

ANALISIS PECAH BEBAN DAN PENAMBAHAN GARDU HUBUNG PENYULANG TINOMBO TERHADAP SUSUT TEKNIS SERTA JATUH TEGANGAN

Muh Fajar Malik¹, Ruslan L², Wisna Saputri Alfira WS³,

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

Keywords:

Susut;
Jatuh Tegangan;
Pecah Beban;
Gardu Hubung.

Correspondent Email:

fajarjaprak03@gmail.com

Abstrak. PT. PLN (Persero) ULP Kotaraya UP3 Tolitoli saat ini memiliki enam penyulang outgoing di sistem interkoneksi 20 kV yang disuplai oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Berdasarkan laporan audit PLN tahun 2020 penyulang Tinombo merupakan penyulang dengan kinerja kurang baik karena menyumbang susut energi dan mengalami jatuh tegangan hingga 9,5%, sehingga 53,9% gardu distribusi memiliki tegangan pangkal rendah dan pendapatan perusahaan tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pecan beban dan penambahan gardu hubung terhadap susut teknis dan jatuh tegangan serta pengaruhnya terhadap pendapatan perusahaan. Metode yang digunakan adalah simulasi aliran daya di ETAP 19.0.1 pada kondisi sebelum proyek, kemudian pemodelan skema pecah beban dan penambahan gardu hubung, diikuti simulasi pascapenerapan skema. Dari hasil simulasi kondisi sebelum dan setelah pecah beban maka dilakukan analisis sehingga diperoleh data berupa perbaikan susut teknis dari 8,10% menjadi 5,52%, peningkatan jatuh tegangan menjadi 5,8% sehingga pecah beban penyulang Tinombo dan pembangunan gardu hubung baru mempertahankan pendapatan penjualan sebesar Rp 3.601.255.680 serta optimalisasi tegangan dengan melakukan penyesuaian posisi tap trafo pada 41 unit gardu distribusi yang sudah tidak mengalami tegangan pangkal rendah.



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. PT PLN (Persero) ULP Kotaraya, UP3 Tolitoli, currently operates six outgoing feeders on a 20-kV interconnected system supplied by diesel power plants (PLTD). According to PLN's 2020 audit report, the Tinombo feeder exhibited poor distribution performance, contributing to energy losses and experiencing voltage drops of up to 9.5%. Consequently, 53.9% of distribution substations recorded low sending-end voltages, and the company's revenue was suboptimal. This research aims to evaluate the effects of feeder splitting and the addition of a switching substation on technical losses and voltage drop, as well as their impact on the company's revenue. The methodology involves power-flow simulations in ETAP 19.0.1 under pre-project conditions, followed by modeling the feeder-splitting scheme and adding the switching substation, and then post-implementation simulations. Comparative analysis of the before-and-after scenarios shows that technical losses improved from 8.10% to 5.52%, the end-of-line voltage drop improved to 5.8%, sales revenue was sustained at IDR 3,601,255,680, and voltage optimization was achieved by adjusting transformer tap positions at 41 distribution substations, which no longer experienced low sending-end voltages.

1. PENDAHULUAN

Listrik kini menjadi kebutuhan dasar yang menopang hampir semua aktivitas manusia. Industri, telekomunikasi, teknologi informasi, pertambangan, transportasi umum, layanan kesehatan, pendidikan, hingga kegiatan rumah tangga bergantung pada ketersediaan daya yang andal dan aman. Seiring digitalisasi dan elektrifikasi sektor-sektor produktif, tuntutan terhadap keandalan suplai dan kualitas tegangan semakin tinggi, sehingga apabila terdapat gangguan kecil saja dapat memicu kerugian operasional, menurunkan produktivitas, dan memengaruhi kepuasan pelanggan [1]. PT. PLN (Persero) memegang peran strategis sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) penyedia layanan ketenagalistrikan nasional, memastikan pasokan tersedia, menjaga mutu daya sesuai standar, serta mendukung agenda transisi energi dan pembangunan ekonomi daerah.

PT. PLN (Persero) membagi pengelolaan distribusi listrik di Pulau Sulawesi ke dua unit induk, yaitu UID (Unit Induk Distribusi) Sulselrabar (Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat) dan UID Suluttenggo (Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Gorontalo). Di Provinsi Sulawesi Tengah, sistem kelistrikan terdiri atas interkoneksi Sulbagsel 150/70 kV serta beberapa sistem terisolasi 20 kV yang disuplai PLTD dan PLTM, dengan sebaran pusat beban yang berjauhan dan pertumbuhan konsumsi listrik yang meningkat akibat digitalisasi layanan publik, ekspansi UMKM, dan elektrifikasi transportasi serta industri lokal.

Pada Kabupaten Parigi Moutong, ULP (Unit Layanan Pelanggan) Parigi, ULP Kotaraya, dan ULP Moutong melayani pertumbuhan permintaan listrik yang relatif tinggi, terutama pada jaringan-jaringan terisolasi. Pertumbuhan beban yang tersebar dan jarak antarpusat beban yang berjauhan membuat beberapa penyulang pada jaringan 20 kV menjadi panjang dan berbeban berat [2]. Salah satu contohnya adalah penyulang Tinombo di ULP Kotaraya, yang memiliki beban besar dengan panjang lintasan hingga 92 kms berdasarkan Data Aset Distribusi ULP Kotaraya tahun 2023. Berdasarkan laporan audit Satuan Pengawas Intern (SPI) PLN 2020, penyulang Tinombo tercatat berkinerja distribusi kurang baik karena menyumbang susut energi dan mengalami jatuh

tegangan hingga 9,5%, berdampak pada 53,9% populasi gardu distribusi dengan tegangan pangkal di bawah standar serta penurunan optimalisasi pendapatan

Saluran distribusi yang terlalu panjang menyebabkan tegangan jatuh di bawah standar [3], rugi daya membesar, serta mutu pelayanan ikut terdampak [4]. Sejumlah penelitian pada jaringan 20 kV di Indonesia menunjukkan bahwa, profil tegangan dapat tetap berada dalam batas normal bila lintasan daya dan pembagian beban dikelola dengan baik; jika tidak, kualitas layanan menurun dan biaya rugi daya meningkat [5][6].

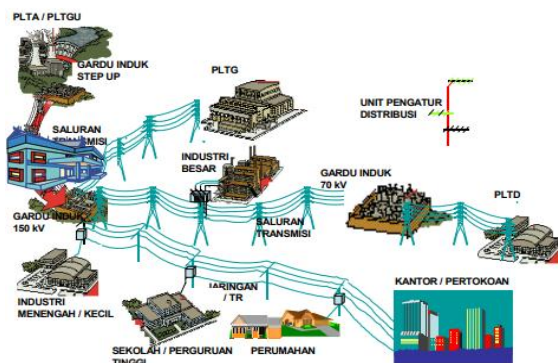
Upaya menekan susut daya dan jatuh tegangan krusial untuk menjaga kualitas pasokan listrik. Beragam pendekatan dapat dipadukan secara analitis, pemodelan dengan aplikasi seperti ETAP dapat membantu mengevaluasi rugi-rugi dan profil tegangan sebelum dan sesudah perbaikan [7] [8]. Dari sisi peralatan, pemasangan kapasitor bank pada jaringan 20 kV menurunkan kebutuhan daya reaktif sekaligus mengangkat profil tegangan [9]. Dari sisi topologi, penempatan transformator distribusi baru dan pengaturan ulang jaringan memendekkan lintasan aliran daya ke kelompok beban sehingga jatuh tegangan berkurang [10]. Sejalan dengan itu, pemisahan beban atau rekonfigurasi penyulang terbukti menurunkan susut teknis dan jatuh tegangan pada studi jaringan distribusi [11]. Dalam kebijakan operasi, penurunan tegangan perlu dijaga tetap di bawah standar yaitu tidak lebih dari 10% dari tegangan nominal, sehingga mutu layanan dan efisiensi biaya tetap terpelihara [12].

Dengan demikian, penerapan pecah beban dan pembangunan gardu hubung pada penyulang Tinombo menjadi pilihan paling rasional untuk menurunkan rugi daya, memperbaiki profil tegangan hingga batas baku, dan menjaga kontinuitas penyaluran. Melalui usulan pecah beban dan pembangunan gardu hubung, penelitian ini diharapkan memberikan dasar teknis yang kuat bagi perbaikan operasi jaringan dan mendorong kontribusi penjualan energi yang lebih optimal bagi perusahaan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Bisnis Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik melayani kebutuhan pelanggan melalui tiga tahapan utama: pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Energi dibangkitkan pada PLTA, PLTD, PLTU, PLTG, PLTGU, maupun PLTN, lalu tegangannya dinaikkan dengan transformator penaik sebelum dialirkan melalui saluran transmisi bertegangan tinggi—umumnya 66 kV, 150 kV, atau 500 kV. Di gardu induk, tegangan transmisi diturunkan kembali menjadi tegangan menengah (umumnya 20 kV, 12 kV, atau 6 kV) untuk masuk ke jaringan distribusi primer. Selanjutnya, pada gardu distribusi, tegangan diturunkan menjadi 380/220 V dan disalurkan melalui jaringan tegangan rendah menuju pelanggan; tahap ini disebut jaringan distribusi sekunder. Saluran distribusi dapat berupa saluran udara atau bawah tanah, namun di Indonesia lebih banyak digunakan saluran udara karena lebih ekonomis meski lebih rentan gangguan lingkungan seperti petir atau benda asing di sekitar jaringan [13]. Pada gambar 1 ditunjukkan proses sistem tenaga listrik dari hulu ke hilir.



Gambar 1. Proses Penyaluran Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik terbagi menjadi dua tingkat yaitu distribusi primer pada tegangan menengah dan distribusi sekunder pada tegangan rendah. Media penyalur yang digunakan bisa saluran udara atau saluran bawah tanah; di lingkungan PLN, saluran udara atau SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah) lebih umum dipilih karena biaya lebih ekonomis, meskipun lebih rentan gangguan lingkungan seperti petir, layang-layang, atau ranting pohon.

2.2. Konfigurasi Jaringan Tenaga Listrik

Pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV, pola konfigurasi jaringan tenaga listrik

umumnya dikelompokkan menjadi lima. Pertama, konfigurasi pola radial yang paling sederhana dan ekonomis: satu penyulang memberi suplai berantai ke beberapa gardu distribusi, namun konsekuensinya keandalan lebih rendah karena gangguan di jalur utama dapat memadamkan seluruh beban di hilir.

Kedua, konfigurasi pola tie line dirancang untuk pelanggan prioritas, seperti rumah sakit atau bandara, di mana beban dihubungkan ke sedikitnya dua penyulang dan dilengkapi automatic transfer switch, sehingga ketika satu jalur terganggu, pasokan otomatis berpindah ke jalur lain.

Ketiga, konfigurasi pola loop (ring) yang membentuk cincin suplai dari lebih dari satu gardu induk; rancangan ini meningkatkan keandalan karena daya dapat mengalir dari arah lain saat terjadi gangguan lokal.

Keempat, konfigurasi pola spindel sebagai kombinasi radial–ring: beberapa penyulang dari gardu induk berakhir di gardu hubung dan sering memanfaatkan kabel tanah menengah; dalam operasi harian ia tetap diperlakukan seperti radial tetapi memiliki opsi penyulang cadangan (express) untuk fleksibilitas manuver.

Kelima, konfigurasi pola grid yang banyak diterapkan di kawasan perkotaan padat beban; banyaknya titik sambung dan saklar memungkinkan operator melakukan pengalihan pasokan dengan cepat ketika terjadi gangguan pada salah satu ruas [14][15].

2.3. Susut Distribusi (Losses)

Susut atau losses adalah selisih antara energi listrik yang masuk ke sistem dengan energi yang tercatat dan terjual kepada pelanggan. Susut terbagi menjadi susut teknis dan susut non teknis. Susut teknis muncul sepanjang proses penyaluran mulai dari pembangkit hingga ke pelanggan karena energi berubah menjadi panas pada konduktor dan peralatan. Secara sederhana daya hilang berbanding lurus dengan kuadrat arus dan tahanan konduktor [16].

Besar tahanan dipengaruhi oleh jenis bahan panjang penghantar dan luas penampang. Semakin besar arus dan semakin panjang serta semakin kecil penampang maka rugi daya meningkat. Dampaknya terlihat pada energi yang tidak tersalurkan dan nilai rupiah yang hilang sehingga utilitas biasanya

menghitungnya sebagai biaya kinerja operasi dan dasar perbaikan jaringan [17].

Susut non teknis terjadi ketika energi terpakai tetapi tidak tercatat dalam penjualan. Penyebab yang umum antara lain penyalahgunaan tenaga listrik, pembacaan meter yang keliru, kesalahan proses *wiring* serta ketidakakuratan alat ukur seperti kWh meter anomali atau rusak [18]. Untuk menjaga akurasi pengukuran perusahaan melakukan penggantian kWh meter secara berkala serta pemeriksaan dan kalibrasi rutin agar energi yang tercatat sesuai dengan energi yang digunakan pelanggan. Susut berpengaruh pada penjualan tenaga listrik dari suatu sistem ketenagalistrikan karena terdapat energi not served (ENS) [19]. Sehingga untuk mendapatkan nilai rupiah menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{susut} = \frac{P_{\text{losses}}}{P_{\text{load}}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Loss Rupiah} = \text{Susut} \times \text{jam nyala} \times n \text{ bulan dalam 1 tahun} \times \text{Harga kWh} \quad (2)$$

Keterangan:

% susut = Persentase susut teknis terhadap total beban

P_{Losses} = Susut Daya (kW)

P_{Load} = Daya Total (kW)

2.4. Jatuh Tegangan (Drop Voltage)

Panjang jaringan tegangan menengah perlu dirancang dengan memperhatikan jatuh tegangan yaitu berkurangnya nilai tegangan saat mengalir di sepanjang penghantar. Peristiwa ini selalu ada, baik di sisi pelanggan maupun di sisi perusahaan. Rugi tegangan atau jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar [20].

Besarnya jatuh tegangan dapat dinyatakan dalam persentase atau dalam volt. Berdasarkan SPLN 72:1987, deviasi tegangan yang diizinkan pada jaringan tegangan menengah adalah hingga +5% di atas tegangan nominal dan hingga -10% di bawah tegangan nominal [21]. Besar rugi tegangan pada saluran distribusi primer untuk sistem tiga fasa dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

$$\Delta V = V_S - V_R \text{ (kV)} \quad (4)$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_S} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

ΔV : Rugi tegangan (Volt)

$\cos \theta$: Faktor daya beban

L : Panjang Penghantar (km)

V_S : Tegangan sumber atau kirim (Volt)

V_R : Tegangan pada sisi penerima (Volt)

ΔV : Jatuh tegangan (kV)

2.5. Tap Changer Transformator

Transformator adalah peralatan listrik yang dapat mengubah tegangan AC menjadi lebih tinggi atau lebih rendah tanpa mengubah frekuensi, sekaligus memindahkan energi dari satu rangkaian ke rangkaian lain. Secara fisik, trafo tersusun dari kumparan primer, kumparan sekunder, dan inti besi berlaminasi. Kumparan primer terhubung ke sumber, kumparan sekunder ke beban, sementara inti besi berfungsi menyalurkan fluks magnet agar perpindahan energi lebih efisien [22]. Tegangan yang dihasilkan pada sekunder bergantung pada besaran tegangan dan arus primer dan tentunya jumlah lilitan pada primer dan sekunder.

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{I_P}{I_S} = \frac{N_P}{N_S} \quad (6)$$

$$V_P = V_S \times \alpha \quad (7)$$

Keterangan :

α : Rasio

V_P : Tegangan primer (V)

V_S : Tegangan sekunder (V)

I_P : Arus primer (A)

I_S : Arus sekunder (A)

N_P : Jumlah lilitan primer

N_S : Jumlah lilitan sekunder

Pada trafo distribusi, tap changer dipakai untuk menyetel rasio lilitan efektif sehingga tegangan keluaran tetap stabil saat tegangan masuk atau beban berubah. Penyetelan tap yang tepat membantu menjaga profil tegangan beban, meningkatkan efisiensi, dan menjaga kestabilan sistem; sebaliknya, posisi tap yang kurang tepat dapat memicu fluktuasi tegangan, menaikkan rugi-rugi dan temperatur trafo. Perubahan posisi

tap biasanya dilakukan secara manual atau otomatis, tergantung pada desain dan kontrol sistem distribusi [23]. Dalam optimalisasi tegangan pada gardu distribusi perlu diketahui tabel rasio tap trafo pada Tabel 1.

Tabel 1. Rasio Tap Trafo Distrbusi

POSISI TAP	SISI TM (V)	SISI TR (V)	RASIO
TAP 1	21000	400	52,5
TAP 2	20500	400	51,25
TAP 3	20000	400	50
TAP 4	19500	400	48,75
TAP 5	19000	400	47,5
TAP 6	18500	400	46,25
TAP 7	18000	400	45

3. METODE PENELITIAN

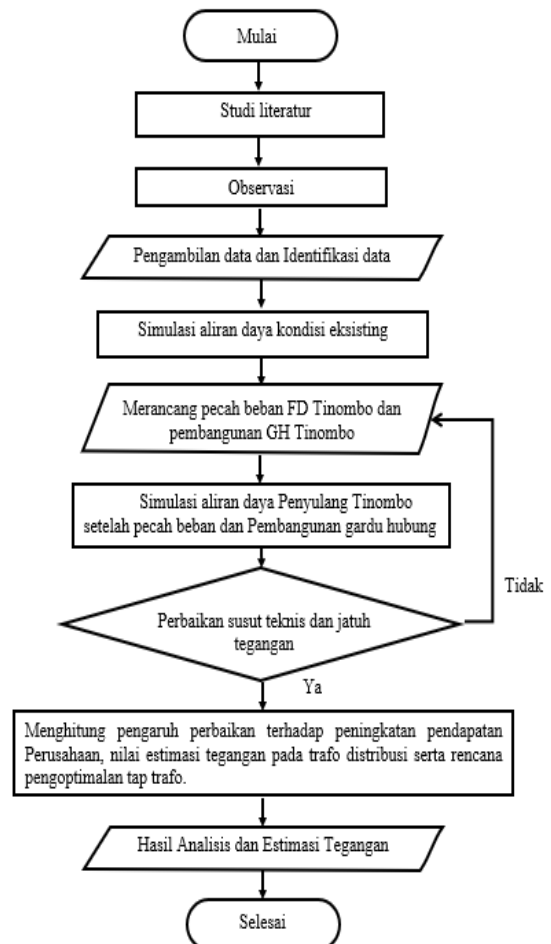
Lokasi kegiatan secara umum telah dilakukan di PT. PLN (Persero) ULP Kotaraya, Jl. Trans Sulawesi Desa Kotaraya Kecamatan Mepanga Kabupaten Parigi Moutong. Pada bulan November 2023 s.d Juli 2024. Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu:

- 1) Mengumpulkan data sistem Kotaraya berupa Single Line Diagram (SLD) penyulang Tinombo, panjang saluran, beban gardu, Load Break Switch (LBS), Recloser, beban puncak penyulang, tegangan dan tap trafo distribusi
- 2) Melakukan simulasi aliran daya, susut teknis, dan jatuh tegangan sebelum dan setelah pecah beban dan pembangunan Gardu Hubung baru menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1.
- 3) Menghitung perbandingan susut teknis sebelum dan setelah pecah beban dan pembangunan Gardu Hubung baru

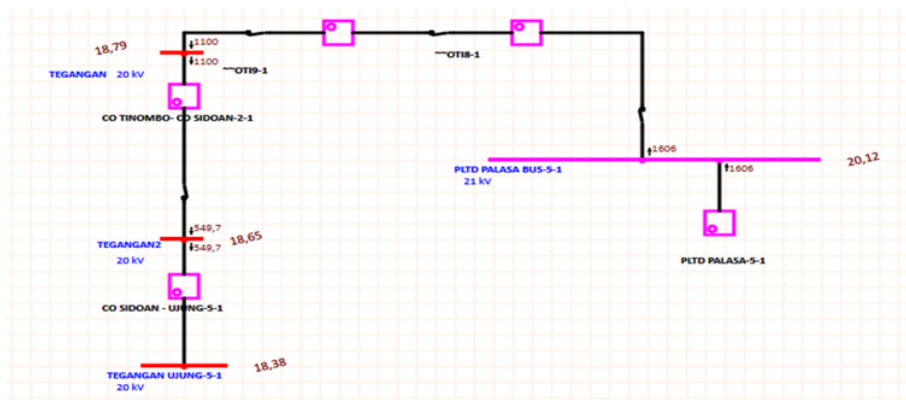
terhadap peningkatan pendapatan perusahaan menggunakan persamaan (2).

- 4) Menghitung rencana pengoptimalan tap trafo distribusi menggunakan persamaan (6) dan (7).

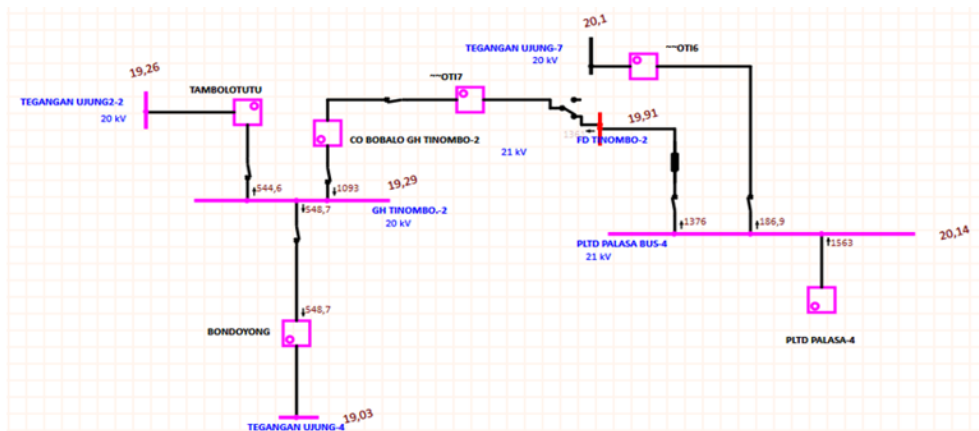
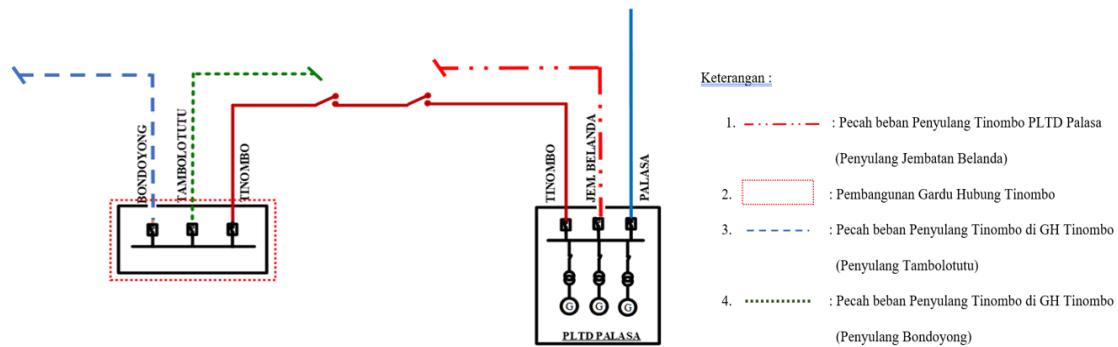
Alur penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk *flowchart* seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Alur Penelitian



Gambar 3. Simulasi Aliran Daya Kondisi Eksisting Penyulang Tinombo



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sistem Aliran Daya Kondisi Eksisting

PT PLN (Persero) ULP Kotaraya UP3 Tolitoli mengoperasikan enam penyulang outgoing pada sistem interkoneksi 20 kV yang sebagian besar masih disuplai PLTD. Salah satunya adalah penyulang Tinombo yang melayani 8.146 pelanggan dominan rumah tangga dan menyumbang susut terbesar sekitar 1 GWh per tahun, sehingga memerlukan perbaikan. Faktor teknis yang memengaruhi antara lain beban penyulang sekitar 1,74 MW dengan total 76 gardu, konfigurasi radial pada SUTM sepanjang 97 km menggunakan penghantar AAAC 70 mm² yang secara operasional berdampak pada pengelolaan layanan, profil tegangan, dan keandalan terutama saat terjadi gangguan. Secara aset, 76 gardu distribusi pada penyulang Tinombo disuplai langsung dari PLTD Palasa dengan dominasi konstruksi cantol serta beberapa gardu portal di pusat beban besar; trafo

umumnya tiga fasa namun masih terdapat unit satu fasa seperti TNB 200.

Data operasi menunjukkan 41 gardu berada pada kondisi tegangan pangkal rendah dan 35 gardu normal atau setara 53,9 persen gardu under-voltage. Jaringan terbagi dalam 16 segmen total 97,0 km dengan segmen terpanjang Patingke 9,34 km dan terpendek Dusun 4 Bondoyong 0,92 km. Hasil simulasi ETAP 19.0.1 pada kondisi eksisting menunjukkan tegangan pangkal 20,12 kV dan tegangan ujung 18,38 kV atau jatuh tegangan 9,5 persen yang masih dalam batas mutu pelayanan +5 dan -10 persen menurut SPLN 72:1987, namun tetap menjadi dasar optimalisasi lebih lanjut untuk meningkatkan potensi penjualan energi.

4.2. Skema Pecah Beban Penyulang Tinombo

Simulasi aliran daya menunjukkan adanya jatuh tegangan di ujung penyulang, sehingga diperlukan skema pecah beban untuk memulihkan profil tegangan. Solusi yang

dirancang adalah membangun tiga penyulang baru—Jembatan Belanda, Tambolotutu, dan Bondoyong—serta mendirikan Gardu Hubung (GH) Tinombo sebagai sarana pemisah beban penyulang Tinombo. Langkah ini bertujuan mengurangi susut pada penyulang Tinombo sekaligus memperkecil area padam saat terjadi gangguan. Dalam pelaksanaannya, penyulang baru akan mengambil alih sebagian besar beban dari penyulang Tinombo, sementara GH Tinombo ditempatkan di titik tengah beban untuk menambah keypoint yang membagi zona penyulang. Di GH Tinombo, penyulang Tinombo masuk sebagai incoming, lalu keluar dua outgoing yaitu Penyulang Tambolotutu dan Penyulang Bondoyong. Skema rinci pecah beban ditunjukkan pada gambar 4.

4.3. Simulasi Aliran Daya Setelah Pecah Beban

Setelah skema pecah beban diterapkan, dilakukan simulasi aliran daya pasca-implementasi. Jaringan yang semula hanya dilayani satu penyulang berubah menjadi empat penyulang, yaitu penyulang Tinombo eksisting, penyulang Jembatan Belanda, serta dua penyulang keluaran dari Gardu Hubung Tinombo yakni penyulang Tambolotutu dan penyulang Bondoyong, sehingga pembagian beban menjadi lebih merata.

Hasil simulasi ETAP 19.0.1 menunjukkan tegangan pangkal untuk penyulang Tinombo dan penyulang Jembatan Belanda sebesar 20,14 kV. Saat penyulang Tinombo masuk sebagai kubikel incoming di GH Tinombo, tegangannya tercatat 19,29 kV, sedangkan tegangan ujung penyulang Jembatan Belanda adalah 20,10 kV. Untuk dua penyulang keluaran GH Tinombo, tegangan ujung tercatat 19,26 kV pada penyulang Tambolotutu dan 19,03 kV pada penyulang Bondoyong. Secara keseluruhan, jatuh tegangan ujung yang semula 9,5% membaik menjadi 5,8% pada titik ujung yang sama.

Perbandingan sebelum dan sesudah pecah beban pada tabel 2 menegaskan bahwa langkah ini efektif memperbaiki profil tegangan sekaligus menurunkan susut teknis. Pembagian gardu yang semula disuplai satu penyulang menjadi empat penyulang mengikuti konfigurasi jaringan eksisting menghasilkan penurunan susut dari 0,131 MW menjadi 0,087 MW. Jika dinyatakan dalam persentase

menggunakan persamaan (1), susut teknis total turun dari 8,10% menjadi 5,52%.

Tabel 2. Kondisi Sebelum dan Sesudah Pecah Beban

PENYULANG	SEBELUM PECAH BEBAN							SESUDAH PECAH BEBAN						
	KW SUPPLY	GARDU (M)	Pangkal (kV)	Ujung (kV)	% Drop Tegangan	Susut (mW)	% Susut	KW SUPPLY	GARDU (M)	Pangkal (kV)	Ujung (kV)	% Drop Tegangan	Susut (mW)	% Susut
	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
	1.617	76	20.12	18.38	9.5	0.131	8.1	1376 (232)	16	20.14	19.29	4.4		
	-	-						187	10	20.14	20.1	0.2		
Tambolotutu	-	-						544	17	19.29	19.26	4.6		
Bondoyong	-	-						549	33	19.29	19.03	5.8		
Total	1.617	76						1563	76					

4.4. Analisis Perhitungan Keuntungan Finansial Perusahaan

Berdasarkan data pada tabel 2 dapat diketahui nilai kerugian finansial perusahaan pada kondisi sebelum dan sesudah pecah beban dalam satu tahun terhadap susut yang ditimbulkan sebagai berikut.

- Sebelum Pecah Beban
Diketahui:
Susut = 0,131 mW = 131 kW
Jam Nyala = 24 Jam x 30 Hari = 720 jam
Harga Rata-rata KWH UP3 Tolitoli = Rp 9,473
Loss Rupiah = Susut x jam nyala x bulan dalam 1 tahun x Harga KWH
= Rp 10.721.920.320
- Setelah Pecah Beban
Diketahui:
Susut = 0,087 mW = 87 kW
Jam Nyala = 24 Jam x 30 Hari = 720 jam
Harga Rata-rata KWH UP3 Tolitoli = Rp 9,473
Loss Rupiah = Susut x jam nyala x bulan dalam 1 tahun x Harga KWH = Rp 7.120.664.640
- Selisih Kerugian (Opportunity loss)
Opportunity Loss = Loss Rupiah sebelum - Loss Rupiah sesudah = 10.721.920.320 - 7.120.664.640 = Rp 3.601.255.680

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diketahui bahwa kerugian sebelum dilakukan pecah beban dalam setahun sebesar Rp 10.721.920.320 dan Rp 7.120.664.640 setelah pecah beban sehingga hasil selisih kerugian yang dapat dijadikan sebagai kinerja penjualan sebesar Rp. 3.601.255.680 dalam kurun waktu satu tahun.

- [2] N. Y. Latif, A. W. Indrawan, N. A. Noor, and A. Rahmadani, "ANALISIS DAMPAK INTEGRASI GARDU INDUK MOUTONG TERHADAP DROP TEGANGAN SISTEM ISOLATED ULP KOTARAYA," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, 2025.
- [3] S. Bandri, R. Andari, and F. E. Mustika, "ANALISIS PERBAIKAN DROP TEGANGAN MELALUI PERUBAHAN POLA OPERASI PADA PENYULANG KOTO TINGGA," *RADIAL J. Perad. Sains, Rekayasa dan Teknol.*, vol. 9, no. 2, pp. 221–233, Dec. 2021, doi: 10.37971/radial.v9i2.238.
- [4] D. F. Nurjaman, H. A. Rifan, E. Taryana, and W. Hidayat, "Analisis Perbaikan Drop Tegangan dengan Metode Pecah Beban pada Penyulang GNAP PT. PLN (Persero) ULP Plered," *Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 22, no. 1, pp. 42–52, 2024.
- [5] I. R. Aprillia, I. F. Akmalia, D. A. Wulandari, and S. Sujito, "REKONFIGURASI SALURAN UDARA PADA PENYULANG JARINGAN TEGANGAN MENENGAH UNTUK MENGURANGI DROP TEGANGAN DI PT. PLN (PERSERO) ULP PACET," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3928.
- [6] Y. Patasik, A. R. Sultan, A. R. Idris, and A. Rahmadani, "ANALISIS POLA OPERASI JARINGAN 20 KV PASCA BEROPERASINYA GARDU INDUK MOLIBAGU DI PLN UP3 KOTAMOBAGU," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, 2025.
- [7] Aisyah, M. N. Habibi, M. Imron Dwi Prasetyo, N. Ayub Windarko, and D. Septi Yanaratri, "Estimasi State of Charge (SOC) Pada Baterai Lithium – Ion Menggunakan Feed-Forward Backpropagation Neural Network Dua Tingkat," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 8, no. 2, pp. 82–91, 2020.
- [8] T. Muktingrum and A. S. Zahra, "Analisis Upaya Penurunan Susut Daya di Penyulang Anggur PT X Menggunakan Simulasi Software ETAP 12.6," *J. TECNOSCIENZA*, vol. 8, no. 2, pp. 381–396, 2024.
- [9] H. S. Alkaf, S. Thaha, and N. Jabir, "ANALISIS PENGARUH KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA DAN TEGANGAN MENENGAH PT. PLN ULP MAROS," *J. Appl. Electr. Energy Syst.*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [10] E. R. Daniati, Z. Tharo, and S. Anisah, "Analisis Penambahan Trafo Sisip Pada Jaringan 20 Kv Dalam Meningkatkan Mutu Tegangan," *INTECOMS J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 454–461, Apr. 2024, doi: 10.31539/intecom.v7i2.9820.
- [11] P. Julianto and R. J. C. Manapa, "Rekonfigurasi Jaringan untuk Mereduksi Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Daya pada Sistem Distribusi 20 kV PT PLN Tarakan," *Bul. Profesi Ins.*, vol. 7, no. 2, pp. 94–100, 2024.
- [12] Z. Wicaksono and S. I. Haryudo, "Analisis Jatuh Tegangan pada Jaringan Distribusi pada Unit Kilang dengan Metode Fast-Decoupled di PPSDM Migas Cepu," *J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 3, pp. 92–101, 2023.
- [13] R. Syahputra, *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*. Yogyakarta: LP3M UMY, 2017.
- [14] PT. PLN (Persero), *Buku 1 Kriteria Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. 2010.
- [15] K. H. Mohd Azmi, N. A. Mohamed Radzi, N. A. Azhar, F. S. Samidi, I. Thaqifah Zulkifli, and A. M. Zainal, "Active Electric Distribution Network: Applications, Challenges, and Opportunities," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 134655–134689, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3229328.
- [16] R. F. Ariyanti, "Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/23259>
- [17] N. Soedjarwanto, A. Z. Kurniawan, and S. A. Aulia, "ANALISIS PENGARUH ARUS BEBAN DAN KEKENDORAN KONEKTOR TERHADAP TEGANGAN JATUH (VOLTAGE DROP)," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4070.
- [18] F. Surusa, Q. Aini, A. I. Pratiwi, and Y. Mohamad, "Analisis Susut Non Teknis Akibat Gangguan pada kWh Meter PT. PLN UP3 Gorontalo," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 32–38, 2024.
- [19] A. Rahmadani and A. Fernandes, "RANCANG BANGUN KWH METER PORTABEL DENGAN FITUR TAGIHAN SUSULAN DAN PEMUTUS OTOMATIS BERBASIS IOT," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 9, no. 3, pp. 3849–3856, 2025.
- [20] C. K. Wachjoe and H. Zein, "A Method for Voltage Drop Monitoring on load sides in medium voltage feeder," in *2020 7th*

- International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, 2020, vol. 1, pp. 1215–1220.
- [21] M. T. W. Sinaga, Y. W. Pambudi, and S. Suherman, “Dropped voltage analysis on 20 KV distribution network,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1783, no. 1, p. 12061.
- [22] Aj. Christina, M. A. Salam, Q. M. Rahman, F. Wen, S. P. Ang, and W. Voon, “Causes of transformer failures and diagnostic methods—A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, pp. 1442–1456, 2018.
- [23] R. N. Sumarno, L. Muntasiroh, and D. Mariani, “Pengaruh Setting Tap Transformator Terhadap Profil Tegangan Pada Jaringan IEEE 14 Bus,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 154–158, Jul. 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14324.