
Analisa Perbaikan Penampang Penghantar Guna Mengurangi Drop Tegangan dan Simulasi Etap 16.0 Pada JTR GD KRDB di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) ULP Serang Kota

Dhanny Abdullah
PT. PLN
ULP Serang Kota
Tangerang, Indonesia
dhannypln50@gmail.com

Badaruddin
Teknik Elektro
Universitas Mercu Buana
Jakarta, Indonesia
bsulle@gmail.com

Abstrak— Jatuh tegangan pada jaringan tenaga listrik berpengaruh terhadap kualitas tegangan pelayanan yang diterima pelanggan tenaga listrik. Apabila jatuh tegangan tidak sesuai dengan standar (SPLN No.1 Tahun 1995) maka dapat memperburuk kualitas tegangan pelayanan dan menimbulkan rugi-rugi daya. Untuk menjaga kualitas pelayanan dan mengurangi dampak rugi-rugi daya, maka dilakukan perbaikan penghantar jaringan tenaga guna mengurangi jatuh tegangan. Analisa Perbaikan Penampang Penghantar dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu Simulasi dan Perhitungan Manual. Simulasi dilakukan dengan menggunakan metoda Load Flow Analysis pada aplikasi ETAP (Electric Transient and Analysis Program) 16.0. Simulasi dijalankan dengan menggunakan data-data teknik dan pengukuran untuk mendapatkan hasil kualitas tegangan pelayanan sesuai standar dan mengurangi dampak jatuh tegangan. Simulasi perbaikan dilakukan terhadap aspek kelistrikan yaitu dengan uprating ukuran penampang penghantar. Sedangkan perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus jatuh tegangan yang sudah ada. Dari hasil simulasi pada gardu distribusi KRDB dengan menggunakan metode di atas, didapatkanlah tegangan pelayanan pelanggan tenaga listrik mengalami peningkatan sebesar 22 volt untuk jurusan 1 dengan uprating penghantar 120 mm² dan nilai drop tegangan yang terhitung sebesar 6 %. Serta sebesar 14 volt untuk jurusan 2 dengan uprating penghantar 120 mm² dengan nilai jatuh tegangan yang terhitung

sebesar 4% sesuai dengan standar (SPLN No.1 Tahun 1995).

Kata Kunci— *Fuzzy, Gait, Kinematik, Quadruped, Robot.*

I. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) merupakan perusahaan listrik negara yang terbesar didalam mendistribusikan tenaga listrik ke masyarakat. Karena tenaga listrik merupakan salah satu kebutuhan penting, maka dari itu dibutuhkanlah pelayanan pendistribusian tenaga listrik kepada pelanggan dengan baik, aman, andal dan bermutu untuk mencapai kepuasan pelanggan.

Salah satu permasalahan dalam pendistribusian tenaga listrik di PT. PLN (Persero) adalah jatuh tegangan (voltage drop). Jatuh Tegangan adalah perbedaan tegangan kirim dan tegangan terima. Jatuh tegangan dapat terjadi disebabkan oleh beberapa hal seperti karena ukuran penampang penghantar yang tidak sesuai, arus yang mengalir dan jaringan yang terlalu panjang sehingga tegangan pada ujung jaringan yang menuju pelanggan berada dibawah batas toleransi. Baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama adalah ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen.

Salah cara untuk mengurangi jatuh tegangan tersebut adalah dengan mengganti ukuran penampang penghantar dengan ukuran penampang yang lebih besar. Untuk itu penulis melakukan perhitungan dan simulasi perbaikan penampang penghantar dengan dilakukannya uprating penghantar JTR pada Gardu Distribusi GD KRDB menggunakan aplikasi ETAP (Electrical Transient Analysis Program), dengan dilakukannya perhitungan dan simulasi ini maka dapat diketahui pengaruh uprating penghantar terhadap perbaikan jatuh tegangan JTR pada GD KRDB tersebut

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Erhaneli dan Aldi Riski dari Institut Teknologi Padang pada tahun 2013 berjudul Pengaruh Penambahan Jaringan Terhadap drop tegangan. Penelitian ini membahas mengenai Drop tegangan (tegangan jatuh) termasuk dalam rugi-rugi jaringan. Drop tegangan merupakan kerugian yang bersifat teknis. Ini disebabkan karena, adanya faktor impedansi (Z) sepanjang saluran atau penghantar yang dilalui arus listrik. Drop tegangan adalah terjadinya selisih nilai tegangan antara nilai tegangan pada awal jaringan (pusat tenaga, gardu induk, gardu hubung, atau trafo tiang dengan nilai tegangan pada ujung jaringan (beban atau konsumen). Drop tegangan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik. Ini dipengaruhi oleh besarnya impedansi pada masing-masing titik.

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Fadli Biya Lubis dan Nurhalim dari Universitas Riau pada tahun 2016 berjudul Analisa Alternatif Perbaikan untuk mengatasi Drop Tegangan. Penelitian ini membahas mengenai perbaikan kualitas jaringan distribusi dilakukan cara mengganti mengganti luas penampang kabel yang digunakan untuk mendapatkan kualitas jaringan yang baik. Dengan luas penampang pertama 70 mm^2 diganti menjadi 150 mm^2 dapat memperbaiki nilai tegangan pada masing-masing bus semaksimal mungkin. Serta dapat meminimalkan rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi.

Penelitian yang dilakukan oleh Agung Nugroho dan Eko Setiawan dari Universitas Diponegoro pada tahun 2015 berjudul Analisa Perbaikan Losses dan Jatuh Tegangan Pada Jaringan SR dengan ETAP. Penelitian ini membahas mengenai Semakin banyak jumlah tarikan sambungan rumah pada sambungan layanan pelanggan, maka semakin besar pula losses (susut daya) yang dihasilkan. Dan tentu saja hal ini berkorelasi dengan semakin banyak pula kerugian yang ditanggung oleh PLN akibat susut daya yang dihasilkan dari banyaknya sambungan rumah yang tidak sesuai standar tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Ratih Novalina Putri dan Hari Putranto dari Universitas Negeri Malang pada tahun 2013 berjudul Analisis Perhitungan Losses Pada Jaringan Tegangan Rendah Dengan Perbaikan Pemasangan Kapasitor. Penelitian ini membahas mengenai Sistem distribusi listrik yang merupakan bagian yang letaknya dekat dengan konsumen. Maka dari itu perlu adanya peningkatan pelayanan terhadap para konsumen tenaga listrik utamanya pada penyaluran Sistem Distribusi Listrik agar tidak terjadi susut energi atau disebut juga losses yang akan merugikan konsumen pengguna listrik maupun PT. PLN (Persero). Losses jaringan adalah selisih antara KWH beli PLN Distribusi dengan KWH jual ke pelanggan. Losses jaringan adalah perbedaan antara energi listrik yang di salurkan dengan energi yang terpakai. Secara garis besar losses dapat dikategorikan menjadi dua yaitu losses

teknis dan losses non teknis. Losses teknis adalah losses yang disebabkan oleh sifat dari material atau peralatan jaringan. Sedangkan losses non teknis adalah losses yang disebabkan oleh kesalahan pemasangan dan kerusakan dari material atau peralatan jaringan. Adanya jatuh tegangan pada tiang ujung yang menyebabkan arus pada jaringan menjadi tinggi sehingga losses yang terjadi pada jaringan tersebut meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Mahfudz Shidiq dari Universitas Brawijaya pada tahun 2010 berjudul Penurunan Jatuh Tegangan dan Rugi Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Mikrohidro. Penelitian ini membahas mengenai Energi listrik di pedesaan pada umumnya digunakan untuk penerangan. Pada saat ini beban listrik yang digunakan telah berkembang tetapi penambahan daya pada tiap fasa tidak merata sehingga kondisi beban tersebut menyebabkan ketidakseimbangan di setiap fasa. Karena jarak yang cukup jauh antara pembangkit dengan konsumen, ujung saluran distribusi mengalami jatuh tegangan cukup tinggi, sehingga tegangan yang diterima oleh konsumen di bawah tegangan yang ditetapkan. Upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas listrik yaitu mengatur kembali pembebanan setiap fasa untuk mendapatkan kondisi operasi seimbang dan menaikkan tegangan kerja. Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi rugi daya nyata pada saluran serta kemungkinan penggunaan transformator tiga fasa yang ditempatkan di ujung saluran sebelum mencapai beban pertama.

Penelitian yang dilakukan oleh Fani Istiana Handayani dari Universitas Diponegoro berjudul Analisis Jatuh tegangan dan Rugi daya pada jaringan tegangan rendah menggunakan software ETAP. Penelitian ini membahas mengenai cara menekan timbulnya rugi daya dengan mengubah ukuran penghantar ke ukuran yang lebih besar sedangkan untuk perbaikan tegangan jatuh dengan memperbaiki faktor daya dengan cara penambahan dan relokasi kapasitor bank. Dengan metode tersebut, nilai rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan listrik dapat direduksi.

Penelitian yang dilakukan oleh Hamles L. Latupeirissa dari Politeknik Negeri Ambon pada tahun 2018 berjudul Analisis Kerugian Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt Gardu Distribusi. Penelitian ini membahas mengenai Ukuran panjang dan luas penampang suatu penghantar sangat mempengaruhi besar-kecilnya presentasi jatuh tegangan atau regulasi tegangan pada saluran penghantar tersebut. Hal tersebut dikarenakan semakin panjang suatu penghantar dan semakin kecil ukuran luas penampangnya, maka akan semakin besar hambatan atau resistansi pada penghantar tersebut. Jarak yang jauh dan luas penampang saluran yang kecil ini akan menyebabkan penurunan tegangan pada ujung penerimaan dimana konsumen terhubung. Apabila penurunan tegangan yang terjadi melebihi batas toleransi yang diijinkan, maka secara teknis akan mengakibatkan terganggunya kinerja peralatan listrik konsumen.

Penelitian yang dilakukan oleh Siti Anisah dari Universitas Pembangunan Panca Budi pada tahun 2018 berjudul Analisis Perbaikan Tegangan Ujung Pada JTM 20KV Express dengan Simulasi ETAP. Penelitian ini membahas mengenai Kondisi jaringan distribusi yang tidak optimal akan mengakibatkan pelayanan yang kurang efektif pula, diantaranya karena akibat adanya jatuh tegangan. Jatuh tegangan dapat juga terjadi karena penghantar yang digunakan mempunyai tahanan. Oleh karena itu, penyaluran jarak jauh sangat memungkinkan terjadinya jatuh tegangan, sehingga tegangan dan arus listrik banyak yang hilang. ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP, ETAP memiliki 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan, ANSI dan IEC. Pada dasarnya perbedaan yang terjadi di antara kedua standar tersebut adalah frekuensi yang digunakan, yang berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi tersebut. Simbol elemen listrik yang digunakan dalam analisa dengan menggunakan ETAP pun berbeda.

A. Jaringan Tegangan Rendah

Jaringan tegangan rendah adalah bagian hilir dari sistem tenaga listrik pada tegangan distribusi. Jaringan tegangan rendah berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Distribusi ke Konsumen tegangan rendah. Tegangan rendah yang digunakan PT. PLN (persero) adalah 220/380 V. Saat ini jaringan tegangan rendah pada umumnya menggunakan penghantar Low Voltage Twisted Cable (LVTC). Jenis kabel ini direntangkan di antara tiang penyangga. Bagian utama adalah tiang, kabel dan suspension Clamp Bracket yang berfungsi untuk menahan kabel pada tiang. Kabel jenis ini sekarang banyak digunakan dalam pemasangan JTR baru karena dianggap konstruksi jenis ini lebih handal.

B. Profil Tegangan

Tegangan sistem distribusi dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian besar, yaitu distribusi primer (20 kV) dan distribusi sekunder (230/400 V). Jaringan distribusi 20 kV sering disebut sistem distribusi tegangan menengah dan jaringan distribusi 230/400V sering disebut jaringan distribusi sekunder atau disebut jaringan tegangan rendah 230/400V [6].

Pada distribusi primer dan distribusi sekunder, Kualitas tegangan pada berpengaruh terhadap kondisi penghantar, dimana dilihat pada ukuran penampang dan panjang

penghantar. Pada distribusi sekunder, semakin jauh letak beban dari sumber yaitu gardu distribusi semakin besar pula rugi tegangan yang di terima pada ujung penghantar. Dampak yang sama juga terjadi apabila semakin kecil ukuran penampang penghantar semakin besar pula rugi tegangan pada jaringan distribusi. Pada jaringan tegangan menengah maupun tegangan rendah diusahakan agar jarak antara sumber dengan beban tidak terlalu jauh dan penampang yang digunakan tidak terlalu kecil untuk menekan jatuh tegangan.[7]

C. Parameter Listrik Saluran Distribusi

Parameter listrik saluran distribusi adalah konstanta-konstanta saluran, yaitu : Resistansi (R) dan Induktansi (L). Konstanta ini merupakan parameter yang mempengaruhi kemampuan saluran distribusi untuk berfungsi sebagai bagian dari sistem tenaga [2]. Impedansi kabel merupakan fungsi dari ukuran kabel (luas penampang) dan panjang kabel. Umumnya produsen kabel akan melampirkan data kabel yang diproduksinya seperti nilai resistansi kabel dan reaktansi kabel dalam satuan Ω /km.

Resistansi Saluran Distribusi

Pada saluran distribusi digunakan kawat udara ataupun kabel tanah sebagai penghantar untuk menyalurkan daya listrik. Penghantar tersebut mempunyai impedansi yang terdiri dari tahanan. Untuk besarnya tahanan sangat tergantung dari jenis penghantar, panjang dan luas penampang penghantar atau dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (1)$$

R = Resistansi kawat penghantar (ohm)
A = Luas penampang kawat penghantar (mm²)
 ρ = Tahanan jenis kawat penghantar (ohm.mm²/m)
 ℓ = Panjang kawat penghantar (m)

Induktansi dan Reaktansi Saluran Distribusi

Untuk menentukan besarnya induktansi saluran pada jaringan distribusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \frac{GMD}{GMR} \quad (2)$$

Dimana:

L = Induktansi dari konduktor (H/km)
GMD = Geometrik Mean Distance/Jarak antara kawat dengan kawat (cm)
GMR = Geometrik Mean Radius (cm)
In = Arus nominal

Persamaan untuk mencari nilai reaktansi induktansi saluran dengan menggunakan persamaan (3) di bawah ini :

$$X1 = 2. \pi. F. L \quad (3)$$

Dimana:

X1 = Reaktansi kawat penghantar (ohm)

F = Frekuensi (Hz)

L = Induktansi kawat penghantar (Hendry). [2]

D. Jatuh Tegangan

Jatuh Tegangan adalah perbedaan tegangan tegangan kirim dan tegangan terima karena disebabkan oleh beberapa faktor yaitu arus, impedansi saluran dan jarak. Maka pemilihan penghantar harus diperhatikan [2]. Tegangan Jatuh (Voltage Drop) disepanjang kabel lebih ditentukan karena beban konsumen (misalnya peralatan) sehingga tegangan yang sampai diinput peralatan tidak melebihi batas toleransi. Ini berarti, jika tegangan pada alat tersebut lebih rendah dari tegangan minimum, maka alat tidak dapat beroperasi dengan benar. Sesuai SPLN No.1. 1995, Jatuh tegangan pada jaringan tegangan rendah maksimal 10% [4]. Akibat terjadinya rugi tegangan pada saluran, maka khususnya ditempat pelanggan yang paling jauh dari sumber akan lebih kecil dari tegangan nominal. Adapun nilai tegangan pada sisi beban dapat dinyatakan dengan rumus (4) sebagai berikut:

$$Vr = Vs - Vd \quad (4)$$

Persentase tegangan sisi beban dapat dicari dengan menggunakan persamaan (5) berikut:

$$\%Vr = \frac{Vr}{Vs} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

Vd = Jatuh Tegangan

Vs = Tegangan Pengiriman Dari Sumber

Vr = Tegangan Penerimaan Disisi Beban.[1]

Untuk sistem tiga phasa besarnya jatuh tegangan dapat dihitung dengan rumus (6):

$$Vd_{3\phi} = \sqrt{3}I. L. (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (6)$$

Persentase jatuh tegangan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (7) berikut:

$$\%Vd = \frac{Vd}{Vs} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan :

Vd = Jatuh tegangan

Vn = Tegangan nominal

R = Resistansi saluran

X = Reaktansi saluran

L = Panjang Penghantar.

I = Arus rata-rata.[1]

Untuk Cos φ dan Sin φ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8) dan (9) berikut:

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (8)$$

$$\sin \varphi = \sin (\text{Arc Cos } \varphi) \quad (9)$$

Keterangan :

R = Resistansi saluran

X = Reaktansi saluran

E. Rugi Daya

Nilai tegangan yang melebihi batas toleransi akan menyebabkan tidak optimalnya kerja dari peralatan listrik di sisi konsumen. Selain itu rugi-rugi daya yang besar akan menimbulkan kerugian finansial di sisi perusahaan listrik. Pengiriman daya pada jaringan distribusi ke konsumen pasti terdapat rugi daya pada saluran. Pemilihan jenis kabel yang akan digunakan pada jaringan distribusi merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan suatu sistem tenaga listrik terutama untuk menghindari daya yang hilang. Daya yang hilang tersebut adalah rugi pada penghantar. Perhitungan rugi daya pada penghantar adalah persamaan (10) dan (11) sebagai berikut:

$$P_{loss 1\phi} = I^2 . R \quad (10)$$

$$P_{loss 3\phi} = 3 . I^2 . R \quad (11)$$

Dimana:

Ploss = Rugi-rugi pada penghantar (Watt)

R = Resistansi saluran per fasa (Ohm)

I = Arus yang mengalir per fasa (Ampere).[3]

F. Uprating Penghantar

Uprating penghantar jaringan merupakan sebuah metoda atau cara untuk mengatasi jatuh tegangan dengan mengganti penghantar yang lebih besar.[2]

Uprating dapat merubah parameter-parameter saluran distribusi antara lain, seperti impedansi dan arus jaringan. Akibat perubahan kedua parameter tersebut, akan turut merubah rugi daya dan jatuh tegangan pada penyulang. Oleh sebab itu, proses uprating suatu sistem distribusi harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, terutama rugi daya dan jatuh tegangan.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT.PLN (Persero) UP2K Banten. Unit ini bergerak di bidang pembangunan jaringan listrik ke daerah-daerah pelosok Banten. Dengan pertumbuhan kebutuhan energi secara terus menerus, tentunya masyarakat sangat membutuhkan jaringan listrik sampai di halaman rumah mereka. Penelitian difokuskan pada perbaikan jaringan listrik di Desa Tembong, Kecamatan Cipocok, Kota Serang, tepatnya di wilayah kerja PT.PLN (Persero) ULP Serang Kota.

Berdasarkan metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data, dianalisa data-data yang diperlukan untuk penyelesaian atas masalah yang dibahas. Dikarenakan pada penelitian ini program ETAP sebagai alat simulasi. Maka data-data yang penulis kumpulkan ialah sebagai berikut :

- Single line diagram sistem 20 kV PT PLN (Persero) ULP Serang Kota khususnya single line diagram untuk penyulang Palima yang menyuplai GD KRDB di Desa Tembong Kecamatan Cipocok Kota Serang
- Data trafo distribusi GD KRDB yang berada pada penyulang Palima
- Data penghantar serta luas penampang yang digunakan
- Data pembebanan trafo distribusi

A. Penggunaan Rumus

Metode perhitungan merupakan metode yang digunakan untuk mengamati perbedaan kondisi kelistrikan sebelum dan sesudah jaringan diperbaiki dengan menggunakan rumus-rumus drop tegangan.

Perhitungan dimulai dengan menentukan panjang saluran, resistansi, reaktansi dan besarnya arus yang diperoleh dari hasil pengukuran dilapangan. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung besarnya tegangan drop (Vd) dengan menggunakan persamaan (6). Setelah menghitung besarnya tegangan drop maka akan diperoleh persentasi tegangannya jatuhnya terhadap tegangan nominal dari penghantar tersebut, dari hasil tersebut kita juga dapat menghitung besarnya susut daya yang hilang.

B. Penggunaan ETAP

Metode perhitungan menggunakan ETAP merupakan metode yang digunakan untuk mengamati perbedaan kondisi kelistrikan sebelum dan sesudah jaringan dilakukan perbaikan menggunakan aplikasi software. Metode perhitungan ini meliputi pengamatan kondisi tegangan, dan rugi-rugi daya.

Langkah-langkah dalam metode menggunakan ETAP yaitu:

- Membuat One-Line Diagram dari sumber tegangan GI sampai gardu distribusi sesuai dengan gambar diagram lokasi. One-Line yang dibuat pada ETAP terdiri atas beberapa komponen yaitu

- Menginputkan data jaringan pada masing-masing komponen, seperti panjang jaringan, jenis penghantar, luas penampang penghantar, kapasitas pada gardu distribusi, beban pada gardu distribusi
- Memilih Icon Load Flow Analysis pada toolbar untuk menjalankan analisis aliran beban, sehingga diketahui jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada jaringan. Pada kondisi pertama disimulasikan pola jaringan sebelum dilakukannya perbaikan penghantar
- Mengeluarkan hasil dari Load Flow Analysis sebelum Uprating dengan mengklik Report Manager. Sehingga nantinya diperoleh hasil dari jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada jaringan tegangan rendah sebelum dilakukannya uprating
- Melakukan simulasi sesudah perbaikan penampang penghantar dengan uprating
- Mengeluarkan hasil dari Load Flow Analysis setelah Uprating dengan mengklik Report Manager. Sehingga nantinya diperoleh hasil dari jatuh tegangan pada Jaringan Tegangan Rendah Gardu Distribusi setelah dilakukannya uprating
- Membandingkan dua antara dua hasil simulasi tersebut, sehingga nantinya pengaruh terjadinya uprating jaringan pada jaringan tegangan rendah gardu distribusi terhadap perubahan nilai jatuh tegangan. Berdasarkan hasil tersebut diketahui uprating yang dilakukan bisa berdampak pada perubahan jatuh tegangan pada Jaringan Tegangan Rendah Gardu Distribusi KRDB

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gardu Distribusi KRDB merupakan Gardu Distribusi yang berada dalam wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Serang Kota. GD KRDB yang berlokasi di Desa Tembong, Kecamatan Cipocok, Kota Serang ini mendapatkan sumber tegangan dari Jaringan Tegangan Menengah Feeder Palima PT. PLN (Persero) ULP Serang Kota. Gardu Distribusi GD KRDB berfungsi menurunkan tegangan dari tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 230/400 V yang mana merupakan sumber tegangan untuk pelanggan tenaga listrik di daerah Desa Tembong, Kecamatan Cipocok, Kota Serang.

Gardu Distribusi KRDB memiliki 2 Jurusan Jaringan Tegangan Rendah dengan data pengukuran sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Data Teknis GD KRDB

Nama GD	Lokasi	Kapasitas (KVA)	Hasil Pengukuran											
			Beban (Ampere)				Tegangan Sumber (Volt)							
			R	S	T	N	R-N	S-N	T-N	R-S	R-T	S-T		
KRDB	Desa Tembong Kec. Cipocok Kota Serang	Utama	146	130	133	64	218	216	217	376	377	374		
		Jurusan 1	75	76	90	42	218	216	217	376	377	374		
		Jurusan 2	71	54	43	22	218	216	217	376	377	374		

A. Perhitungan GD KRDB

Berdasarkan hasil perhitungan diatas ,maka diperoleh nilai jatuh tegangan dan rugi daya pada Jaringan Tegangan Rendah Jurusan I dan Jurusan II Gardu Distribusi KRDB kondisi sebelum dilakukannya uprating penghantar. Berikut adalah rekap hasil perhitungan Gardu tersebut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan JTR Gardu Distribusi KRDB sebelum uprating penghantar (Penampang LVTC 70 mm²)

Jurusan	R	X	Panjang Kabel (meter)	Arus rata2 (Ampere)	Tegangan Operasi		Drop Tegangan		Rugi Daya (KW)
	(Ω/km)	(Ω/km)			Volt	%	Volt	%	
1	0.509	0.079	0.75	80.33	322	86%	53.753	14%	7.39
2	0.509	0.079	0.70	56.00	341	91%	34.973	9%	3.35

Tabel 3. Hasil Perhitungan JTR Gardu Distribusi KRDB setelah uprating penghantar (Penampang LVTC 95 mm²)

Jurusan	R	X	Panjang Kabel (meter)	Arus rata2 (Ampere)	Tegangan Operasi		Drop Tegangan		Rugi Daya (KW)
	(Ω/km)	(Ω/km)			Volt	%	Volt	%	
1	0.376	0.077	0.75	80.33	336	89%	40.052	11%	5.46
2	0.376	0.077	0.70	56.00	350	93%	26.059	7%	2.48

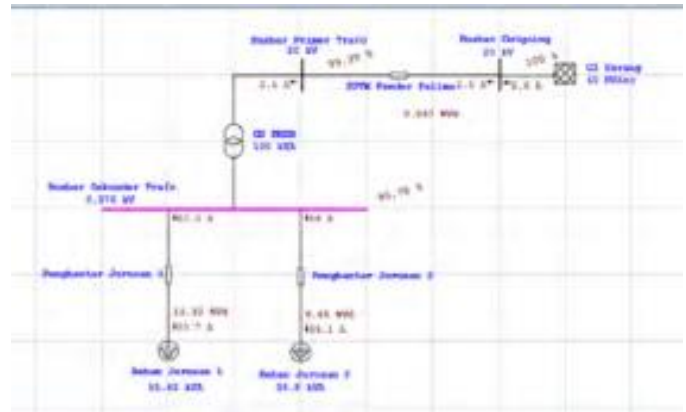
Tabel 4. Hasil Perhitungan JTR Gardu Distribusi KRDB setelah uprating penghantar (Penampang LVTC 120 mm²)

Jurusan	R	X	Panjang Kabel (meter)	Arus rata2 (Ampere)	Tegangan Operasi		Drop Tegangan		Rugi Daya (KW)
	(Ω/km)	(Ω/km)			Volt	%	Volt	%	
1	0.298	0.076	0.75	80.33	344	91%	32.094	9%	4.33
2	0.298	0.076	0.70	56.00	355	94%	20.881	6%	1.96

B. Simulasi JTR GD KRDB pada aplikasi ETAP 16.0

Untuk membuat one line diagram gardu distribusi GD KRDB sebelum dan setelah uprating penghantar pada simulasi ETAP 16.0 dibutuhkan data teknis pendukung, seperti panjang jaringan distribusi, jenis penghantar, parameter saluran, besar pembebanan trafo distribusi, serta data beban pada setiap jurusan pada gardu distribusi tersebut.

One line diagram dibuat berdasarkan pedoman pada diagram lokasi JTR gardu distribusi KRDB PT. PLN (Persero) UP3 Serang Kota dari sumber tegangan JTM GI Serang – Trafo – JTR – sampai beban (Pelanggan Tenaga Listrik) serta dilengkapi data- data hasil pengukuran dan data teknis pendukung lainnya.



Gambar 1. Hasil Simulasi Gardu Distribusi GD KRDB Sebelum Uprating Penghantar

Kemudian setelah dioperasikan, JTR Gardu distribusi GD KRDB yang mengalami jatuh tegangan melebihi standar dapat dilihat pada toolbar “Alert View”.

Critical					
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating
Bus sr2	Bus	Under Voltage	0.376 kV	0.331	88.1
Bus sr1	Bus	Under Voltage	0.376 kV	0.314	83.5

Marginal					
Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Operating	% Operating
Busbar Sekunde...	Bus	Under Voltage	0.376 kV	0.364	96.8

Gambar 2. Alert View Simulasi Gardu Distribusi GD KRDB

Dari hasil simulasi Alert View tersebut tampak pada Bus Beban Jurusan 1 dan 2 berada dalam kondisi Under Voltage atau sama dengan Jatuh Tegangan.

Dari data tersebut tampak tegangan jatuh pada beban sebesar 13,33 % untuk beban jurusan 1 dan tegangan jatuh pada beban sebesar 8.65 % untuk beban jurusan 2. Dari hasil tersebut tampak jatuh tegangan pada jurusan melewati batas standar jatuh tegangan pada JTR, oleh sebab itu harus dilakukan perbaikan untuk mendapatkan hasil tegangan yang baik.

Selanjutnya, hasil jatuh tegangan dan rugi daya penghantar (Losses) akan muncul tabel seperti tabel 4 dari hasil Report Manager pada ETAP 16.0 yang akan menampilkan nilai tegangan di setiap busbar, nilai jatuh tegangan dan Losses pada tiap penghantar dari gardu distribusi GD KRDB sebelum uprating penghantar.

Tabel 5. Data Hasil Losses dan Jatuh Tegangan Gardu Distribusi GD KRDB Pada Report Manager Simulasi ETAP 16.0.

Branch Losses Summary Report									
Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Penghantar Jurusan 1	-0.037	-0.023	0.044	0.024	7.4	1.1	83.5	96.8	13.33
Penghantar Jurusan 2	-0.027	-0.017	0.031	0.017	3.4	0.5	88.1	96.8	8.65
SUTM Feeder Palima	0.077	0.044	-0.077	-0.044	0.0	0.0	100.0	100.0	0.05
GD KRDB	0.077	0.044	-0.075	-0.042	1.7	2.6	100.0	96.8	3.17
					12.5	4.3			

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP 16.0, tegangan terendah pada Jurusan 1 Gardu distribusi KRDB sebelum dilakukan perbaikan penghantar (Penampang 70 mm²) yaitu 326 Volt, Jatuh tegangan pada ujung jaringan adalah 50,12 Volt dengan persentase jatuh tegangan 13,33% tegangan nominal, dan pada Jurusan 2 Gardu distribusi KRDB sebelum dilakukan uprating penghantar yaitu 343 Volt, Jatuh tegangan pada ujung jaringan adalah 32.52 Volt dengan persentase jatuh tegangan 8,65 % tegangan nominal.

Tabel 6. Data Hasil Losses dan Jatuh Tegangan Gardu Distribusi KRDB JTR LVTC 95 mm² Pada Report Manager Simulasi ETAP 16.0.

Branch Losses Summary Report									
Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Penghantar Jurusan 1	-0.038	-0.024	0.044	0.025	5.4	1.1	86.7	96.8	10.06
Penghantar Jurusan 2	-0.028	-0.017	0.030	0.018	2.5	0.5	90.2	96.8	6.54
SUTM Feeder Palima	0.076	0.045	-0.076	-0.045	0.0	0.0	100.0	100.0	0.05
GD KRDB	0.076	0.045	-0.074	-0.043	1.7	2.6	100.0	96.8	3.19
					9.7	4.2			

Dari hasil simulasi tersebut tampak pada Bus Beban Jurusan 1 berada dalam kondisi Under Voltage atau sama dengan Jatuh Tegangan dalam kondisi critical/melewati standar yang di izinkan. Sedangkan Bus Beban Jurusan 2 berada dalam kondisi Under Voltage atau sama dengan Jatuh Tegangan dalam kondisi marginal/belum melewati standar yang di izinkan. Dari data tersebut tampak jatuh tegangan pada beban sebesar 37,83 volt dengan persentase 10,06% untuk beban jurusan I dan jatuh tegangan pada beban sebesar 24,59 volt dengan persentase 6,54 % untuk beban jurusan 2. Dari hasil tersebut tampak jaringan tegangan rendah jurusan 1 harus di uprating dengan kabel yang lebih besar untuk mendapatkan hasil tegangan yang lebih baik.

Tabel 7 Data Hasil Losses dan Jatuh Tegangan Gardu Distribusi KRDB JTR LVTC 120 mm² Pada Report Manager Simulasi ETAP 16.0.

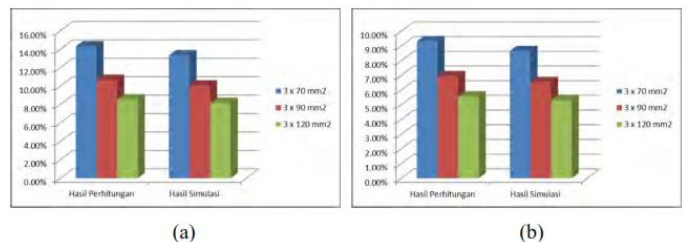
Branch Losses Summary Report

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Penghantar Jurusan 1	-0.039	-0.024	0.044	0.025	4.3	1.1	88.6	96.8	8.17
Penghantar Jurusan 2	-0.028	-0.018	0.030	0.018	2.0	0.5	91.4	96.8	5.32
SUTM Feeder Palima	0.076	0.046	-0.076	-0.046	0.0	0.0	100.0	100.0	0.05
GD KRDB	0.076	0.046	-0.074	-0.043	1.7	2.6	100.0	96.8	3.20
					8.0	4.2			

Dari hasil simulasi tersebut tampak pada Bus Beban Jurusan 1 dan Jurusan 2 sudah berada dalam kondisi Under Voltage atau sama dengan Jatuh Tegangan dalam kondisi marginal/tidak melewati standar yang di izinkan. Dari data tersebut tampak jatuh tegangan pada beban sebesar 30,72 volt dengan persentase 8,17% untuk beban jurusan 1 dan jatuh tegangan pada beban sebesar 20 volt dengan persentase 5,32% untuk beban jurusan 2. Dari hasil tersebut tampak jaringan tegangan rendah pada GD KRDB sudah sesuai standar yang ditentukan dan baik untuk digunakan sebagai pasokan listrik untuk pelanggan.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan perhitungan secara manual, hasilnya hampir mendekati dari hasil simulasi yang dilakukan dengan ETAP 16.0

Jurusan 1	Hasil Perhitungan	Hasil Simulasi	Jurusan 2	Hasil Perhitungan	Hasil Simulasi
3 x 70 mm ²	14.31%	13.33%	3 x 70 mm ²	9.31%	8.65%
3 x 90 mm ²	10.66%	10.06%	3 x 90 mm ²	6.94%	6.54%
3 x 120 mm ²	8.54%	8.17%	3 x 120 mm ²	5.56%	5.32%



Gambar 3. Grafik Perbandingan Drop Tegangan Menggunakan Simulasi ETAP 16.0 dan Perhitungan pada Jurusan 1 (a) dan Jurusan 2 (b) GD KRDB

V. KESIMPULAN

Jatuh tegangan pada jaringan tegangan rendah (JTR) gardu distribusi GD KRDB PT. PLN (Persero) UP3 Serang Kota dipengaruhi oleh kecilnya ukuran penampang penghantar. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP 16.0, uprating penghantar bisa berdampak terhadap perbaikan jatuh tegangan, dimana tegangan ujung naik sebesar 19,40 Volt (5% dari tegangan nominal) setelah uprating penampang menjadi 120 mm² untuk jurusan 1 dan sebesar 12,52 Volt (3% dari tegangan nominal) setelah uprating penampang 120 mm² untuk jurusan 2. Berdasarkan perhitungan secara manual, uprating penghantar bisa berdampak terhadap perbaikan jatuh tegangan, dimana

tegangan ujung naik sebesar 21,66 Volt (6% dari tegangan nominal) setelah uprating penampang menjadi 120 mm² untuk jurusan I dan sebesar 14,09 Volt (4% dari tegangan nominal) setelah uprating penampang 120 mm² untuk jurusan II. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan perhitungan secara manual, hasilnya hampir mendekati dari hasil simulasi yang dilakukan dengan ETAP 16.0, hal tersebut membuktikan bahwa dengan menggunakan dua metoda yang berbeda Uprating Penghantar memang sangat mempengaruhi Jatuh tegangan pada penghantar JTR GD KRDB.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini dituliskan ucapan terima kasih terhadap pihak-pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini serta ucapan terima kasih terhadap tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direksi PT. PLN (Persero). 1997. Kursus Operasi dan Pemeliharaan Distribusi TR. Tuntungan : PT. PLN (Persero).
- [2] Firmansyah. 2012. Sistem Distribusi Daya Listrik. Padang : Politeknik Negeri Padang.
- [3] Sarimun, Wahyudi. 2011. Buku Saku Pelayanan Teknik (Yantek) Edisi Edisi Kedua. Cibening : Garamond
- [4] SPLN No.1. 1995. Tegangan-Tegangan Standar. Jakarta : PT. PLN (Persero).
- [5] SPLN No.72. 1987. Spesifikasi Desaint untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Jakarta : PT. PLN (Persero).
- [6] Suhadi, dkk. 2008. Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [7] Sukmawidjaja, Maula. 2008. Perhitungan Profil Tegangan pada Sistem Distribusi Menggunakan Matrix Admitansi dan Matrix Impedansi Bus.