

Analisa Pemindahan Beban Penyulang Sungai Sapih ke Penyulang Siteba Terhadap Drop Tegangan Di PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji

Erhaneli* Nopita Sari

Institut Teknologi Padang, Padang
E-mail: erhanelimarzuki@gmail.com

ABSTRACT

Feeder Sungai Sapih is one of feeder at PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji with load 3,8243 MVA and length 28,74 kms. The base voltage feeder Sungai Sapih in the electricity meter cubicle at GH TRB is 18,891 kV and is based on the measurement results using voltstik is 18,287 kV so the voltage drop is 8,565% (has exceeded the limit of SPLN 72: 1987 that is 5%). From the description load of feeder Sungai Sapih moved 3,0891 MVA with length 9.3 kms to new feeder that is feeders siteba with goal to improve the voltage drop so that the voltage received at the optimal customer. The voltage drop calculation is based of load displacement before is 8,90357% (has exceeded the limit of SPLN 72: 1987 that is 5%) and after load displacement is 1,453296% (has not exceeded the limit of SPLN 72: 1987 that is 5%). Besides with calculation, voltage drop also lead with simulations using ETAP program 12.6.0 that is 9,195% (has exceeded the limit of SPLN 72: 1987 that is 5%) before load displacement and 1.51% (has not exceeded the limit of SPLN 72: 1987 that is 5%) after load displacement. From the measurements results using voltstik after load displacement is 1,485% (has not exceeded the limit of SPLN 72: 1987 that is 5%). The voltage drops in feeder Sungai Sapih before and after load displacement by TMP PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji has not exceeded 10%. From these data it can be concluded that after the load displacement feeder Sungai Sapih to feeder siteba voltage drop feeder Sungai Sapih gets smaller and do not exceed the limits SPLN 72: 1987 as well as TMP PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji. Load displacement feeder Sungai Sapih very influential to repair a voltage drop or the end of voltage feeder Sungai Sapih so that the voltage received at the end of the optimal customer side.

Keywords: Voltage drop, Feeder, Load displacement.

ABSTRAK

Penyulang Sungai Sapih merupakan salah satu penyulang di PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji dengan beban 3,8243 MVA dan panjang saluran 28,74 kms. Tegangan pangkal penyulang Sungai Sapih di power meter kubikel GH TRB adalah 18,891 kV dan berdasarkan hasil pengukuran menggunakan voltstik tegangan ujung sebesar 18,287 kV sehingga drop tegangan adalah 8,565% (melampaui batas SPLN 72:1987 yaitu 5%). Dari uraian tersebut beban penyulang Sungai Sapih dipindahkan sebesar 3,0891 MVA dengan panjang saluran 9,3 kms ke penyulang baru yaitu penyulang siteba dengan tujuan untuk memperbaiki drop tegangan agar tegangan yang diterima disisi pelanggan optimal. Drop tegangan berdasarkan hasil perhitungan sebelum dilakukan pemindahan beban 8,90357% (melampaui batas SPLN 72:1987 yaitu 5%) dan setelah dilakukan pemindahan beban sebesar 1,453296% (tidak melampaui batas SPLN 72:1987 yaitu 5%). Selain dengan perhitungan, drop tegangan juga diperoleh dengan simulasi menggunakan program ETAP 12.6.0 yaitu 9,195% (melampaui batas SPLN 72:1987 yaitu 5%) sebelum pemindahan beban dan 1,51% (tidak melampaui batas SPLN 72:1987 yaitu 5%) setelah pemindahan beban. Dan dari hasil pengukuran menggunakan voltstik drop tegangan setelah pemindahan beban sebesar 1,485% (tidak melampaui batas SPLN 72:1987 yaitu 5%). Drop tegangan pada penyulang Sungai Sapih sebelum dan setelah pemindahan beban berdasarkan TMP PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji belum melampaui batas 10%. Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa setelah dilakukan pemindahan beban penyulang Sungai Sapih ke penyulang siteba drop tegangan penyulang Sungai Sapih semakin kecil dan tidak melampaui batas SPLN 72:1987 maupun TMP PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji. Pemindahan beban penyulang Sungai Sapih sangat berpengaruh terhadap perbaikan drop tegangan atau tegangan ujung penyulang Sungai Sapih sehingga tegangan ujung yang diterima di sisi pelanggan optimal.

Kata Kunci : Drop tegangan, Penyulang, Pemindahan beban.

1. PENDAHULUAN

Tingkat pertumbuhan populasi penduduk yang semakin tinggi menyebabkan kecenderungan pemakaian energi listrik semakin meningkat. Pada jaringan distribusi pelayanan penyaluran dinilai

dari mutu energi listrik dari pangkal sampai ujung jaringan. Salah satu tingkat kualitas yang harus dijaga dan dipertahankan adalah kualitas tegangan yang diterima oleh pelanggan. Rendahnya kualitas tegangan/drop tegangan akan sangat merugikan

pelanggan dan penyedia tenaga listrik itu sendiri. Di sisi pelanggan tegangan yang tidak sesuai dengan batas nominalnya disamping mempengaruhi optimasi dan kinerja dari peralatan pada pelanggan, juga menyebabkan kapasitas daya yang digunakan akan lebih rendah dari daya terpasang. Rendahnya tegangan/drop tegangan juga akan berdampak buruk disisi penyedia tenaga listrik/PT. PLN (Persero) karena dapat membuat citra perusahaan menjadi buruk, secara teknis juga menyebabkan banyak kerugian. Dengan desain jaringan yang handal tidak hanya dapat menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik suatu jaringan, tapi juga dapat memperbaiki drop tegangan penyulang. Untuk itu pekerjaan menjaga dan memelihara agar nilai tegangan tetap stabil merupakan hal yang mutlak dilakukan pada seluruh sistem pasokan tenaga listrik termasuk sistem distribusi.

Drop tegangan pada sistem distribusi 20 kV dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain: Besarnya beban pada sistem distribusi; Panjang dan penampang penghantar yang tidak memenuhi syarat; Faktor daya yang buruk; atau karena penyebab teknis lainnya misalnya sistem penyambungan dan lain-lain. Drop Tegangan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang disebutkan di atas sehingga upaya perbaikannya juga dapat dilakukan dengan beberapa pilihan. Salah satu alternatif perbaikan drop tegangan adalah dengan melakukan pemindahan beban penyulang ke Gardu Induk dan Gardu Hubung yang tegangannya sesuai dengan standar atau dengan kata lain melakukan pemindahan beban ke penyulang baru.

Sebelum dilakukan rekonfigurasi jaringan PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji terdiri dari 7 penyulang yaitu Koto Tinggi, RSUD, Sungai Sapih, Belimbing, Andalas, Anduring dan Polamas. Penyulang Sungai Sapih dipasok dari GI PIP (penyulang ekspres lima) melalui GH TRB. Penyulang Sungai Sapih mempunyai saluran sepanjang 28.74 kms dalam mengalirkan listrik terhadap konsumen dengan beban 119 A ketika beban puncak. Sehingga dengan saluran yang panjang dan besarnya beban tentu akan terjadi drop tegangan karena dipengaruhi oleh impedansi saluran. Pada saat ini tegangan dipangkal penyulang Sungai Sapih 18,891 kV dan tegangan ujung penyulang Sungai Sapih 18,287 kV sehingga tegangan ujung tegangan rendah di rumah pelanggan mencapai 175 V. Pada SPLN 72:1987 drop tegangan yang diizinkan yaitu $\pm 5\%$ dan untuk tingkat mutu pelayanan PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji tegangan menengah di titik pemakaian tertinggi 21 kV dan di titik pemakaian terendah adalah 18 kV sedangkan untuk tegangan rendah di

titik pemakaian tertinggi 231 V dan 185 V untuk titik pemakaian terendah. Dengan adanya pemasalahan tersebut dilakukan rekonfigurasi jaringan dengan memindahkan sebagian beban penyulang Sungai Sapih ke penyulang baru yaitu penyulang Siteba yang dipasok dari GI Pauh Limo melalui GH Kandis, sehingga dapat mengatasi drop tegangan yang terjadi pada penyulang Sungai Sapih. Berdasarkan hal di atas maka penulis mencoba menganalisa pemindahan beban penyulang Sungai Sapih yang dipasok dari GH TRB ke GH Kandis melalui Penyulang Siteba terhadap drop tegangan sebelum dan sesudah dilakukan rekonfigurasi jaringan.

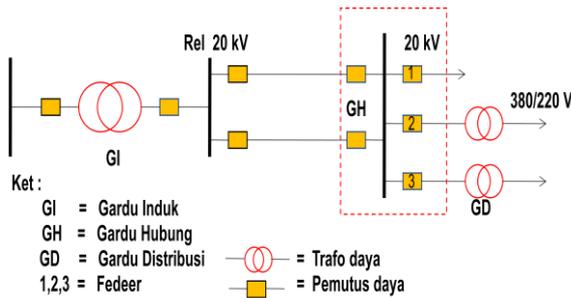
2. SISTEM DISTRIBUSI

Pada pendistribusian tenaga listrik ke pengguna tenaga listrik di suatu kawasan, penggunaan sistem Tegangan Menengah sebagai jaringan utama adalah upaya utama menghindarkan rugi-rugi penyaluran (losses) dengan kualitas persyaratan tegangan yang harus dipenuhi oleh PT PLN Persero selaku pemegang Kuasa Usaha Utama sebagaimana diatur dalam UU ketenagalistrikan No 30 tahun 2009. Dengan ditetapkannya standar Tegangan Menengah sebagai tegangan operasi yang digunakan di Indonesia adalah 20 kV, konstruksi JTM wajib memenuhi kriteria enjineriing keamanan ketenagalistrikan, termasuk didalamnya adalah jarak aman minimal antara Fase dengan lingkungan dan antara Fase dengan tanah, bila jaringan tersebut menggunakan Saluran Udara atau ketahanan Isolasi jika menggunakan Kabel Udara Pilin Tegangan Menengah atau Kabel Bawah Tanah Tegangan Menengah serta kemudahan dalam hal pengoperasian atau pemeliharaan Jaringan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) pada jaringan utama. Hal ini dimaksudkan sebagai usaha menjaga keandalan kontinuitas pelayanan konsumen.

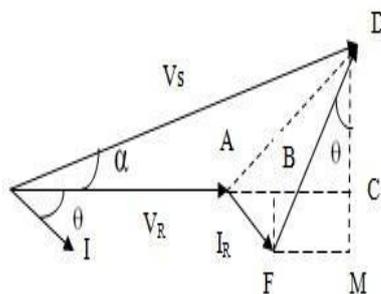
Lingkup Jaringan Tegangan Menengah pada sistem distribusi di Indonesia dimulai dari terminal keluar (*out-going*) pemutus tenaga dari transformator penurun tegangan Gardu Induk atau transformator penaik tegangan pada Pembangkit untuk sistem distribusi skala kecil, hingga peralatan pemisah/proteksi sisi masuk (*in-coming*) transformator distribusi 20 kV - 231/400V. Gambar 1 menunjukkan diagram segaris dari Distribusi Tegangan Menengah.

3. DROP TEGANGAN

Drop tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Drop tegangan pada saluran tenaga listrik umumnya



Gambar 1 Diagram segaris jaringan distribusi



Gambar 2 Diagram fasor saluran distribusi

berbanding lurus dengan panjangsaluran dan beban, serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besar drop tegangan dapat dinyatakan dalam persen maupun dalam satuan volt. Berdasarkan SPLN No.72:1987, drop tegangan atau jatuh tegangan yang diperbolehkan untuk sistem distribusi tegangan menengah adalah sebesar 5%. Dalam suatu sistem distribusi, drop tegangan yang terjadi harus diupayakan sekecil–kecilnya agar tidak merugikan konsumen. Besarnya drop tegangan yang terjadi pada saluran tersebut dapat dirumuskan:

$$\Delta V = |V_s| - |V_r| \tag{1}$$

Besar persentase susut tegangan pada saluran tiga fasa dapat ditentukan dengan rumus:

$$\%VR_{ugi} = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100\% \tag{2}$$

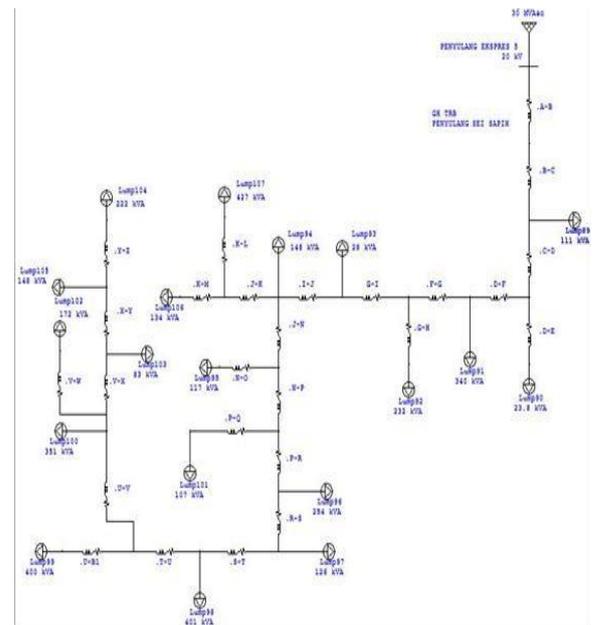
Sedangkan untuk besarnya susut tegangan untuk jaringan dalam volt dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\Delta V(1\Phi) = (I.R \cos \varphi + I.j X \sin \varphi) \tag{3}$$

Untuk saluran 3-fasa

$$\Delta V(3\Phi) = \sqrt{3} (I.R \cos \varphi + I.j X \sin \varphi) \tag{4}$$

$$\Delta V(3\Phi) = \sqrt{3} I. (R \cos \varphi + j X \sin \varphi)$$



Gambar 3 Diagram segaris penyulang Sungai Sapih dengan titik perhitungan drop tegangan sebelum pemindahan beban

Keterangan:

$$\Delta V = \text{Drop tegangan (V)}$$

$$I = \text{Arus saluran}$$

Berdasarkan adanya impedansi pada saluran maka susut tegangan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut.

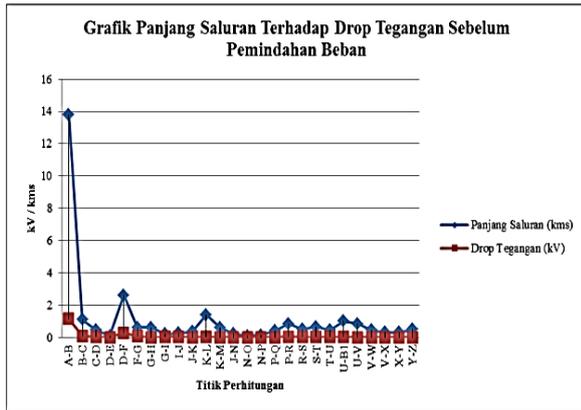
$$\Delta V(1\Phi) = I_s \times Z_L \tag{5}$$

4. METODE ANALISIS

Penelitian yang dilakukan menghitung drop tegangan yang terjadi pada penyulang Sungai Sapih PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji sebelum dan sesudah terjadi pemindahan beban atau rekonfigurasi jaringan distribusi. Untuk menganalisa data berpedoman pada rumusan-rumusan atau formula-formula yang ada pada laporan ini.

4.1 Menghitung Drop Tegangan Berdasarkan Titik Perhitungan Sebelum Pemindahan Beban

Sebelum dilakukan perhitungan terhadap drop tegangan maka dibuat rekapitulasi data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan seperti gambar 3 di atas dimana terdapat lokasi/titik, panjang saluran, luas penampang penghantar, tahanan dan rekatansi sesuai dengan luas penampang penghantar yang digunakan serta beban yang dipikul masing-masing lokasi/titik.



Gambar 4 Karakteristik hasil perhitungan drop tegangan dalam persen (sebelum pemindahan beban)

Hasil perhitungan drop tegangan dalam persen (sebelum pemindahan beban) ditunjukkan pada gambar 4. Gambar tersebut memperlihatkan panjang saluran dan hasil perhitungan drop tegangan disetiap titik perhitungan. Panjang saluran sangat berpengaruh terhadap drop tegangan. Grafik yang tidak konstan diakibatkan oleh panjang saluran yang berbeda-beda dan beban yang berbeda-beda disetiap titik perhitungan. Selain panjang saluran dan beban, jenis penghantar dan luas penampang pada saluran juga berpengaruh terhadap drop tegangan. Terlihat pada titik A-B adalah drop tegangan paling besar sebelum pemindahan beban yaitu 5,69367% dengan panjang saluran 13,8 km dari GI PIP ke GH TRB dengan luas penampang penghantar yang digunakan 120mm².

Dari perhitungan dan analisa di atas maka diperoleh hasil perhitungan drop tegangan dalam persen sesuai titik/zona perhitungan, sehingga dapat dihitung total drop tegangan yang terjadi pada penyulang Sungai Sapih yaitu:

Jumlah Drop Tegangan dalam persen,

$$\Delta V(A-Z) \% = 8,90357 \%$$

Drop Tegangan dalam kV adalah:

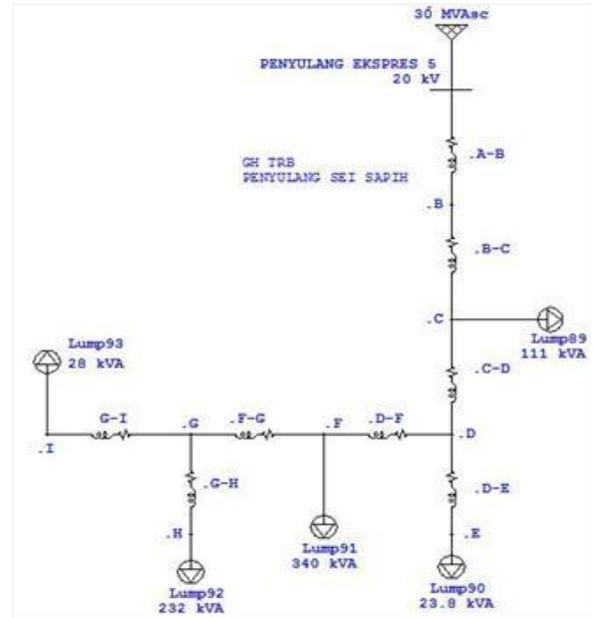
$$= 8,90357\% \times 20\text{kV}$$

$$= 1,78113 \text{ kV}$$

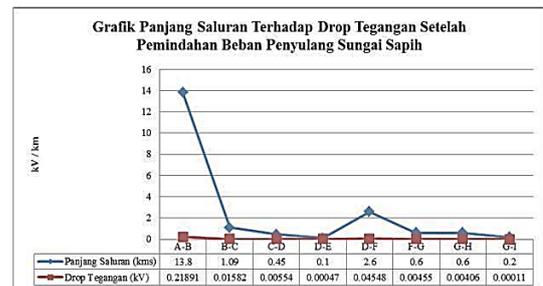
Drop tegangan yang terjadi sebelum pemindahan beban penyulang pada penyulang sungai sapih adalah 8,90357 % sebesar 1,78113 kV sehingga tegangan ujung terima penyulang menjadi: Tegangan Ujung kirim – Drop Tegangan

$$= 20 \text{ kV} - 1,78113 \text{ kV} = 18,21887 \text{ kV}$$

Dengan demikian drop tegangan sebelum pemindahan beban telah melampaui batas



Gambar 5 Diagram segaris penyulang Sungai Sapih dengan titik perhitungan drop tegangan setelah pemindahan beban



Gambar 6 Karakteristik hasil perhitungan drop tegangan dalam persen (setelah pemindahan beban)

SPLN 72:1987 (+5%) yaitu 8,90357%. Jika dibandingkan dengan TMP (+5% dan -10%) yaitu tegangan ujung 21 kV-18 kV yang ada di PT PLN (Persero) Rayon Kuranji drop tegangan belum melampaui batas yaitu 8,90357% dengan tegangan ujung sebesar 18,21887 kV.

4.2 Menghitung Drop Tegangan berdasarkan Titik Perhitungan Setelah Pemindahan Beban

Terdapat 8 titik perhitungan setelah dilakukan pemindahan beban dilengkapi dengan beban masing-masing titik/zona. Titik A-B, C-D, dan F-G merupakan titik/zona tanpa beban seperti terlihat pada gambar 5 di atas. Gambar 6 memperlihatkan hasil perhitungan drop tegangan disetiap titik perhitungan. Panjang saluran sangat

berpengaruh terhadap drop tegangan. Grafik yang tidak konstan diakibatkan oleh panjang saluran yang berbeda-beda dan beban yang berbeda-beda disetiap titik perhitungan. Selain panjang saluran dan beban, jenis penghantar dan luas penampang pada saluran juga berpengaruh terhadap drop tegangan seperti terlihat pada titik A-B dan D-F. Dari perhitungan dan analisa di atas maka diperoleh hasil perhitungan drop tegangan dalam persen sesuai titik/zona perhitungan, sehingga dapat dihitung total drop tegangan yang terjadi pada penyulang Sungai Sapih yaitu:

Jumlah Drop Tegangan dalam persen,

$$\Delta V(A-Z) \% = 1,4726 \%$$

Drop Tegangan dalam kV

$$= 1,4726\% \times 20\text{kV} = 0,2949 \text{ kV}$$

Drop tegangan yang terjadi setelah pemindahan beban penyulang pada penyulang sungai sapih adalah 1,4726 % atau sebesar 0,2949 kV sehingga tegangan ujung terima penyulang menjadi: Tegangan Ujung kirim – Drop Tegangan

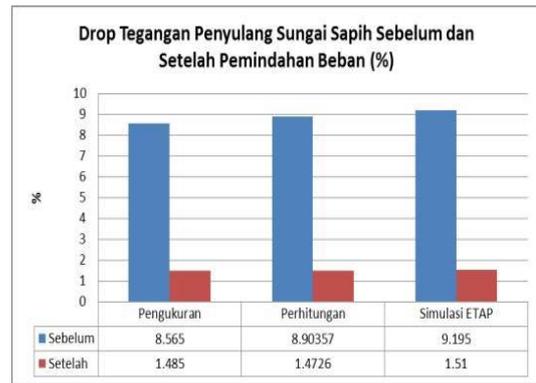
$$= 20 \text{ kV} - 0,2949 \text{ kV} = 19,7051 \text{ kV}$$

Dengan demikian drop tegangan setelah pemindahan beban belum melampaui batas SPLN 72:1987 (+5%) yaitu 1,4726%. Jika dibandingkan dengan TMP (+5%, -10%) yaitu tegangan ujung 21kV-18kV yang ada di PT PLN (Persero) Rayon Kuranji drop tegangan belum melampaui batas yaitu 1,4726% dengan tegangan ujung 19,7051 kV.

5. PEMBAHASAN

Gambar 7 dapat memperlihatkan bahwa setelah dilakukan pemindahan beban penyulang Sungai Sapih ke penyulang siteba drop tegangan berkurang 7,08% berdasarkan hasil pengukuran, 7,43097% berdasarkan hasil perhitungan dan 7,685% berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP 12.6.0.

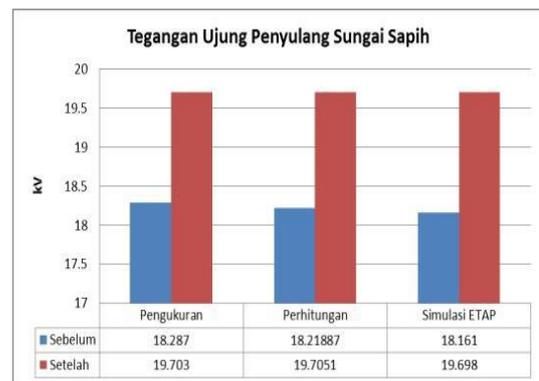
Drop tegangan penyulang Sungai Sapih sebelum dan setelah pemindahan beban dalam kV dapat dilihat pada gambar 8 dimana setelah dilakukan pemindahan beban penyulang Sungai Sapih ke penyulang siteba drop tegangan berkurang 1,416 kV berdasarkan hasil pengukuran, 1,48623



Gambar 7 Drop tegangan penyulang Sungai Sapih dalam persen



Gambar 8 Drop tegangan penyulang Sungai Sapih dalam kV



Gambar 9 Grafik tegangan ujung penyulang Sungai Sapih

kV berdasarkan hasil perhitungan dan 1,537 kV berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP 12.6.0.

Berdasarkan gambar 9 dapat dilihat tegangan ujung sebelum dan setelah pemindahan beban dari hasil pengukuran menggunakan voltstik, perhitungan dan simulasi ETAP 12.6.0. Setelah dilakukan pemindahan beban penyulang Sungai

Sapah ke penyulang siteba tegangan ujung penyulang Sungai Sapah bertambah 1,416 kV berdasarkan hasil pengukuran, 1,48623 kV berdasarkan hasil perhitungan dan 1,537 kV berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP 12.6.0. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat dianalisa bahwa terjadinya drop tegangan pada penyulang Sungai Sapah antara lain karena pengaruh dari panjang saluran dan besar beban pada saluran tersebut. Semakin panjang jaringan dan semakin besar nilai beban maka semakin besar pula drop tegangan yang terjadi pada suatu penyulang. Sehingga pemindahan beban penyulang Sungai Sapah sangat berpengaruh terhadap perbaikan tegangan ujung penyulang Sungai Sapah.

Pemindahan beban penyulang bukan hanya berdampak pada perbaikan drop tegangan melainkan juga dapat menekan susut atau losses dan untuk kedepannya dapat dilakukan perluasan jaringan dan penambahan beban. Susut terdiri dari susut teknis dan susut non teknis. Pemindahan beban penyulang Sungai Sapah merupakan upaya untuk menekan susut teknis pada jaringan penyulang tersebut. Susut itu sendiri merupakan salah satu faktor penyebab kerugian di sisi PLN karena adanya selisih yang cukup besar antara energi listrik yang dikirimkan dari gardu induk dengan energi listrik yang didapatkan dari konsumsi pelanggan. Beban penyulang Sungai Sapah sebelum dilakukan pemindahan beban kepenyulang siteba adalah 119A. Pemindahan beban penyulang Sungai Sapah ke penyulang siteba sebesar 95A sehingga beban penyulang Sungai Sapah setelah dilakukan pemindahan beban ke penyulang siteba adalah 29A. Dengan beban penyulang Sungai Sapah tersebut tidak menutup kemungkinan akan dilakukan perluasan jaringan dan penambahan beban dengan memperhatikan drop tegangan serta tegangan ujung terima di sisi pelanggan yang akan berdampak terhadap kepuasan pelanggan

6. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang dilakukan terhadap drop tegangan pada penyulang Sungai Sapah, maka dapat disimpulkan bahwa drop tegangan hasil perhitungan sebelum pemindahan beban adalah 8,90357% atau sebesar 1,78113 kV. Sehingga tegangan ujung penyulang menjadi 18,21887 kV. Sedangkan dengan simulasi ETAP

12.6.0 drop tegangan adalah 9,195% atau sebesar 1,839 kV sehingga tegangan ujung penyulang Sungai Sapah adalah 18,161 kV. Dari hasil pengukuran tegangan ujung penyulang sungai sapah dengan menggunakan voltstik, drop tegangan adalah 8,565% atau sebesar 1,713 kV dengan tegangan ujung 18,287 kV.

Drop tegangan hasil perhitungan setelah pemindahan beban adalah 4,53296% atau sebesar 0,290659 kV sehingga tegangan ujung penyulang menjadi 19,70934 kV. Sedangkan dengan simulasi ETAP 12.6.0 drop tegangan adalah 1,51% atau sebesar 0,302 kV dengan tegangan ujung penyulang Sungai Sapah adalah 19,698 kV. Dari hasil pengukuran menggunakan voltstik, drop tegangan adalah 1,485% atau sebesar 0,297 kV dengan tegangan ujung penyulang Sungai Sapah adalah 19,703 V.

Sementara itu, drop tegangan hasil perhitungan setelah pemindahan beban adalah 1,4726%. Dalam hal ini drop tegangan penyulang Sungai Sapah berdasarkan SPLN 72:1987 masih dalam batas standar yaitu kurang dari 5% dan tidak melampaui batas TMP (Tingkat Mutu Pelayanan) PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji yaitu 10%. Pemindahan beban penyulang sungai sapah sebesar 3,0891 MVA dengan panjang saluran 9,3 kms ke penyulang siteba sangat berpengaruh terhadap drop tegangan dan perbaikan tegangan ujung penyulang Sungai Sapah yang mengakibatkan drop tegangan berkurang sebesar 7,43097% sehingga tegangan ujung pada penyulang Sungai Sapah bertambah sebesar 1,48623 kV dari sebelum dilakukan pemindahan beban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Winardi, H. Winarno, and K. R. Aditama, "Perbaikan Losses Dan Drop Tegangan dengan Pelimpahan beban ke Penyulang Baru PWI 11 Di PT PLN (Persero) Area Semarang," 1987.
- [2] Budiono, "Jatuh Tegangan pada sistem Distribusi Tegangan Menengah" pp. 1-8, 2006.
- [3] Erhaneli, "Distribusi Tenaga Listrik," Institut Teknologi Padang, 2011.
- [4] J. Momentum, A. Riski, D. T. Elektro, "Pengaruh Penambahan Jaringan Terhadap Drop Tegangan pada SUTM 20 KV Feeder kersik Tuo," vol. 15, no. 2, 2013.
- [5] Muhammad, Golan Candra Sari, "Analisa Jatuh Tegangan Gardu Distribusi Primer 20kV pada PT. PLN (Persero) Sektor Keramasan Palembang," Universitas Diponegoro, 2008.
- [6] Jiteng Marsudi, Ir, "Operasi Sistem Tenaga Listrik" ISTN, Jakarta 1990

- [7] General Electric Company” **Overcurrent Protection for Distribution System**”, Application Manual Get-1751A, 1962
- [9] Gonen, T “**Electric Power Distribution System Engineering**”, Mc Graw Hill, New York, 1986
- [9] Hasan Basri “Sistem **Distribusi Daya Listrik**”, ISTN, Jakarta 1997
- [10] Hutaeruk, T.S,’ **Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja**”, Erlangga. 1991
- [11] Luces M. faulkenberry., Walter Cover, “**Electrical Power Distribution and Transmission**”, Prentice Hall, Englewood Cliff, New Jersey
- [12] Pabla., A.S, “Sistem **Distribusi Daya Listrik** “, Erlangga, jakarta 1986.
- [13] PLN Distribusi Jakarta Raya danTangerang, “**Pengoperasian Jaringan Distribusi** “, Jakarta, 1982