

PERBAIKAN TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 KV PENYULANG TOMAT GARDU INDUK MARIANA SUMATERA SELATAN

Budi Santoso¹⁾ Albert Gifson²⁾, Dicky Pratama³⁾

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik - PLN

¹⁾budi.santosa@sttpln.ac.id

²⁾albertdoang@yahoo.co.id

³⁾dicky.pratama@sttpln.ac.id

Abstract : *In power systems, particularly in medium voltage 20 kV feeder that are its length exceeds 100 kms the same thing is found in many tissues PT. PLN (Persero) outside Java island for example in South Sumatra in feeder Tomat Mariana substation 105,094 kms in length and threshold voltage feeder receive Tomat at 16,397 kV. According to the standards established by SPLN: 72 of 1987 in the amount of 5% to JTM with radial configuration in this paper will discuss what steps need to be done to correct the voltage at the feeder Tomat Mariana substation with the help of ETAP 12.6.0 application using methods repair replacement Conductor , installation of capacitors and transformers Tap settings.*

Keywords: *Drop voltage, voltage improvement, Tomat's Feeder*

Abstrak : *Dalam sistem tenaga listrik, khususnya pada tegangan menengah 20 kV terdapat penyulang yang panjangnya melebihi 100 kms hal serupa ini banyak terdapat pada jaringan PT. PLN (Persero) diluar pulau jawa misal di Sumatera Selatan pada Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana yang panjangnya 105,094 kms dan tegangan diujung terima Penyulang Tomat sebesar 16,397 kV. Menurut standar yang ditetapkan melalui SPLN : 72 Tahun 1987 yaitu sebesar 5% untuk JTM dengan konfigurasi radial dalam skripsi ini akan dibahas langkah apa yang perlu dilakukan untuk memperbaiki tegangan pada Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana dengan bantuan aplikasi ETAP 12.6.0 menggunakan metode perbaikan penggantian Konduktor, pemasangan Kapasitor dan pengaturan Tap Trafo.*

Kata kunci: *Jatuh tegangan, perbaikan tegangan, Penyulang Tomat.*

1. PENDAHULUAN

Penyediaan energi listrik di Indonesia baru mencapai rasio elektropikasi sekitar 90%. Bagian negeri ini yang mendapat penyediaan tenaga listrik dari PT. PLN (Persero) banyak yang pasokan dayanya tidak memenuhi standar PLN, baik dari segi tegangan maupun segi keandalan. Hal ini antara lain disebabkan karena daerah pelayanan distribusi yang luas dan kerapatan beban yang rendah sehingga jaringan tegangan menengah 20 kV menjangkau daerah yang luas dan panjangnya lebih dari 100 km, seperti halnya pada Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana dengan panjang 105,094 km dan tegangan terima di ujung penyulang sebesar 16,397 kV.

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat.
2. Merupakan Sub Sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Jaringan distribusi berdasarkan letak jaringan terhadap posisi gardu distribusi, dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu:

1. Jaringan sistem distribusi primer

2. Jaringan sistem distribusi sekunder

Tingkat reliabilitas sistem transmisi tegangan menengah sangat diperlukan karena ini merupakan faktor yang sangat mempengaruhi penyaluran energi listrik sampai menuju konsumen. Palabuhanratu merupakan salah satu daerah yang sedang berkembang. Pasokan energi listrik Palabuhanratu di suplai dari trafo utama yaitu GIS Ratu PLTU Jawa Barat II Palabuhanratu. GIS Ratu tersebut mempunyai satu unit trafo berkapasitas 60 MVA yang menyuplai delapan penyulang, yaitu terdiri dari penyulang Bagbagan, Samudra, Jayanti, Jampang Kulon, Ciwaru, Surade, Ciselok dan Cemindo.

Untuk mencapai reliabilitas yang baik, reliabilitas dari sebuah sistem distribusi tegangan menengah juga dapat dinyatakan dari banyaknya frekuensi sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman tersebut berlangsung, dan berapa lama waktu pemulihan sistem tersebut dapat diatasi. Adapun indeks yang dipergunakan adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*). Indeks reliabilitas yang ditetapkan sesuai dengan SPLN 59 : 1985 yaitu nilai SAIFI sebesar 2,14kali/tahun dan untuk nilai SAIDI yaitu 12,842 jam/tahun.

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Melakukan perhitungan nilai jatuh tegangan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan menggunakan aplikasi ETAP 12.6.0.
2. Upaya mengatasi penyebab jatuh tegangan pada jaringan tegangan menengah penyulang tomat rayon mariana pada saat beban puncak.
3. Melakukan analisa perbaikan hanya membahas dalam segi teknis dan tidak membahas dalam segi ekonomis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penyebab Terjadinya Jatuh Tegangan Pada JTM

Berikut adalah penyebab utama yang dapat mempengaruhi besarnya nilai jatuh tegangan, yaitu

1. Nilai arus (I) yang mengalir pada saluran

Semakin besar nilai arus yang mengalir pada saluran maka akan semakin besar juga jatuh tegangannya, sehingga tegangan pada ujung penerimaan akan menjadi rendah. Besarnya arus (I) beban tergantung dari pembebanan sistem distribusi karena pemakaian dari beban ini tidak sama dalam setiap titik beban.

2. Nilai impedansi (Z) saluran
Besarnya nilai impedansi (Z) dari suatu saluran dapat dirumuskan dengan persamaan .
Dari persamaan $\Delta V \cong I (R \cos\phi + X_L \sin\phi)$, dapat dilihat bahwa semakin panjang saluran maka nilai impedansi semakin besar yang berakibat pada semakin besarnya nilai jatuh tegangan.
3. Jauhnya jaringan, jauhnya jarak beban (trafo distribusi) dari Gardu Induk
4. Faktor daya beban ($\cos\phi$)
5. Rendahnya tegangan yang disuplai dari GI (Gardu Induk.)

2.2. Cara Memperbaiki Jatuh Tegangan Pada Jaringan JTM

Cara memperbaiki jatuh tegangan yang dipilih tergantung pada kebutuhan dan keadaan di lapangan dari sistem tersebut. Berikut penjelasan beberapa cara pengendalian tegangan, sebagai berikut :

1. Pengubah Sadapan Berbeban (*On Load Tap Changing = OLTC*) pada Transformator di Gardu Induk

Untuk dapat memperbaiki jatuh tegangan Jaringan Tegangan Menengah (JTM) agar tegangan sistem yang sampai ke pelanggan tenaga listrik sesuai batas yang diperbolehkan, maka transformator tenaga di Gardu Induk (GI) yang memasok tenaga listrik ke jaringan tegangan menengah dilengkapi dengan pengubah sadapan berbeban (OLTC) yaitu sadapan yang dapat diubah dalam keadaan berbeban tanpa memutus sirkuitnya.

Transformator daya pada umumnya dilengkapi dengan tap pada lilitannya untuk mengubah besarnya tegangan yang keluar dari transformator. Pengubahan tegangan dilakukan dengan memindahkan posisi tap transformator. Transformator

yang dioperasikan pada GI umumnya posisi tapnya dapat diubah dalam posisi berbeban dengan menggunakan *On Load Tap Changing* (OLTC). Bahkan banyak juga transformator yang dilengkapi dengan pengatur tegangan otomatis yang dapat mengindera perubahan tegangan yang selanjutnya akan memberikan perintah untuk mengubah tap transformator secara otomatis agar tegangan yang keluar dari transformator memiliki nilai yang konstan.

Pengaturan posisi tap transformator pada GI dengan OLTC, dapat memperbaiki tegangan sisi kirim JTM sehingga tegangan pada sisi terima JTM mengalami sedikit perbaikan. Dimana nilai maksimal yang bisa diberikan pada sistem distribusi jaringan tegangan menengah 20 kV adalah 24 kV.

2. Pengubahan Sadapan Tanpa Beban pada Transformator Distribusi

Untuk dapat memperbaiki jatuh tegangan Jaringan Tegangan Menengah (JTM) agar tegangan sistem yang sampai ke pelanggan tenaga listrik sesuai batas yang diperbolehkan, maka dapat dilakukan pengubahan sadapan tanpa beban pada transformator distribusi di Gardu Distribusi (GD) yang memasok tenaga listrik ke jaringan tegangan rendah. Transformator distribusi di Gardu Distribusi (GD) dilengkapi dengan pengubah sadapan tanpa beban yaitu sadapan yang dapat diubah dalam keadaan tanpa beban dan dioperasikan secara manual.

Transformator distribusi di Gardu Distribusi (GD) pada umumnya dilengkapi dengan tap pada lilitannya untuk mengubah besarnya tegangan yang keluar dari transformator. Besarnya tap pada transformator distribusi ada 2 macam, yaitu transformator distribusi dengan 3 tap dan transformator distribusi dengan 5 tap.

Untuk transformator distribusi dengan 3 tap, pengaturan posisi tap dapat dilakukan dari *range* tegangan 21 kV, 20 kV dan 19 kV. Sedangkan pada transformator distribusi dengan 5 tap, pengaturan posisi tap dapat dilakukan dari *range* tegangan 22 kV, 21 kV, 20 kV, 19 kV dan 18 kV.

Pengaturan posisi tap tanpa beban pada transformator distribusi, sangat

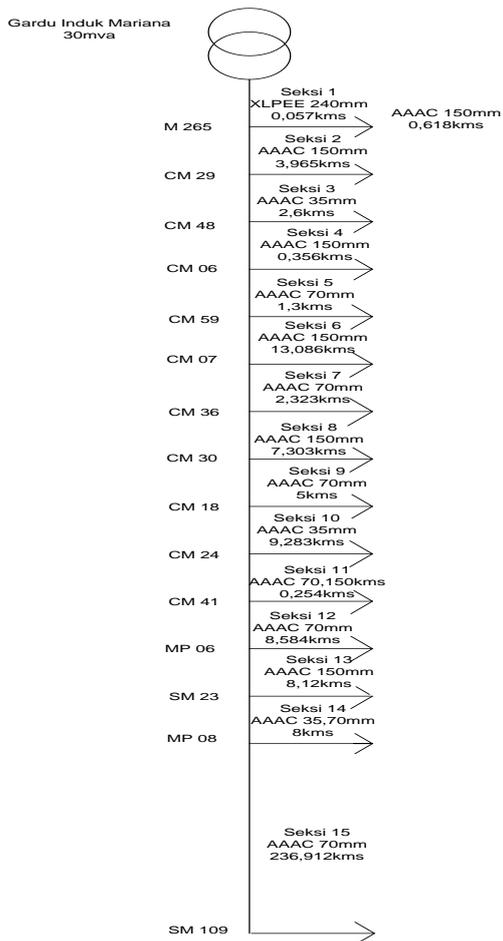
diperlukan untuk menjaga kestabilan tegangan pada saluran-saluran yang memiliki panjang melebihi batas yaitu lebih dari 50 kms (SPLN 14 tahun 1979). Pengaturan tap dapat dilakukan dengan membagi panjang saluran menjadi 3 (tiga) atau 5 (lima) seksi. Gambar 2.9 menunjukkan metode penggunaan pengaturan tap tanpa beban untuk saluran yang panjang.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan Penyulang tomat yang merupakan salah satu penyulang yang ada di Gardu Induk Mariana Area Palembang, Gardu Induk Mariana mempunyai dua buah transformator tenaga berkapasitas 30 mVA, transformator yang terpasang pada gardu induk Mariana dengan sistem 150/20 kV. Penyulang tomat mempunyai panjang penyulang sepanjang 105,094 kms, dan mempunyai 180 gardu distribusi.

Dalam penelitian ini tahap pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data berupa *single line diagram*, panjang penyulang, jenis penyulang, luas penampang penyulang, kapasitas trafo distribusi, dan beban pertrafo. Data yang diperlukan untuk menghitung jatuh tegangan pada penyulang tomat gardu induk mariana adalah sebagai berikut.



Gambar 1: Single Line Penyulang tomat

3.2 Jatuh Tegangan Penyulang Tomat

Penyulang Tomat beroperasi pada jaringan tegangan menengah dengan pasokan listrik dari transformator 1 (satu) di Gardu Induk (GI) Mariana. Pengoperasian dan pemeliharaan Penyulang tomat menjadi tanggungjawab PT. PLN (Persero) Area Palembang Rayon Mariana. Pada Penyulang, terjadi jatuh tegangan di sisi tegangan menengah yang dapat menurunkan keandalan sistem serta sangat merugikan pelanggan tenaga listrik. Permasalahan ini harus segera diatasi dengan menghitung nilai jatuh tegangan kemudian menentukan metode perbaikan jatuh tegangan.

Dalam menghitung jatuh tegangan pada Penyulang Tomat, penulis menggunakan aplikasi ETAP untuk menghitung nilai jatuh dan simulasi perbaikan tegangan, dan untuk mengetahui tegangan pada aplikasi ETAP diperlukan data-data sebagai berikut :

- Panjang saluran
- Jenis dan Luas penampang penghantar
- Beban puncak penyulang
- Tegangan pangkal (Tegangan Gardu Induk)
- Kapasitas Trafo

3.3 Penyebab Permasalahan

Adapun penyebab permasalahan jatuh tegangan penyulang tomat adalah sebagai berikut :

- Panjang saluran
Panjang saluran penyulang Tomat sepanjang 307,343 km yang sangat berpengaruh pada jatuh tegangan penyulang ini. Langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah ini adalah membangun beberapa Gardu Induk baru yang setidaknya memperpendek panjangnya penyulang tomat sehingga dapat mengurangi jatuh tegangan pada penyulang tomat.

- Pertambahan pelanggan yang cukup tinggi

Pertumbuhan pelanggan tenaga listrik di area kerja PT. PLN (Persero) Area Palembang Rayon Mariana yang sangat tinggi dan jarak antar beban ke beban yang lainnya jauh tidak diiringi dengan penambahan kapasitas daya untuk pelanggan. Hal ini sangat berpengaruh pada terjadinya pemadaman listrik di beberapa daerah akibat pasokan tenaga listrik yang tidak memadai. Langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini adalah menambah pasokan listrik dengan menambah kapasitas transformator Gardu Induk (GI) bahkan dengan membangun sebuah Gardu Induk baru.

- Tidak adanya program pemberatan saluran

Program pemberatan saluran berupa penarikan penyulang / saluran baru. Penarikan saluran baru dilakukan dengan cara membuat saluran baru yang memiliki nilai impedansi yang lebih kecil yang di pasang sejajar atau paralel dengan saluran lama. Kemudian beban-beban di pindahkan pada saluran baru. Metode seperti ini dilakukan agar selama proses pemberatan saluran tidak ada pemadaman listrik total pada pelanggan.

$$\begin{aligned}
P_2 &= P_1 = P = 4994 \text{ kW} \\
Q_c &= Q_1 - Q_2 = P \tan \varphi_1 - P \tan \varphi_2 \\
&= P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \\
&= 4994 \times (0,75 - 0,328) \\
&= 4994 \times 0,422 \\
&= 2107,468 \text{ kVAR (daya reaktif} \\
&\quad \text{kapasitor)}
\end{aligned}$$

Simulasi dilakukan dengan memasang kapasitor bank 2250 kVAR. Pemasangan kapasitor dilakukan satu titik yang mana kapasitor bernilai 3x750 kVAR pada bus 168 gadu distribui SM 76. Dari hasil simulasi didapatkan hasil nilai tegangan pada ujung penyulang adalah sebesar 17,017 kV atau jatuh tegangannya 14,92%

Jika dibandingkan dengan nilai jatuh tegangan pada kondisi awal jaringan, nilai jatuh tegangan dengan memasang kapasitor bank pada penyulang tomat mengalami penurunan yang tadinya nilai tegangan pada ujung penyulang sebesar 16,397 kV atau jatuh tegangannya 18,015% menjadi 17,017 kV atau jatuh tegangannya 14,92% yang artinya penurunan nilai jatuh tegangan pada penyulang tomat sebesar 3,095%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan dengan memasang kapasitor bank pada penyulang tomat akan menurunkan nilai jatuh tegangannya. Tetapi dengan cara ini jatuh tegangan pada penyulang tomat berkurang sangat kecil.

4.3. Simulasi Pengaturan Pengubah Tap Trafo

Setelah dilakukan simulasi pada aplikasi ETAP 12.6.0 pengaturan tap trafo pada Gardu Induk 30 mVA Mariana, tegangan dinaikkan sebesar 5% dari tegangan nominal 20 kV menjadi 21 kV. Dari hasil simulasi didapatkan nilai tegangan yang diterima pada ujung penyulang tomat menjadi 17,216 kV atau jatuh tegangannya sebesar 13,92%.

Jika dibandingkan dengan nilai jatuh tegangan pada kondisi awal jaringan, nilai jatuh tegangan dengan mengubah tap trafo menaikkan tegangan awal sebesar 5% mengalami penurunan yang tadinya sebesar 16,397 kV atau jatuh tegangannya 18,015% menjadi 17,216 kV atau jatuh tegangannya 13,92% yang artinya penurunan nilai jatuh tegangan pada penyulang tomat sebesar 4,094%. Hal ini

menunjukkan bahwa dengan mengubah tap trafo pada Gardu Induk Mariana Penyulang Tomat akan menurunkan nilai jatuh tegangannya. Tetapi dengan cara ini jatuh tegangan pada penyulang tomat berkurang sangat kecil.

Tabel 1: Nilai Tegangan dan Nilai Jatuh Tegangan Setelah Pengantian Konduktor

No Bus	Nilai Tegangan	Nilai Jatuh tegangan
Bus 1 / Awal Penyulang	21 kV	+5%
Bus 90 / Tengah Penyulang	18,229 kV	8,85%
Bus 180 / Ujung Penyulang	17,216 kV	13,92%

4.4. Analisa Kombinasi Tiga Metode Perbaikan

Semua konduktor yang yang luas penampangnya 35mm², 70mm² dan 150mm² diganti dengan konduktor yang luas penampangnya 240 dengan jenis yang sama yaitu AAAC. Kapasitor Bank yang dipasang adalah sebesar 750KVAR x 3, dipasang pada satu titik. Dan tap trafo Gardu Induk Mariana diatur supaya lebih besar dari tegangan nominal 20 kV menjadi 21 kV atau dinaikkan sebesar 5%.

Setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan aplikasi ETAP 12.6.0, didapatkan hasil pada ujung terima penyulang tomat menjadi 19,488 kV atau jatuh tegangannya sebesar 2,56%. Jika dibandingkan dengan kondisi awal dan kondisi setelah dilakukan tiga metode perbaikan, jatuh tegangan dengan meng-kombinasikan ketiga metode perbaikan pada penyulang tomat mengalami penurunan yang sangat signifikan. Hal ini disebabkan karena dilakukan penggantian konduktor, pemasangan kapasitor bank, dan pengaturan pengubah tap trafo. Penggantian konduktor ke yang luas penampangnya lebih besar menyebabkan resistansi pada penyulang tomat semakin kecil, karena semakin besarnya luas penampang konduktor maka akan semakin kecil resistansinya sehingga dapat mengurangi jatuh tegangan pada penyulang tomat selain itu semakin kecil luas penampang konduktor maka KHA nya juga semakin kecil akan mudah membuat penghantar putus apabila terjadi gangguan. Sedangkan pemasangan

kapasitor bank akan menghasilkan arus *leading* (Ic) yang akan mengkompensasi arus *lagging* (IL) yang diserap oleh beban. Sehingga akan menimbulkan efek saling meniadakan antara kedua nilai arus tersebut (Ic-IL) dan akan mengurangi arus total yang mengalir ke beban. Sedangkan dengan melakukan pengaturan pengubah tap trafo akan menaikkan tegangan 5% dari tegangan nominal yang tadinya tegangan awal 20 kV menjadi 21 kV, sehingga dapat menaikkan tegangan sepanjang penyulang tomat.

Jika dibandingkan dengan kondisi awal dan kondisi keempat simulasi yang sudah dicoba, dengan mengkombinasikan ketiga metode perbaikan hasil ujung penyulang tomat yang didapat adalah 19,488 kV atau jatuh tegangannya sebesar 2,56% yang artinya penurunan jatuh tegangan sebesar 3,091 kV atau 20,55% yang artinya nilai tegangan terimanya masih memenuhi standar yang ditetapkan melalui SPLN : 72 Tahun 1987 yaitu sebesar 5% untuk JTM dengan konfigurasi radial.

5. KESIMPULAN

1. Nilai tegangan pada kondisi awal di ujung terima Penyulang Tomat adalah 16,397 kV atau jatuh tegangannya sebesar 18,015% yang artinya nilai tegangan terimanya tidak memenuhi standar yang ditetapkan melalui SPLN : 72 Tahun 1987 yaitu sebesar 5% untuk JTM dengan konfigurasi radial.
2. Penyebab terjadinya jatuh tegangan pada penyulang Tomat adalah panjang jaringan yang terlalu panjang yaitu 105,094 kms yang jauh melebihi batas standar panjang penghantar maksimal yaitu 50 kms (SPLN 14 Tahun 1979) dan luas penampang konduktor yang kecil.
3. Perbaikan tegangan dilakukan dengan kombinasi dan nilai tegangan pada ujung terima Penyulang Tomat setelah dilakukan simulasi kombinasi ketiga metode penggantian Konduktor, pemasangan Kapasitor dan pengaturan Tap Trafo adalah 19,488 kV atau jatuh tegangannya sebesar 2,56% yang artinya nilai tegangan terimanya masih memenuhi standar yang ditetapkan melalui SPLN : 72 Tahun 1987 yaitu sebesar 5% untuk JTM dengan konfigurasi radial.

6. REFERENSI

1. Abdul Kadir Prof. Ir, (2000). *Distribusi dan Utilasi Tenaga Listrik* (Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia).
2. Anonim. (1987). *Perusahaan Umum Listrik Negara : SPLN 72 : 1987, Spesifikasi desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)* Jakarta.
3. Hasan Basri Ir.(1997). *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : Penerbit ISTN.
4. Marsudi, Djiteng Ir.(2006). *Operasi Sistem Tenaga Listrik* (Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu, Edisi kedua).
5. Wahyudi Sarimun N Ir. MT. (2014). *Buku Saku Pelayanan Teknik* (Depok : Penerbit Garamond, Edisi Ketiga, September).