan rekonfigurasi disebabkan karena beban yang dilayani oleh GH Marisa dan GH Marisa1 dari supply penyulang MR3 dipecah atau dipindahkan. Beban yang dilayani oleh GH Marisa1 dipecah/dipindahkan ke penyulang MR 4 dan GH Marisa tetap mendapat supply dari penyulang MR3.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Rugi Rugi Daya Sebelum dan Setelah Rekonfigurasi

Adanya rekonfigurasi jaringan sistem di ULP Marisa ini memberikan pengaruh terhadap sistem kelistrikan di GI Marisa dengan bisa mengurangi drop tegangan yang terjadi dan dapat memperkecil rugi rugi daya, sehingga memberikan performance sistem kelistrikan yang lebih baik khususnya di wilayah ULP Marisa.

#### E. Ketidakseimbangan Beban

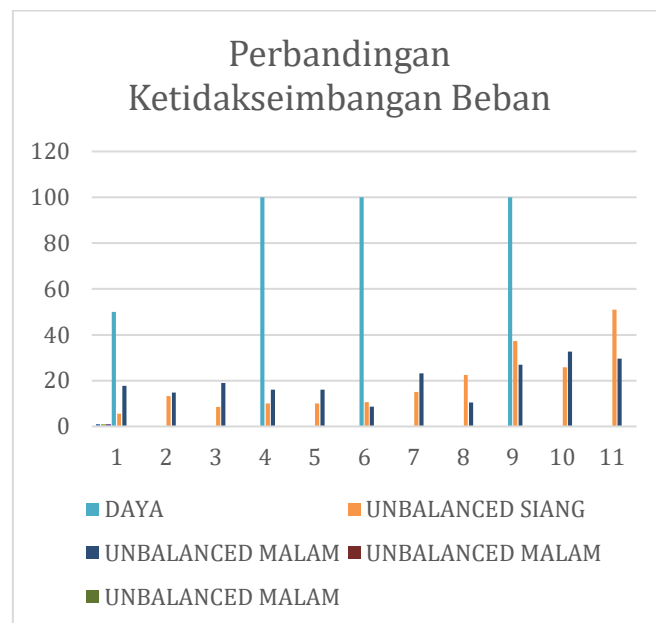
Ketidakseimbangan beban yang ada pada ULP Marisa dilakukan dengan cara pengukuran langsung pada transformator distribusi. Pengukuran dilakukan pada siang hari dan malam hari. Total transformator distribusi yang ada pada ULP adalah kurang lebih 500 unit. Dalam ketidakseimbangan beban ini, yang dianalisis adalah transformator yang diduga mengalami ketidakseimbangan beban. Hal ini dapat diketahui dari data pengukuran transformator distribusi paling ujung. Dalam data pengukuran tersebut, terdapat ada empat unit transformator distribusi yang mengalami ketidakseimbangan beban. Hasil ketidakseimbangan beban dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Ketidakseimbangan Beban

NO	NO. GARDU	NAMA/ LOKASI	PENYULANG	DAYA	UNBALANCED SIANG	UNBALANCED MALAM
66	GM037	BULILI TANJUNG	LM04 UJUNG	50	5,5%	17,7%
					13,2%	14,8%
					8,5%	19,0%
75	GM047	BUNTULIA JAYA	MR.04 UJUNG	100	10,1%	16,0%
					10,1%	16,0%
24	GM072	SUKA MAKMUR	LM01 UJUNG	100	10,6%	8,6%
					15,1%	23,1%
					22,5%	10,5%
63	GML 198	LEMITO	LM03 UJUNG	100	37,3%	27,0%
					25,8%	32,6%
					50,9%	29,6%

Pada Tabel 10 hasil pengukuran ketidakseimbangan beban pada siang hari dan malam hari terlihat bahwa ketidakseimbangan beban pada penyulang LM.04 ujung gardu GM037 yang berlokasi di tanjung bulili pada

pengukuran siang hari persentase ketidakseimbangan beban sebesar 5,5% dan pada malam hari adalah sebesar 17,7%. Pada penyulang LM.03 ujung gardu GML198 yang berlokasi di Lemito pada pengukuran siang hari terlihat bahwa persentase ketidakseimbangan beban adalah sebesar 37,3% dan pada waktu malam hari adalah sebesar 27%. Sedangkan untuk penyulang MR.4 ujung gardu (GM047) dan penyulang LM.01 ujung (GM072) masing-masing untuk persentase ketidakseimbangan beban pada siang hari adalah sebesar 10,1,8% dan 10,6%, sedangkan pada malam hari masing masing adalah sebesar 16% dan 8,6%. Perbandingan ketidakseimbangan beban pada siang hari dan malam hari dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan Ketidakseimbangan Beban

Hal ini menandakan bahwa berdasarkan persentase ketidakseimbangan beban terbesar ada pada penyulang ujung lemito LM.03 (GML198) sedangkan yang terkecil ada pada gardu GM 037 (LM.04). Penyebab ketidakseimbangan beban tersebut dipengaruhi oleh pola penyambungan SR (Sambungan Rumah) pada proses sambung baru tidak memperhatikan kondisi beban fasa pada gardu distribusi.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sistem kelistrikan pada ULP Marisa terhadap rekonfigurasi jaringan sistem pecah beban dapat disimpulkan bahwa : 1). Adanya rekonfigurasi pada sistem kelistrikan ULP Marisa out going 20 kV adalah dapat meminimalisir drop tegangan pada setiap bus GI Marisa out going 20 kV dan Gardu Hubung Marisa serta bus pada ujung saluran; 2). Sesudah rekonfigurasi pada sistem kelistrikan ULP Marisa di GI Marisa out going 20 kV, dapat meminimalisir rugi rugi daya baik rugi rugi daya aktif dan daya reaktif, sehingga memberikan performance sistem lebih baik; 3). Ketidakseimbangan beban terbesar terjadi pada ujung saluran Lemito LM3 ujung pada transformator GML198 sebesar 37,3% pada siang hari dan 27% pada malam hari, sehingga perlu dilakukan pemerataan beban.

#### REFERENSI

[1] Nelwan, M. N., Tuegeh., & Lisi, I. F. (2015).

- Penyusutan Energi Listrik pada Penyulang SU2 Jaringan Distribusi Minahasa Utara. *E-Jurnal Tek. Elektro dan Komputer.*, vol. 4, no. 2, pp. 67–76, 2015.
- [2] Putra, D. E. K. A. (2016). Analisa Pengaruh Penambahan Jaringan Baru dari Gardu Induk Masaran ke PT. Sinaran Agung Selalu Sukses terhadap Susut Daya. Skripsi. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [3] RH, N. S. (2016). Analisa Susut Daya Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 20 KV Penyulang Ekspres PT. PLN (Pesero) Area Gorontalo (Studi Kasus Pada Penyulang BP.07-LT.11). Skripsi. Teknik Elektro. Unniversitas Ichsan Gorontalo
- [4] Bahri, S., Gianto, R., & Arsyad, M. I. (2015). Studi Pertambahan Beban Transformator Daya Pada Gardu Induk Parit Baru PT . PLN ( Persero ) Cabang Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjung Pura.*
- [5] Daniel Dalam, H. (2013). Analisis Susut Energi Pada Sistem Jaringan Distribusi Di Pt. Pln Apj Yogyakarta Upj Wonosari Unit Semanu. *Seminar Nasional Informatika Yogyakarta, 2013(semnasIF)*, 1979–2328.
- [6] Fayyadl, M., Sukmadi, I. T., & Winardi, I. B. (n.d.). Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Daya Listrik Dengan Metode Algoritma Genetika. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro.* 2006.
- [7] Hakim, H. (2012). Studi susut energi pada saluran distribusi dengan variasi beban pelanggan bisnis skripsi. Universitas Indonesia Library. Jakarta. (1–74).
- [8] Hariyadi, S. (2017). Analisa Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Gardu Induk Palur-Masaran. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta. (1–16).
- [9] Made Suartika, I. W. A. W. (2010). Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Untuk Memperbaiki Drop Tegangan Di Daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung. *Majalah Ilmiah Teknik Elektro.* Universitas Udayana.
- [10] PT. PLN (Persero). UP3 Gorontalo. 2020.
- [11] Steven Humena, Frengki E.P Surusa, H. A. (2018). Dampak Masuknya PLTS Isimu 10 MW Terhadap Profil Tegangan Pada Sistem Kelistrikan 150 KV Gorontalo. (September).
- [12] Cahyanto, Restu Dwi. 2008. “Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Pupur Dan Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Pupur Dan.” Departemen teknik elektro fakultas teknik universitas indonesia.
- [13] S, Julen Kartoni, and Edy Ervianto. 2016. “Analisa Rekonfigurasi Pembebanan Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi 20 KV.” *Jom FTEKNIK* 3(2): 1–10.
- [14] Dewantara, M., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2018). Analisis rugi-rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kv dari gardu induk wonogiri sampai gardu induk wonosari. *TK Electrical Engineering. Electronics Nuclear Engineering.* Retrieved from <http://eprints.ums.ac.id/60172/>.
- [15] Frengki, suyono, W. (2016). Analisis Steady State dan Dinamik pada Perencanaan Pengembangan Pembangkit Sistem Gorontalo. *E-JAEI*, 9–14.