

ANALISIS TEGANGAN JATUH SISTEM DISTRIBUSI LISTRIK KABUPATEN PELALAWAN DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 7.5.0

Andang Purnomo Putro^{*)}, Karnoto, and Bambang Winardi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}Email : andank_caem@yahoo.co.id

Abstrak

Salah satu permasalahan dalam penyaluran daya listrik adalah besarnya tegangan jatuh di jaringan distribusi listrik. Hal ini biasanya dikarenakan oleh jarak pembangkit ke titik beban yang sangat jauh. Semakin besar tegangan jatuh yang terjadi pada sistem distribusi listrik maka kualitas energi listrik yang dikirimkan semakin buruk. Sistem distribusi listrik di Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau memiliki jaringan radial dengan jarak distribusi yang mencapai 200 kms. Berdasarkan simulasi ETAP 7.5.0 tegangan jatuh terbesar di jaringan tegangan menengah mencapai 41% dan di jaringan tegangan rendah 30%. Sebagai upaya untuk meminimalisir tegangan jatuh di sistem distribusi, pada analisis penelitian ini dilakukan rekonduktor dan pemasangan kapasitor bank. Dengan menggunakan ETAP 7.5.0 hasil tegangan jatuh dengan rekonduktor menjadi 40,05% sedangkan dengan kapasitor bank menjadi 35%. Setelah pemasangan kapasitor bank, tap transformator terendah dilakukan untuk mengatasi penggunaan AVR di jaringan tegangan rendah. Hasilnya untuk Kecamatan Pangkalan Kerinci, Pangkalan Kuras, dan bunut penggunaan AVR tegangan rendah dapat diatasi. Selain menggunakan perhitungan simulasi ETAP 7.5.0 dilakukan pula perhitungan manual yang hasilnya mendekati dengan hasil simulasi. Untuk jenis dimensi konduktor yang dipakai pada jaringan tegangan menengah sudah sesuai dengan kebutuhan.

Kata kunci : Jatuh Tegangan, ETAP 7.5.0, Sistem Distribusi, Rekonduktor, Kapasitor Bank

Abstract

Drop voltage is the one of problem in delectrical distribution system. It is usually caused by the long distance between electrical power station to the load. Quality of electrical power system become worse as the drop voltage in distribution increased. Electrical distribution system in Pelalawan, Province of Riau has radial system with the longest distance reach 200 kms. Based on ETAP 7.5.0 simulation, drop voltage in electrical distribution of Pelalawan at middle voltage is 41% and at low voltage is 30%. Analysis of reconductor and instalation of capacitor bank were conclude in this research report to reduce drop voltage in Pelalawan's electrical distribution system. The result of analysis based on ETAP 7.5.0 showed that the drop voltage in Pelalawan's electrical distribution system decreased to 35%. To revise the using of low voltage AVR, the lowest value of tap transformers is done after instalation of Capacitor Bank. The result show that the using of low voltage AVR in District of Pangkalan Kerinci, Pangkalan Kuras, and Bunut can be overcome. The Manual analytisis also showed the close value of drop voltage to the simulation of ETAP 7.5.0. Reconducting by selection dimention of conductor was carried out according to technical requirement.

Keywords : Drop Voltage, ETAP 7.5.0, Distribution System, Reconductor, Capacitor Bank

1. Pendahuluan

Saat ini kebutuhan masyarakat terhadap listrik sangat tinggi, karena hampir semua aktivitas masyarakat membutuhkan listrik. Dari kegiatan dapur sampai kegiatan rekreasi (menonton tayangan televisi). Bagi kalangan industri/ pelaku dunia usaha, kualitas energi listrik sangat penting, bahkan telah menjadi salah satu faktor produksi yang utama. Kabupaten Pelalawan sendiri terdiri dari 12 Kecamatan, 121 Desa/Kelurahan dengan

jumlah penduduk sebanyak 339.340 jiwa.[17] Kondisi kelistrikan di Kabupaten Pelalawan pada saat ini mencapai 18,3 MW yang melayani sekitar 34.260 rumah tangga dengan jarak distribusi mencapai 200 km dari pusat pembangkit.[17] Melihat jarak dari pembangkit ke pelanggan yang terlalu jauh, maka dikhawatirkan akan terjadi tegangan jatuh yang hebat pada jaringan distribusi. Jatuh tegangan ialah dimana suatu kondisi jumlah tegangan yang disalurkan tidak sama dengan tegangan yang diterima persis penerimanya. Terjadinya jatuh tegangan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara

lain jauhnya daerah peyaluran tenaga listrik dari sumber atau suplai, ketidak seimbangan beban, umur peralatan, diameter penghantar dan lain-lain.[4]

Jatuh tegangan tidak bisa dihilangkan, tetapi hanya bisa diminimalkan (direduksi) . Loss situation di dalam jaringan distribusi tenaga listrik adalah suatu kondisi atau keadaan dimana suatu sistem distribusi di dalam pendistribusian tenaga listriknya jauh tegangan yang besar. Jarak gardu ke konsumen terlalu jauh, penampang kabel terlalu kecil, dan titik sambung merupakan penyebab susut teknis. [4]

Keadaan tersebut kalau dibiarkan terus menerus maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan system tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan serta menyebabkan kerusakan alat-alat yang bersangkutan.

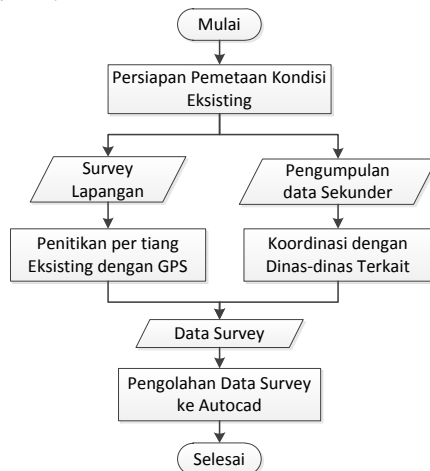
Maksud dan tujuan pembuatan penelitian ini adalah :

1. Menghitung jatuh tegangan jaringan tegangan menengah di Kabupaten Pelalawan.
2. Membandingkan hasil ETAP terhadap perhitungan manual jatuh tegangan pada jaringan tegangan menengah di Kabupaten Pelalawan
3. Menghitung besar tegangan jaringan tegangan rendah di Kabupaten Pelalawan dan Membandingkan dengan keadaan aktualnya.
4. Menghitung tegangan jatuh saat dilakukan rekonduktur dan pemasangan kapasitor bank pada jaringan
5. Mengatasi penggunaan AVR tegangan rendah yang dipakai oleh pelanggan di Kabupaten Pelalawan

2. Metode

2.1 Diagram Alir

Dalam pengambilan data, pengolahan data sampai menghasilkan data-data tegangan jatuh di Kabupaten pelalawan dilakukan beberapa proses yang harus dilakukan. Berikut adalah diagram alir dalam pembuatan penelitian ini:



Gambar 1. Flowchart Pengambilan Data

2.2 Metode Survey

Metode survey dan pemetaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

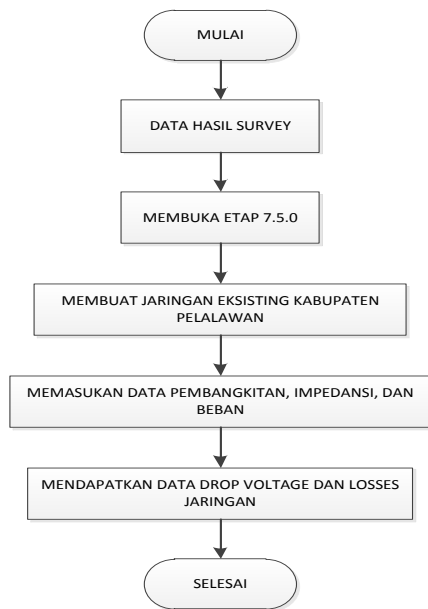
1. Survey GPS dilakukan dengan menggunakan pengambilan data melalui handheld GPS
2. Sistem pengambilan menggunakan waypoint
3. Menggunakan catatan untuk menjelaskan waypoint
4. Pada saat pengambilan waypoint GPS, pastikan bahwa GPS menerima sinyal secara utuh.
5. Pengambilan data jalan berbentuk garis dengan menggunakan tracking mode.
6. Pengambilan dengan tracking akan mencatat keseluruhan track/line mulai dari titik awal sampai titik akhir.
7. Pastikan bahwa setting pada GPS mencatat /record log track yang sudah diambil, dan pastikan pilihan show on map sehingga saat tracking dilakukan bisa dilihat dalam peta.
8. Hasil survey secara otomatis dapat dimasukkan dalam software ExpertGPS dengan cara diimport menggunakan kabel.
9. Hasil survey dari software ExpertGPS dipindahkan ke dalam AutoCAD dengan fasilitas ekspor untuk diolah.

2.3 Data Jaringan Listrik Di Pelalawan

Sistem kelistrikan di Kabupaten Pelalawan secara umum di suplai oleh beberapa sumber, yaitu PLN, BUMD, dan swadaya. Sumber kelistrikan yang pertama yaitu oleh PLN Rayon Pangkalan Kerinci yang sumber pembangkitnya berasal dari PLTMG Langgam Power dengan kapasitas 15 MW dan saat ini masih dalam tahap ekspansi penambahan pembangkit, dan dari PLN Pekanbaru. Excess power 3 MW dari PT Riau Power Energy (RPE), dan PLTD PLN 500 kW yang sekarang masih operasional terdapat di Kelurahan Teluk Meranti Kecamatan Teluk Meranti dan Kecamatan Kuala Kampar yang nantinya akan dimatikan jika seluruh jaringan sudah terbangun.

2.4 Perancangan Software

Untuk diagram alir simulasi dengan menggunakan software ETAP 7.5.0 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2 Diagram Alir Simulasi ETAP

3 Hasil dan Analisa

3.1 Tegangan Jatuh

Berdasarkan hasil simulasi tegangan jatuh dengan software ETAP diujung-ujung feeder dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Simulasi ETAP 7.5.0

Feeder	Lokasi	Panjang (km)	V pangkal (kv)	V ujung (kv)	ΔV (kv)
OGF 1	GH Baru	13	20,676	19,3	7%
OGF 2	GH Baru	13	20,676	18,89	9%
OGF Sorek	Pkl Kerinci - Bunut	46	18,8	14,8	28%
	Bunut - Kerumutan	33	14,8	12,6	39%
	Kerumutan - Indragiri Hulu	7,5	12,6	12,5	40%
	Pangkalan Kuras	18,6	14,8	14,71	28,9%
	Bunut	20	14,8	14,2	32%
OGF Cemara Gading	Ukui	22	12,6	12,5	39,6%
	Kerumutan	22	12,6	12,3	41%
	Sei Kijang	8,9	18,89	18,86	9%
OGF Langgam	Langgam	11	20,676	20,6	0,4%
OGF Simpang Incoming GH Lama	Pkl Kerinci	13,4	19,3	19,2	7%
OGF Satya Insani	Pkl Kerinci	8	19,3	19	8%
OGF Satya Insani	Pkl Kerinci	5,6	19	18,7	10%
OGF Kota	Pkl Kerinci	5,98	20	19,9	0,5%

Terlihat pada Tabel diatas bahwa besar tegangan jatuh masing-masing feeder berbeda. Hal ini disebabkan oleh besar beban dan panjang jaringan tiap feeder berbeda. Dengan perhitungan manual di temukan tegangan jatuh pada feeder OGF Langgam adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 V &= 20000 \text{ volt} \\
 S &= 250 \text{ KVA} \\
 Pf &= 0,85 \\
 X \text{ kabel } 240 &= 0,3158 \text{ (ohm/km)} \\
 R \text{ kabel } 240 &= 0,1344 \text{ (ohm/km)} \\
 L &= 11 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan formula (2.7), maka dihasilkan:

$$Z_{kabel} = R \cdot \cos(\cos^{-1}pf) + X \cdot \sin(\cos^{-1}pf)$$

$$\begin{aligned}
 &= \\
 &0,3158 \cdot 11 \cos(\cos^{-1}0,85) + \\
 &0,1344 \cdot 11 \sin(\cos^{-1}0,85) \\
 &= 3,09 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_d &= \frac{S}{(\sqrt{3} \times V)} \times (Z_{kabel}) \\
 &= \frac{250000}{(\sqrt{3} \times 20000)} \times (3,09) \\
 &= 22 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

$$V_{ujung} = 20000 - V_d = 20000 - 22 = 19,98 \text{ kV}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, didapatkan tegangan di masing masing ujung-ujung feeder Kabupaten Pelalawan adalah :

Tabel 2. Hasil Perhitungan Manual

Feeder	Lokasi	Panjang (km)	V pangkal (kv)	V ujung (kv)	ΔV (kv)
OGF 1	GH Baru	13	20	19,27	4%
OGF 2	GH Baru	13	20	18,85	6%
OGF Sorek	Pkl Kerinci - Bunut	46	18,85	14,76	26%
	Bunut - Kerumutan	33	14,76	12,97	35%
	Kerumutan - Indragiri Hulu	7,5	12,97	12,88	36%
	Pangkalan Kuras	18,6	14,76	14,56	27%
	Bunut	20	14,76	14,56	27%
OGF Cemara Gading	Ukui	22	12,97	12,72	36%
	Kerumutan	22	12,97	12,64	37%
	Sei Kijang	8,9	18,85	18,84	6%
OGF Langgam	Langgam	11	20	19,98	0,1%
OGF Simpang Incoming GH Lama	Pkl Kerinci	13,4	19,27	19,15	4%
OGF Satya Insani	Pkl Kerinci	8	19,27	19,21	4%
OGF Satya Insani	Pkl Kerinci	5,6	19,21	18,99	5%
OGF Kota	Pkl Kerinci	5,98	20	19,89	0,6%

Berikut adalah cara menghitung manual tegangan jatuh di jaringan tegangan rendah pada metode pertama yang terjadi di OGF Langgam:

Tab Trafo : 20.000 volt
Tegangan JTM : 19.980 volt

Dengan menggunakan formula (2.13 dan 2.14), maka didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Rasio } (r) &= \frac{19.980}{20.000} = 0,999 \\ V_{jtr} &= r \times \frac{VI}{\sqrt{3}} \\ &= 0,99 \times \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,1 \text{ volt} \end{aligned}$$

Untuk metode kedua pada OGF Sorek di Kecamatan Ukui adalah sebagai berikut:

Tab Trafo : 18.000 volt
Tegangan JTM : 12.720 volt

Dengan menggunakan formula (2.13 dan 2.14), maka didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Rasio } (r) &= \frac{12.720}{18.000} = 0,706 \\ V_{jtr} &= r \times \frac{VI}{\sqrt{3}} \\ &= 0,706 \times \frac{380}{\sqrt{3}} = 155,0 \text{ volt} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama maka didapatkan data berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Tegangan di Jaringan Tegangan Rendah

Feeder	Lokasi	V JTR (volt)	ΔV JTR (%)	ΔV SPLN (%)
OGF 1	GH Baru			10 %
OGF 2	GH Baru			10 %
OGF SOREK	Pkl Kerinci - Bunut			10%
	Bunut - Kerumutan			10%
	Kerumutan - Indragiri Hulu	157,0	29%	10%
	Pangkalan Kuras	177,5	19%	10%
	Bunut	177,4	19%	10%
	Ukui	155,0	30%	10%
	Kerumutan	154,1	30%	10%
OGF Cemara Gading	Sei Kijang	206,6	6%	10%
OGF Langgam	Langgam	219,1	0,40%	10%
OGF Simpang	Pkl Kerinci	210,1	5%	10%
Incoming GH Lama	Pkl Kerinci	210,8	4%	10%
OGF Satya Insani	Pkl Kerinci	208,3	5%	10%
OGF Kota	Pkl Kerinci	218,2	1%	10%

3.2 Perbaikan Tegangan di Feeder Sorek

3.2.1 Rekonduktor

Jika dilakukan rekonduktor pada jaringan tegangan menengah pada feeder Sorek dengan penghantar AAAC 240 mm² maka tegangan jatuh pada feeder tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Hasil Simulasi ETAP 7.5.0 dengan Rekonduktor 240 mm²

Feeder	Lokasi	Panjang (km)	V pangkal (kV)	V ujung (kV)	ΔV (kV)
OGF 1	GH Baru	13	20,676	19,3	7%
OGF 2	GH Baru	13	20,676	18,8	9%
OGF Sorek	Pkl Kerinci - Bunut	46	18,8	14,8	28%
	Bunut - Kerumutan	33	14,8	12,6	39%
	Kerumutan - Indragiri Hulu	7,5	12,6	12,5	40%
	Pangkalan Kuras	18,6	14,8	14,7	28,6%
	Bunut	20	14,8	14,2	31%
	Ukui	22	12,6	12,5	39,5%
	Kerumutan	22	12,6	12,3	40,5%

3.2.2 Kapasitor Bank

Kapasitor bank yang akan digunakan adalah kapasitor bank shunt. Untuk menentukan kapasitas kapasitor, maka terlebih dahulu ditentukan besar daya reaktif pada feeder Sorek.

Berikut adalah contoh perhitungan daya reaktif dengan menggunakan formula (2.23 dan 2.24):

Beban terpasang : 1050 kVA

$$\cos \theta = 0,85$$

$$\cos \theta = \frac{P}{S}$$

$$P = S \cos \theta = 1050 \times 0,85 = 892,5 \text{ KW}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

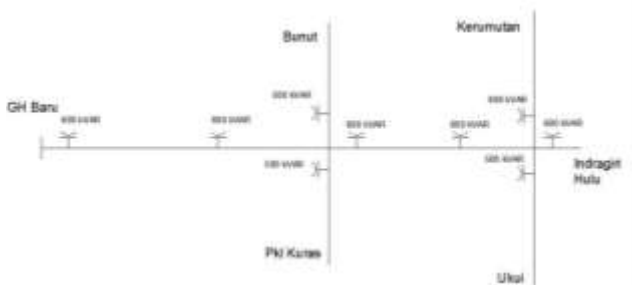
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{1050^2 - 892,5^2} = 553 \text{ kVAR}$$

Dengan perhitungan yang sama maka menghasilkan data berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kapasitas Kapasitor Bank

Feeder	Lokasi	Beban (kVA)	Cos θ	Q (kVAR)
OGF Sorek	Pkl Kerinci - Bunut	2185	0,881	1.151
	Bunut - Kerumutan	2650	0,904	1.396
	Kerumutan - Indragiri Hulu	1475	0,907	777
	Pangkalan Kuras	1050	0,907	553
OGF Sorek	Bunut	1000	0,923	527
	Ukui	1105	0,91	582
	Kerumutan	1450	0,903	764

Berdasarkan perhitungan diatas besar untuk masing-masing kapasitor bank sudah dapat ditentukan. Berikut adalah gambar peletakan masing-masing kapasitor pada feeder sorek:



Gambar 4.5 Lokasi penempatan kapasitor bank

Masing-masing kapasitor tersebut dimasukan ke dalam jaringan listrik pada ETAP 7.5.0. Setelah dilakukan simulasi didapatkan data tegangan jatuh sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Simulasi ETAP 7.5.0 dengan Kapasitor Bank

Feeder	Lokasi	Beban (kVA)	V (kV)	ΔV (%)
OGF Sorek	Pkl Kerinci – Bunut	2185	16,166	22%
	Bunut – Kerumutan	2650	14,424	30%
	Kerumutan - Indragiri Hulu	1475	14,298	31%
	Pangkalan Kuras	1050	15,975	23%
	Bunut	1000	15,523	25%
	Ukui	1105	14,212	31%
	Kerumutan	1450	13,885	33%

Dengan perhitungan manual menggunakan formula (2.16) dan (2.19), maka tegangan jatuh di feeder Sorek di Simpang Pangkalan kuras-Bunut setelah dipasang kapasitor adalah sebagai berikut:

$$I_{c1} = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 20} = 17,32 \text{ Ampere}$$

$$I_{c2} = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 20} = 17,32 \text{ Ampere}$$

Tegangan jatuh di Simpang Pangkalan kuras-Bunut:

$$\cos \theta = 0,85$$

$$\theta = \cos^{-1} 0,85 = 31,78$$

$$\begin{aligned} VD &= I_r \cdot R + I_x \cdot XL - I_{c1} \cdot XL - I_{c2} \cdot XL \\ &= 315,1 \cos 31,78 \times (0,1344 \times 46) + 315,1 \sin 31,78 \\ &\quad (0,3158 \times 46) - 17,32 \times (0,3158 \times 46) - 17,32 \times \\ &\quad (0,3158 \times 46) \\ &= (277,56 \times 6,1824) + (149,07 \times 21,765) - (17,32 \times \\ &\quad 21,765) - (17,32 \times 21,765) \\ &= 4651 \text{ Volt} = 4,6 \text{ kV} \end{aligned}$$

Jika hasil perhitungan dimasukan ke dalam tabel dan dibandingkan dengan hasil simulasi maka akan tampak sebagai berikut:

Tabel 7. Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Simulasi ETAP 7.5.0 Saat Pemasangan Kapasitor Bank

Feeder	Lokasi	ETAP 7.5.0		Manual	
		V (kV)	ΔV (%)	V (kV)	ΔV (%)
OGF Sorek	Pkl Kerinci – Bunut	15,932	23%	15,40	23%
	Bunut – Kerumutan	14,204	31%	13,65	32%
	Kerumutan - Indragiri Hulu	14,104	32%	13,42	33%
	Pangkalan Kuras	15,781	24%	15,33	23%
	Bunut	15,33	26%	15,33	23%
	Ukui	13,761	33%	13,58	32%
	Kerumutan	14,031	32%	13,51	32%

3.3 Pemilihan Konduktor

Pemilihan dimensi penghantar sangat penting agar nantinya penghantar yang dipasang bisa mengalirkan arus dari pembangkit menuju beban. Pemilihan penghantar dikatakan sesuai apabila arus yang mengalir pada penghantar masih dibawah kuat hantar arus dari penghantar tersebut.

Tabel 8. Hasil perhitungan arus ETAP 7.5.0

Pembangkit	Feeder	Lokasi	Dimensi (mm ²)	KHA (A)	Arus (A)
Langgam Power	OGF 1	GH Baru	240	670	199,7
		OGF 2	GH Baru	240	670
	OGF 2	Pkl Kerinci - Bunut	240	670	254,7
		Bunut - Kerumutan	240	670	147,8
		Kerumutan - Indragiri Hulu	240	670	14,4
	OGF SOREK	Pangkalan Kuras	150	425	30,1
		Bunut	150	425	28,7
		Ukui	150	425	30,3
		Kerumutan	150	425	42
	OGF	Cemara Gading	Sei Kijang	240	670
Langgam			240	670	7,2
OGF		Pkl Kerinci	240	670	30,4
Simpang Incoming GH Lama	Pkl Kerinci	240	670	169,6	
	OGF Satya Insani	Pkl Kerinci	240	670	143,3
RPE	OGF Kota	Pkl Kerinci	240	670	67,1

4. Kesimpulan

Hasil simulasi dan analisa sistem distribusi Kabupaten Pelalawan dapat disimpulkan bahwa presentase tegangan jatuh pada jaringan tegangan menengah tertinggi di Kabupaten Pelalawan sebesar 41% sehingga sudah melebihi standart PLN 72 1987 dengan batas minimum

5%. Hal ini disebabkan karena jaringan yang sangat panjang. Selain itu presentase tegangan jatuh pada jaringan tegangan rendah tertinggi di Kabupaten Pelalawan sebesar 29% sehingga sudah melebihi standart PLN 1 1995 dengan batas minimum 10%. Hal ini disebabkan karena tegangan jatuh di jaringan tegangan menengah yang sangat tinggi. Untuk presentase setelah dilakukan rekonduktor tertinggi sebesar 40,5% sedangkan untuk pemasangan kapasitor bank sebesar 35%. Hal ini membuktikan bahwa perbaikan jaringan dengan melakukan rekonduktor dan pemasangan kapasitor bank tidak disarankan.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka untuk kedepannya dapat dilakukan analisis perbaikan tegangan sistem distribusi listrik di Kabupaten Pelalawan menggunakan metode peningkatan level tegangan, yaitu dengan cara menempatkan gardu induk sangat disarankan. Selain itu juga dapat digunakan analisis optimasi penempatan kapasitor di jaringan distribusi Kabupaten Pelalawan dapat digunakan untuk mengetahui letak serta besar kapasitas kapasitor secara optimal.

Referensi

- [1]. Saadat, Hadi. 1999. "Power System Analysis". McGraw Hill.
- [2]. Gonen, Turan, "Electric Power Distribution System Engineering", Mcgraw-hill book company., Colombia, 1986
- [3]. Stevenson, William D. 1996. "Analisis Sistem Tenaga Listrik". Erlangga.
- [4]. Hermanto, Farid, Analisis Jatuh Tegangan dan Arus Hubung Singkat pada Jaringan Tegangan Menengah PT RUM, Penelitian S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.
- [5]. Sulasno, Teknik dan Sistem Tenaga Distribusi Tenaga Listrik Edisi I, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [6]. Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik, PT PLN (Persero), 2010
- [7]. Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, Standard Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, PT PLN (Persero) , 2010
- [8]. Suhadi , SMK Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid I, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Umum Dirjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional , 2008
- [9]. SPLN 72 1987 , Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)
- [10]. SPLN 64 1985 , Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah
- [11]. SPLN 1 1995 , Tegangan-Tegangan Standar
- [12]. IEC 60076-1, Power Transformers – General
- [13]. Basri, Hasan, "Distribusi Sistem Daya Listrik", ISTN
- [14]. Ramdhani, Mohamad, "Rangkaian Listrik". Jakarta : Erlangga, 2008