

ANALISA PERBAIKAN LOSSES DAN JATUH TEGANGAN PADA JARINGAN SAMBUNGAN RUMAH TIDAK STANDAR DENGAN SIMULASI *SOFTWARE* ETAP 7.5.0

Agung Nugroho, and Eko Setiawan

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

^{*)}E-mail: *agung_nugroho@undip.ac.id*

Abstrak

Sambungan rumah (SR) adalah titik akhir dari pelayanan listrik kepada konsumen, sehingga potret pelayanan dapat dilihat dari mutu tegangan dan tingkat keandalan dari sisi sambungan rumah. Dalam hal ini, penulis menemukan sebuah kasus nyata sampel di lapangan mengenai sambungan rumah yang tidak sesuai standar yang sangat layak untuk dibahas dan direncanakan solusi perbaikan jaringannya. Jumlah tarikan sambungan rumah (SR) deret yang tidak sesuai standar akan berpengaruh terhadap *losses* (susut daya) yang merupakan kerugian bagi PLN. Untuk kerugian di sisi pelanggan akibat penarikan sambungan rumah yang tidak sesuai standar tersebut adalah *drop voltage* (jatuh tegangan) yang membuat pelanggan hanya dapat menikmati listrik dengan tegangan kurang dari 220 Volt. Dan tentu saja permasalahan *drop voltage* ini sangat merugikan pelanggan karena dapat merusak peralatan listrik yang dimiliki oleh pelanggan. Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi di lokasi studi kasus ini perlu diadakan rencana desain perbaikan jaringan. Rencana perbaikan jaringan tersebut meliputi perluasan jaringan tegangan menengah 1 fasa, penambahan trafo 1 fasa 50 kVA dan penataan sambungan rumah deret pelanggan.

Kata Kunci : Sambungan Rumah, Susut, Perbaikan Jaringan

Abstract

House connections (SR) is the end point of the electrical service to consumers, so that the portrait can be seen from the quality of service voltage and the reliability of the connection side of the house. In this case, the authors found a real case of samples in the field on the home connection is not suitable berthing highly deserves to be discussed and direncanakan solusi repair network. Number of traction house connections (SR) series that do not fit the standard will affect the losses (shrinkage power) which is a loss for PLN. For losses on the customer side due to the withdrawal of household connections that do not fit these standards is voltage drop (voltage drop) that make hanyadapat customers enjoy electricity with a voltage less than 220 volts. And of course the problem of voltage drop is very detrimental to customers because it can damage electrical equipment owned by the customer. To overcome the problems that occurred in this case study sites need to hold tissue repair design plan. The network improvement plan includes the expansion of the medium-voltage network 1-phase, 1-phase addition of 50 kVA transformer and connection arrangement row house customers.

Keywords: House Connection, Losses, Repair Network

1. Pendahuluan

Sambungan rumah (SR) adalah titik akhir dari pelayanan listrik kepada konsumen, sehingga potret pelayanan dapat dilihat dari mutu tegangan dan tingkat keandalan dari sisi sambungan rumah. Dalam hal ini, penulis menemukan sebuah kasus nyata sampel di lapangan yang sangat layak untuk dibahas dan direncanakan solusi perbaikan jaringannya. Lokasi studi kasus ini adalah pada Jl. Parang Kembang 1 dan Jl. Tlogo Timun Perumahan

Tlogosari - Semarang. Studi kasus ini berawal dari *demo* pelanggan disertai surat laporan pelanggan karena listrik pada kawasan tersebut sering padam.

Dimulai pada bulan Januari 2013 pelanggan di Jl. Parang Kembang I dan Jl. Tlogo Timun tersebut gempar karena listrik padam dalam 4 (empat) malam berturut-turut pada sekitar pukul 20.00 WIB dan baru bisa nyala sekitar pukul 23.45. Di bulan Februari 2013 listrik pelanggan di wilayah tersebut kembali padam pada waktu-waktu yang

sama. Hal ini pun terjadi lagi di bulan Maret 2013. Selama 3 hari berturut-turut listrik pelanggan selalu padam pada saat-saat beban puncak. Dan emosi warga pun ikut memuncak dengan mendatangi kantor PLN secara berbondong-bondong agar masalah ini segera ditangani dengan serius oleh PLN.

Dari kasus tersebut, penulis akan menghitung *losses* (susut daya) yang dihasilkan dan mensimulasikan sambungan rumah yang tidak standar tersebut pada software ETAP 7.5.0 serta kemudian merencanakan solusi rencana perbaikan jaringan yang dapat dilakukan oleh PLN untuk menangani permasalahan di lokasi studi kasus tersebut.

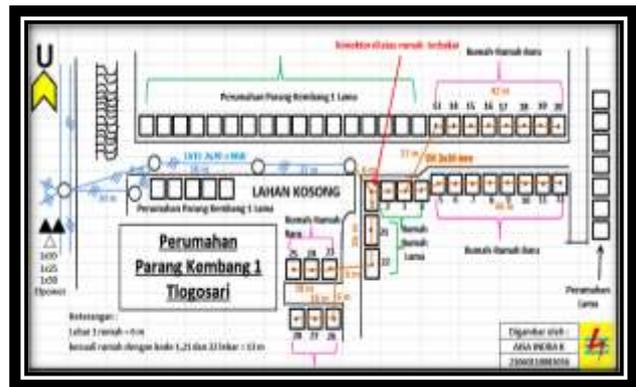
Sehubungan dengan pentingnya hal ini, diharapkan nantinya hasil studi kasus dan solusi perencanaan perbaikan yang ditawarkan oleh penulis dapat dijadikan pertimbangan untuk menangani permasalahan yang terjadi pada pelanggan yang terletak di Jl. Parang Kembang I dan Jl. Tlogo Timun Perumahan Tlogosari Semarang.

Selain itu juga penulis berharap dengan hasil analisis yang akan dilakukan penulis ini dapat dijadikan pertimbangan oleh PLN mengenai betapa pentingnya dilakukan audit dan perbaikan sambungan rumah (SR) yang tidak standar di seluruh wilayah kerja PLN untuk mengurangi susut daya (*losses*) dan drop tegangan sehingga dapat meningkatkan mutu pelayanan PLN kepada konsumen.

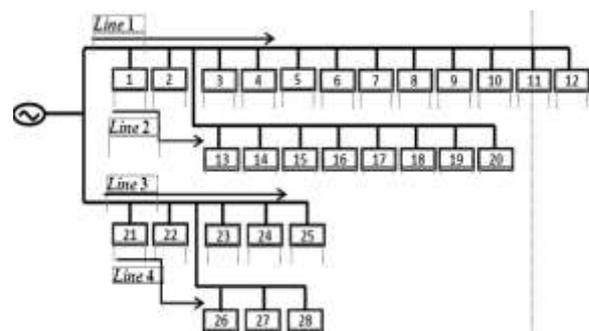
2. Metode

Pada jaringan eksisting yang telah terpasang di lokasi studi kasus ini diambil dari Trafo 50 KV yang terhubung dengan jaringan tegangan rendah (JTR) dengan penghantar LVTC 2x70 + N50 yang kemudian disalurkan ke rumah-rumah menggunakan kawat DX 2x10mm². Pada awalnya sambungan rumah yang disadapkan pada jaringan tegangan rendah tersebut hanya disambungkan pada 6 (enam) rumah lama dengan kode (1, 2, 3, 4, 21, dan 22). Namun setelah 16 unit rumah baru di kawasan Jl. Parang Kembang 1 dan 6 unit rumah baru di kawasan Jl. Tlogo Timun 4 tersebut dibangun, sambungan listriknya oleh BTL (Biro Teknik Listrik) diambilkan dari sambungan 6 (enam) rumah lama tersebut. Sehingga yang seharusnya hanya 6 tarikan menjadi 28 tarikan sambungan layanan pelanggan. Kondisi tersebut dapat digambarkan pada gambar kondisi jaringan eksisting berikut **gambar 1** :

Dari gambar jaringan eksisting tersebut dapat dibuat pemodelan rangkaian listrik berdasarkan hubungan seri-paralel sebagai berikut **gambar 2** :



Gambar 1 Kondisi Jaringan Eksisting



Gambar 2 Pemodelan Rangkaian Listrik Kondisi Eksisting

2.1 Perhitungan *Losses* (Susut Daya) Pada Jaringan Eksisting

Terdapat beberapa konsumen 1 fasa, maka *losses* (susut daya) per konsumen rata-rata dapat diperoleh dari menurunkan rumus 15 diatas menjadi sebagai berikut:

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 2 konsumen :

$$E_{2k} = \frac{1}{2} \times 2 \times (I^2 + (2I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 3 konsumen :

$$E_{3k} = \frac{1}{3} \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 4 konsumen :

$$E_{4k} = \frac{1}{4} \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2 + (4I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 5 konsumen :

$$E_{5k} = \frac{1}{5} \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2 + (4I)^2 + (5I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 6 konsumen :

$$E_{6k} = \frac{1}{6} \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2 + (4I)^2 + (5I)^2 + (6I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 7 konsumen :

$$E 7k = 1/7 \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2 + (4I)^2 + (5I)^2 + (6I)^2 + (7I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 8 konsumen :

$$E 8k = 1/8 \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2 + (4I)^2 + (5I)^2 + (6I)^2 + (7I)^2 + (8I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 9 konsumen :

$$E 9k = 1/9 \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2 + (4I)^2 + (5I)^2 + (6I)^2 + (7I)^2 + (8I)^2 + (9I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 10 konsumen :

$$E 10k = 1/10 \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2 + (4I)^2 + (5I)^2 + (6I)^2 + (7I)^2 + (8I)^2 + (9I)^2 + (10I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 11 konsumen :

$$E 11k = 1/11 \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2 + (4I)^2 + (5I)^2 + (6I)^2 + (7I)^2 + (8I)^2 + (9I)^2 + (10I)^2 + (11I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Losses (susut daya) per konsumen rata-rata dengan 12 konsumen :

$$E 12k = 1/12 \times 2 \times (I^2 + (2I)^2 + (3I)^2 + (4I)^2 + (5I)^2 + (6I)^2 + (7I)^2 + (8I)^2 + (9I)^2 + (10I)^2 + (11I)^2 + (12I)^2) \times R \text{ (Watt)}$$

Untuk keperluan perhitungan losses atau susut daya ini, maka harus dihitung arus rata-rata pada masing-masing line.

$$X I_x = \frac{\sum I_{TOTAL Line x}}{\sum \text{Jumlah Konsumen Line } x}$$

Tabel 1 Arus Rata-Rata tiap Line

Line	Arus Rata-Rata
Line 1	4,5 Ampere
Line 2	5,6 Ampere
Line 3	4,5 Ampere
Line 4	4,5 Ampere

Pada jaringan eksisting tersebut menggunakan kabel DX 2x10 mm², sehingga variable tahanan penghantar (R) adalah 0,074 ohm.(Pusdiklat PLN, 2009, h. 57).

Sehingga hasil perhitungan Losses (susut daya) per konsumen rata-rata adalah:

Tabel 2 Losses per konsumen rata-rata Line 1

NO	Jumlah Konsumen	Losses per konsumen rata-rata
1.	1 Rumah	3 Watt
2.	2 Rumah	7,5 Watt
3.	3 Rumah	14 Watt
4.	4 Rumah	22,5 Watt
5.	5 Rumah	33 Watt
6.	6 Rumah	45,5 Watt
7.	7 Rumah	60 Watt
8.	8 Rumah	76 Watt
9.	9 Rumah	95 Watt
10.	10 Rumah	115 Watt
11.	11 Rumah	138 Watt
12.	12 Rumah	162 Watt

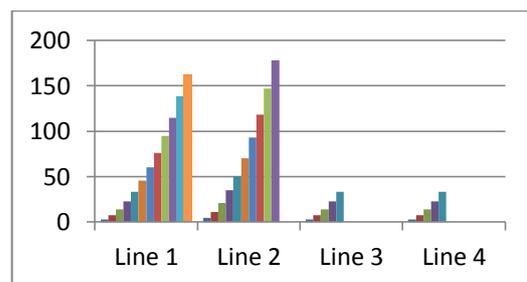
Tabel 3 Losses per konsumen rata-rata Line 2

NO	Jumlah Konsumen	Losses per konsumen rata-rata
1.	1 Rumah	4,5 Watt
2.	2 Rumah	11 Watt
3.	3 Rumah	21 Watt
4.	4 Rumah	35 Watt
5.	5 Rumah	50 Watt
6.	6 Rumah	70 Watt
7.	7 Rumah	93 Watt
8.	8 Rumah	118 Watt
9.	9 Rumah	147 Watt
10.	10 Rumah	178 Watt

Tabel 4 Losses per konsumen rata-rata Line 3 dan Line 4

NO	Jumlah Konsumen	Losses per konsumen rata-rata
1.	1 Rumah	3 Watt
2.	2 Rumah	7,5 Watt
3.	3 Rumah	14 Watt
4.	4 Rumah	22,5 Watt
5.	5 Rumah	33 Watt

Dari data hasil perhitungan losses (susut daya) yang telah dilakukan diatas dapat disimpulkan bahwa 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.



Gambar 3 Losses Per Konsumen Rata-Rata

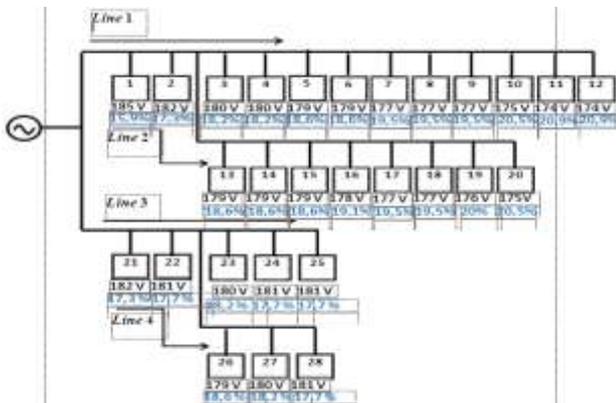
3. Hasil dan Analisa

3.1 Perhitungan Drop Voltage Pada Jaringan Eksisting

Pada perhitungan *drop voltage* (jatuh tegangan) dibawah ini merupakan perhitungan persentase dari tegangan kirim dengan tegangan terima. Untuk tegangan kirim diasumsikan bahwa tegangan yang dikirim adalah 220 volt sesuai dengan standar PLN. Dan untuk tegangan terima data diambil dari hasil penelitian yang dilakukan dengan cara pengukuran langsung pada konsumen di waktu beban puncak sekitar pukul 19.00 - 20.00 menggunakan Multimeter Digital.

Untuk mengetahui apakah tegangan pelayanan pada lokasi studi kasus masih dalam batas standar persentase drop pelayanan, maka dilakukan perhitungan persentase tegangan yang diterima oleh konsumen. Perhitungan persentase *drop voltage* (jatuh tegangan) pada lokasi studi kasus sebagai berikut :

$$\Delta V (\%) = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\%$$



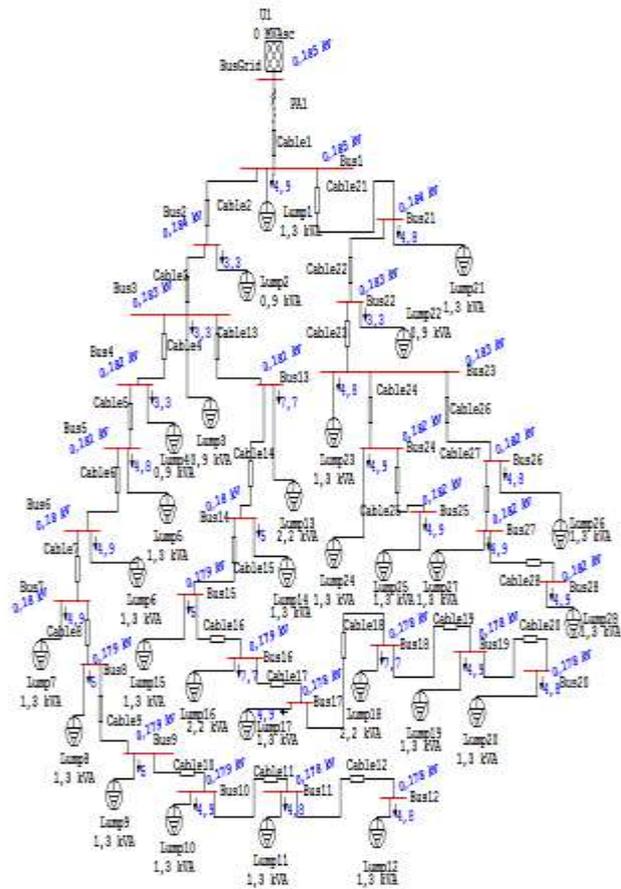
Gambar 4 Pemetaan Drop Voltage Hasil Pengukuran Pada Konsumen

Dari persentase tegangan pelayanan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian langsung pada konsumen tersebut dapat dilihat bahwa terjadi drop tegangan (jatuh tegangan) yang melebihi standar yang telah ditetapkan oleh PLN. Berdasarkan SPLN No 1 : 1995 mengenai tegangan-tegangan standar pelayanan PLN disebutkan bahwa total drop tegangan pelayanan adalah sebesar 10 persen. Sedangkan total drop tegangan pelayanan pada lokasi studi kasus tersebut antara 15,9% - 20,9%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pada lokasi studi kasus diperlukan perbaikan jaringan untuk memperbaiki tegangan pelayanan konsumen.

3.2 Simulasi Software ETAP 7.5.0

Pada bagian ini pemodelan ETAP digunakan sebagai Pemodelan dalam perhitungan besarnya drop tegangan pada jaringan tenaga listrik. Hasil perhitungan drop

tegangan pada software ETAP ini akan dibandingkan dengan hasil pengukuran tegangan secara langsung di lokasi.



Gambar 5 Simulasi Jaringan Eksisting Menggunakan Software ETAP 7.5.0

Telah terbukti bahwa semakin panjang jaringan tersebut dan semakin banyak jumlah sambungan rumah yang tersambung pada sebuah sambungan layanan pelanggan maka akan berkorelasi dengan besarnya drop tegangan baik dibuktikan secara langsung dengan pengukuran langsung pada konsumen maupun dengan simulasi software ETAP 7.5.0.

3.3 Rencana Perbaikan Jaringan - Perluasan JTM 1 Fasa

Untuk dapat memperbaiki jaringan di lokasi studi kasus, hal yang pertama harus dilakukan adalah melakukan perluasan jaringan tegangan menengah satu fasa. Jaringan tegangan menengah satu fasa adalah jaringan yang mengambil fasa R atau S atau T pada jaringan tegangan menengah tiga fasa. Sehingga jaringan satu fasa ini hanya memiliki satu fasa R atau S atau T dan Netral. Faktor yang mendesak untuk mengadakan perluasan jaringan tegangan menengah satu fasa di lokasi studi kasus ini adalah jumlah beban di daerah tersebut yang sudah *overload*. Trafo distribusi yang sudah *overblast* (meledak) menjadi

indikator yang sangat buruk atas ketidakmampuan trafo distribusi di daerah tersebut untuk memikul beban di lokasi studi kasus.

Selain untuk mengatasi permasalahan trafo distribusi yang sudah *overload* tersebut, perluasan jaringan tegangan menengah satu fasa ini nantinya akan sangat bermanfaat dalam memperbaiki tegangan di jaringan lokasi studi kasus. Dengan meminimalisir rugi-rugi tegangan tersebut, maka perluasan JTM 1 fasa ini juga dapat mengurangi *losses* atau susut daya pada jaringan.

3.4 Penambahan Trafo 1 Fasa 50 KVA

Seperti yang telah diketahui bahwa trafo distribusi di lokasi studi kasus sudah *overload*, maka penambahan trafo 1 fasa 50 KVA menjadi hal yang penting untuk memperbaiki jaringan di lokasi studi kasus. Penempatan trafo 1 fasa 50 KVA juga merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam memperbaiki tegangan. Hal ini dikarenakan semakin dekat dengan sumber tegangan, maka tegangan pada jaringan tersebut akan semakin baik. Oleh karena itu, trafo 1 fasa 50 KVA ini nantinya akan ditempatkan di tiang yang dekat dengan lokasi studi kasus. Kemudian jaringan yang men-supply 28 rumah pada lokasi studi kasus ini akan di-split atau dipisahkan dari jaringan awal sehingga 28 rumah ini nantinya akan di-supply dari trafo 1 fasa 50 KVA yang baru.

Selain itu trafo 1 fasa 50 KVA ini juga nantinya dapat mengantisipasi pertumbuhan beban di lokasi studi kasus. tidak perlu dikhawatirkan lagi.

3.5 Penataan Sambungan Rumah Deret Pelanggan

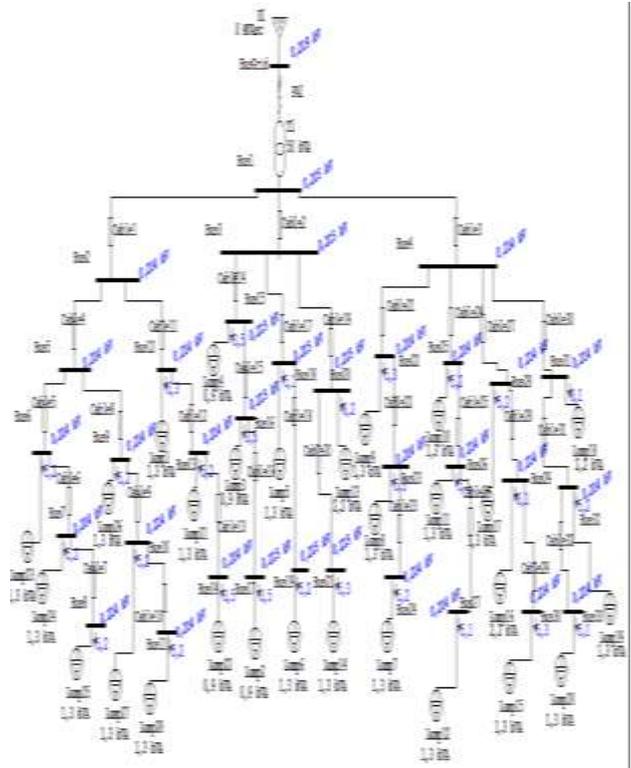
Penataan sambungan rumah (SR) deret pelanggan ini merupakan point utama dalam rencana perbaikan di lokasi studi kasus. Penataan SR deret ini harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh PLN bahwa 1 tiang JTR maksimum 5 sambungan layanan pelanggan dan 1 sambungan layanan pelanggan dapat disambung secara seri maksimum 5 pelanggan. Dengan begitu akan didapatkan drop tegangan dan *losses* pada sambungan rumah yang sesuai standar.

3.6 Kajian Kelayakan Rencana Perbaikan dengan simulasi ETAP 7.5.0

Pada kajian kelayakan rencana perbaikan ditinjau dari rugi-rugi tegangan atau drop tegangan pada lokasi studi kasus setelah diadakan perbaikan. Namun karena perbaikan ini belum dilaksanakan dan masih dalam rencana, maka untuk mengetahui rencana perbaikan ini layak atau tidak untuk diterapkan adalah dengan menggunakan simulasi software ETAP 7.5.0.

Simulasi software ETAP 7.5.0 ini sama seperti simulasi software ETAP yang dilakukan sebelumnya pada jaringan

eksisting lokasi studi kasus. Metode penggambaran *on line diagram* dan pemodelan *toolbar* pun juga akan dilakukan sama seperti simulasi jaringan eksisting. Faktor pembebanan pun diasumsikan sama seperti pembebanan pada saat dilakukan pengukuran tegangan di lokasi studi kasus. Sehingga dengan model pembebanan yang sama, rencana perbaikan jaringan ini dapat diketahui drop tegangannya.



Gambar 15 Simulasi Drop Tegangan Rencana Perbaikan Jaringan dengan ETAP 7.5.0

Dari hasil simulasi rencana perbaikan jaringan yang telah dibuat pada software ETAP 7.5.0 menunjukkan bahwa tegangan yang akan diterima konsumen akan sama antara rumah satu dengan lainnya pada tiang yang sama. Rumah-rumah yang di supply oleh tiang yang dekat dengan transformator akan mendapat tegangan yang paling baik. Persentase drop tegangan yang dihasilkan sesuai hasil simulasi pada rencana perbaikan jaringan adalah sebesar 2,2 – 2,7 % . Hal ini menunjukkan bahwa rencana perbaikan jaringan tersebut layak untuk diterapkan.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan pembahasan pada penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Susut daya (*losses*) yang dihasilkan tiap konsumen pada masing-masing sambungan layanan pelanggan adalah sebagai berikut :
 - a. Sambungan layanan pelanggan *Line 1* (12 rumah)=162Watt per konsumen

- b. Sambungan layanan pelanggan *Line 2* (10 rumah)=178Watt per konsumen
- c. Sambungan layanan pelanggan *Line 3* (5 rumah) = 33 Watt per konsumen
- d. Sambungan layanan pelanggan *Line 4* (5 rumah) = 33 Watt per konsumen

Losses pada sambungan layanan pelanggan *Line 2* lebih besar dari *losses* sambungan layanan pelanggan *Line 1* karena arus rata-rata konsumen pada *Line 2* lebih besar.

2. Dari data hasil perhitungan *losses* (susut daya) tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah tarikan sambungan rumah pada suatu sambungan layanan pelanggan, maka semakin besar pula *losses* (susut daya) yang dihasilkan. Dan tentu 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.
3. Persentase drop tegangan pelayanan yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran langsung pada konsumen dapat disimpulkan melebihi standar yang telah ditetapkan oleh PLN. Berdasarkan SPLN No 1 : 1995 mengenai tegangan-tegangan standar pelayanan PLN disebutkan bahwa total drop tegangan pelayanan maksimal adalah sebesar 10 %. Sedangkan total drop tegangan pelayanan pada lokasi studi kasus tersebut antara 15,9% - 20,9%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pada lokasi studi kasus diperlukan perbaikan jaringan untuk memperbaiki tegangan pelayanan konsumen.
4. Setelah dilakukan simulasi jaringan eksisting dengan menggunakan software ETAP 7.5.0 dapat terlihat bahwa perbedaan antara tegangan simulasi pada software ETAP bila dibandingkan dengan tegangan pengukuran langsung pada konsumen tidak jauh berbeda. Selisih tegangan tersebut hanya berkisar antara 0 – 4 volt saja
5. Baik pada simulasi tegangan menggunakan software ETAP 7.5.0 maupun pada pengukuran langsung tegangan pelayanan konsumen menunjukkan semakin panjang jaringan tersebut dan semakin banyak jumlah sambungan rumah yang tersambung dalam suatu sambungan layanan pelanggan maka akan berkorelasi dengan besarnya drop tegangan.

Referensi

- [1]. Alexander Simanjuntak. 2004. *Perhitungan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Distribusi Menggunakan Mathcad 2000 Profesional*. Jakarta: Tugas Akhir Strata-1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.
- [2]. Anonim. 1992: *Standard Konstruksi Jaringan Distribusi Dilingkungan Perusahaan Listrik Negara*, Buku saku. Jakarta: PT. PLN (Persero)
- [3]. Anonim. 2009. *Materi Prajabatan Bidang Distribusi : Desain Kriteria Jaringan Distribusi*. Pusdiklat PT. PLN (Persero)
- [4]. Anonim. 2009. *Materi Prajabatan Bidang Distribusi : Desain Kriteria Jaringan Tegangan Rendah*. Pusdiklat PT. PLN (Persero)
- [5]. Anonim. 2009. *Materi Prajabatan Bidang Distribusi : Desain Kriteria Sambungan Rumah*. Pusdiklat PT. PLN (Persero)
- [6]. Anonim. 2010. *Materi Prajabatan Bidang Distribusi : Panduan Software ETAP*. Pusdiklat PT. PLN (Persero)
- [7]. Antoni, Teguh. 2012. *Analisa Kebutuhan Gardu Induk Baru Di Wilayah APJ Pekalongan Dari Tahun 2012-2016*. Tugas Akhir. Semarang : Universitas Diponegoro
- [8]. Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- [9]. Hakiki, Ikhlas. 2011. *Analisa Drop Tegangan Pada Feeder Setapak Tegangan Menengah 20 KV Di Gardu Induk SEI-WIE PT. PLN (Persero) Cabang Singkawang*. Tugas Akhir. Pontianak : Politeknik Negeri Pontianak
- [10]. Muchamdany, 2008: *Analisa Koordinasi Penyetelan Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Untuk Mengatasi Simpatetik Trip Pada Gardu IndukTangerang PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSIJAKARTA RAYA DANTANGERANG AREA JARINGAN TANGERANG*. Jakarta: Tugas Akhir Strata-1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti
- [11]. SPLN 72. 1987. *Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah dan Jaringan tegangan Rendah*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara
- [12]. SPLN 56. 1984. *Sambungan Listrik*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara
- [13]. SPLN 74:1987. *Standar Listrik Pedesaan*. Jakarta. Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara
- [14]. Suartika, Made. 2010. *Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Untuk Memperbaiki Drop Tegangan Di Daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung*. Jurnal Teknologi Elektro, Volume 9, Nomor 2. Bali: Universitas Udayana
- [15]. Sukmawidjaja, Maula. 2008. *Perhitungan Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Menggunakan Matrix Admitansi Dan Matrix Impedansi Bus*. Jurnal Teknik Elektro, Volume 7, Nomor 2, Jakarta : Universitas Trisakti
- [16]. Susatyo. 2013. *Aliran Daya dan Keandalan ETAP*. Paper yang dipresentasikan pada Pelatihan ETAP Universitas Diponegoro