

# Analisis *Drop* Tegangan dan Manuver Jaringan pada Penyulang SGN11 dan Penyulang SGN14 Menggunakan *Software* ETAP 16.0.0

Maxi Alvin Sobikin<sup>1</sup> dan Henry Ananta<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Progam Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
Jl. Raya Sekaran, Kel. Sekaran, Kec. Gunungpati, Kota Semarang, Prop. Jawa Tengah, 50229, Indonesia  
e-mail: maxialvins@students.unnes.ac.id

**Abstrak**— Dalam penyaluran tenaga listrik masalah yang sering terjadi adalah *drop* tegangan. *Drop* tegangan terjadi seiring dengan meningkatnya beban arus akibat bertambahnya pemakaian beban listrik oleh pelanggan. Salah satu cara untuk mengurangi *drop* tegangan adalah dengan manuver jaringan. Manuver jaringan merupakan kegiatan modifikasi operasi normal menjadi tidak normal dalam suatu jaringan tenaga listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui *drop* tegangan sebelum dan sesudah manuver jaringan pada penyulang SGN11 dan penyulang SGN14. Perhitungan *drop* tegangan menggunakan simulasi *software* ETAP 16.0.0 dan perhitungan dengan rumus manual yang nantinya juga digunakan sebagai validasi untuk mengukur tingkat keakuratan *software* ETAP dalam melakukan simulasi. Dari hasil penelitian, *drop* tegangan pada penyulang SGN11 dapat ditekan dari 12,45% menjadi 7,66% berdasarkan simulasi *software* ETAP dan dari 12,15% menjadi 7,55% berdasarkan perhitungan manual setelah dilakukan manuver jaringan, sedangkan pada penyulang SGN14 *drop* tegangan meningkat dari 3,90% menjadi 9,45% berdasarkan simulasi *software* ETAP dan 3,88% menjadi 9,38% berdasarkan perhitungan manual. Untuk akurasi *software* ETAP dalam melakukan perhitungan *drop* tegangan mencapai sebesar 99,879% atau dengan tingkat error sebesar 0,121%.

**Kata kunci:** *Drop Tegangan, Manuver Jaringan, Penyulang SGN11, Penyulang SGN14, ETAP*

**Abstract**— In the distribution of electric power, the problem that often occurs is the voltage drop. The voltage drop that occurs along with the current load due to the increase in the electrical load by the customer. One way to reduce the voltage drop is to maneuver the network. Network maneuver is an activity of modifying normal to abnormal operations in an electric power network. The purpose of this study was to determine the stress before and after the network maneuver on the SGN11 feeder and the SGN14 feeder. Calculation of voltage drop using ETAP 16.0.0 simulation software and calculations using manual formulas which will also be used as validation to measure the accuracy of ETAP software in performing simulations. From the research results, the voltage drop on the SGN11 feeder can be reduced from 12.45% to 7.66% based on the ETAP software simulation and from 12.15% to 7.55% based on manual calculations after network maneuvers, while in the SGN14 feeder the voltage drop increased from 3.90% to 9.45% based on ETAP software simulation and 3.88% to 9.38% based on manual calculations. The accuracy of the ETAP software in calculating the voltage drop is 99.879% or with an error rate of 0.121%.

**Keywords:** *Voltage Drop, Network Maneuver, SGN11 Feeder, SGN14 Feeder, ETAP*

## I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun sebanding dengan meningkatnya kebutuhan terhadap energi listrik sehingga untuk memenuhi kebutuhan listrik, PLN terus menambah pembangkit-pembangkit dan peralatan-peralatan pendukung yang andal dan kontinu pada sistem distribusi untuk meningkatkan pelayanan dan kualitas listrik kepada pelanggan[1]. Namun, dalam melakukan penyaluran tenaga listrik PLN mengalami berbagai kendala salah satunya adalah *drop* tegangan yang terjadi akibat penambahan beban atau pelanggan dari tahun ketahun yang tersambung

ke jaringan PLN sehingga dapat menyebabkan tegangan menurun pada titik-titik beban sehingga mempengaruhi kualitas tegangan terpasang pada jaringan distribusi, tidak terkecuali pada penyulang SGN11 yang merupakan penyulang bagian dari GI 150 kV Sanggrahan dan merupakan salah satu penyulang yang menyuplai beban cukup tinggi sehingga kualitas tegangan yang disalurkan harus diperhatikan.

Beberapa upaya dapat dilakukan untuk menekan *drop* tegangan salah satunya dengan manuver jaringan. Manuver jaringan merupakan kegiatan modifikasi operasi normal menjadi tidak normal dalam suatu jaringan akibat adanya

gangguan/pekerjaan jaringan sehingga dapat tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik yang maksimal. Manuver jaringan atau manipulasi jaringan juga dapat diartikan sebagai kegiatan pelimpahan sebagian maupun seluruh beban dari penyulang satu ke penyulang lain yang bersifat sementara[2].

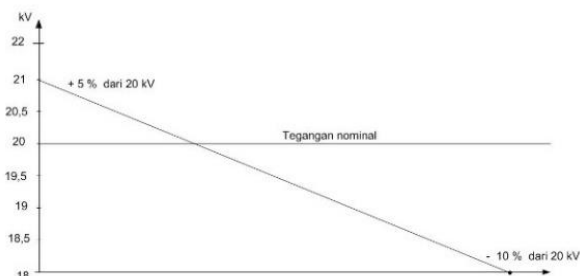
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *drop* tegangan pada kondisi normal (sebelum manuver) dan sesudah manuver jaringan pada penyulang SGN11 dan penyulang SGN14 untuk mengetahui seberapa besar *drop* tegangan dapat ditekan dengan manuver jaringan. Penyulang SGN14 digunakan sebagai manuver dari penyulang SGN11 karena sebagian besar beban pada penyulang SGN11 berada di ujung penyulang yang dekat dengan penyulang SGN14.

Pemanfaatan *software* ETAP 16.0.0 digunakan untuk memudahkan melakukan perhitungan *drop* tegangan menggunakan simulasi. Selain itu juga dilakukan perhitungan menggunakan rumus manual yang digunakan sebagai validasi untuk mengukur tingkat keakuratan *software* ETAP dalam melakukan simulasi.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Drop Tegangan

*Drop* tegangan merupakan besar tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Pada jaringan distribusi perhitungan *drop* tegangan dihitung dari selisih dari tegangan pangkal pengirim dan tegangan ujung penerima. *Drop* tegangan berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar[3]. Jika *drop* tegangan melebihi batas toleransi dan tidak segera dilakukan perbaikan, maka dapat menyebabkan pelayanan terhadap beban terganggu dan beban tidak dapat bekerja secara optimal sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang akhirnya merugikan pelanggan listrik[4]. PT PLN telah menetapkan batas toleransi *drop* tegangan dalam SPLN 1:1995 adalah sebesar 5%-10%[5]. Pada jaringan tegangan menengah (JTM), perancangan jaringan dibuat agar *drop* tegangan di ujung diterima 10% dari tegangan nominal 20 kV atau maksimal 18 kV.



Gambar 1. Grafik toleransi *drop* tegangan

Beberapa faktor yang mempengaruhi besar *drop* tegangan yang terjadi pada suatu jaringan listrik adalah :

1. Panjang saluran jaringan yang terlalu jauh (jarak transformator dengan gardu induk terlalu jauh).
2. Rendahnya jaringan yang didapat dari gardu induk.
3. Sambungan/penjamparan penghantar yang kurang baik.
4. Jenis penghantar yang digunakan.

5. Arus yang disalurkan terlalu besar.

### B. Manuver Jaringan

Saat manuver jaringan, kondisi normal jaringan diubah dan suplai tenaga listrik dipindah ke penyulang lain yang mana pada ujung penyulang sudah bertemu di satu titik yang dihubungkan dan dipisahkan dengan peralatan *switching* berupa *Air Break Switch* (ABSW) dan *Load Break Switch* (LBS) sehingga daerah pemadaman dapat diminimalisir dan pendistribusian tenaga listrik dapat dicapai semaksimal mungkin[6]. Kegiatan ini merupakan langkah penting dalam pengoperasian sistem distribusi tenaga listrik sehingga diperlukan tindakan yang cepat dan tepat dalam melakukan manuver jaringan oleh operator distribusi. Berikut adalah kegiatan yang dilakukan saat manuver jaringan :

1. Menghubungkan bagian-bagian jaringan yang terpisah menurut keadaan operasi normalnya, baik dalam keadaan bertegangan maupun tidak.
2. Memisahkan jaringan menjadi bagian-bagian jaringan yang semula terhubung menurut keadaan operasi normalnya, baik dalam keadaan bertegangan maupun tidak.

Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi untuk melakukan manuver jaringan adalah sebagai berikut :

1. Kedua penyulang sudah bertemu di satu titik yang dihubungkan dan dipisahkan dengan peralatan *switching*.
2. Tegangan dan frekuensi dalam keadaan sama atau maksimal beda tegangan adalah 0,5 kV pada kedua penyulang yang akan di manuver jaringan.
3. Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang dilimpahkan.
4. Urutan ketiga fasa harus sama pada kedua penyulang yang akan di manuver jaringan.
5. Ukuran penampang konduktor kedua penyulang harus sama besar.
6. Peralatan *switching* harus berada dalam keadaan baik untuk beroperasi.

### C. Software ETAP

ETAP Power Station merupakan *software* yang memiliki keunggulan dalam menganalisis berbagai data, parameter, maupun komponen yang di input sehingga memudahkan dalam menemukan eror dalam suatu sistem ketenagalistrikan. *Software* ini dapat digunakan untuk analisa tenaga listrik seperti *Load Flow Analysis*, *Short Circuit Analysis*, *Harmonic Analysis*, *Transient Stability Analysis*, *Relay Coordination*, *Optimal Power Flow Analysis*, *Reliability Analysis*, *DC Load Flow Analysis*, *DC Short Circuit Analysis*, *Battery Sizing*, *Cable Raceways*, dan *Ground Grid*[7]. Penggunaan *software* ETAP dapat digunakan untuk melakukan analisis jaringan sekaligus menggambarkan respon dari jaringan saat terjadi perubahan parameter-parameter daya yang dinamis[8].

ETAP yang digunakan pada penelitian ini adalah ETAP versi 16.0.0. Kelebihan ETAP 16.0.0 dibanding dengan versi sebelum-sebelumnya adalah penambahan pada fitur-fitur bahasa, kapasitas ukuran kabel, *Data Block*, *Sistem Elements*, *Short Circuit*, *User-Defined Dynamic Models*, *Wind Turbine Generator*, *Transient Stability*, *Expanded Engineering Libraries*, dan *Enhanced Modules*.

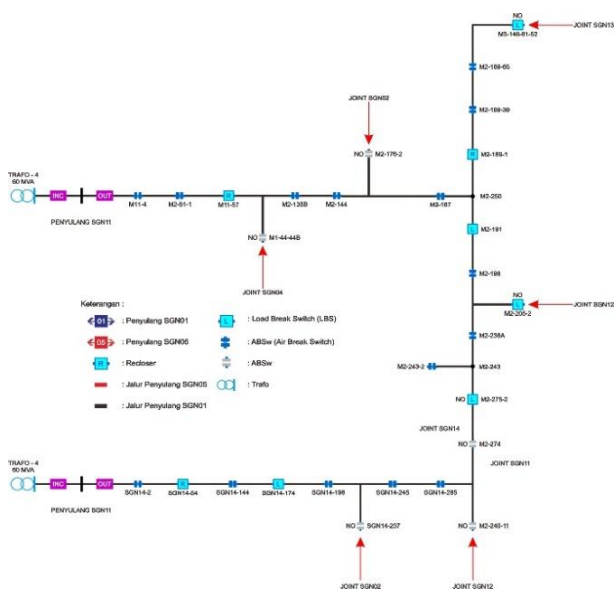
### III. METODE

#### A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif karena data-data yang digunakan bernuansa angka-angka dan analisis yang digunakan adalah statistik[9]. Pada penelitian ini banyak digunakan angka-angka mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data, serta hasil dari analisis.

#### B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pengambilan data dilaksanakan pada bulan Juni hingga Agustus 2021 yang bertempat di PT PLN (Persero) UP3 Magelang yang berlokasi di Jalan Jend. A. Yani No. 14 Magelang, sedangkan objek yang digunakan dalam penelitian yaitu penyulang SGN11 dan penyulang SGN14. Berikut adalah *Single Line Diagram* (SLD) penyulang SGN11 dan penyulang SGN14 :



Gambar 1. SLD penyulang SGN11 dan penyulang SGN14

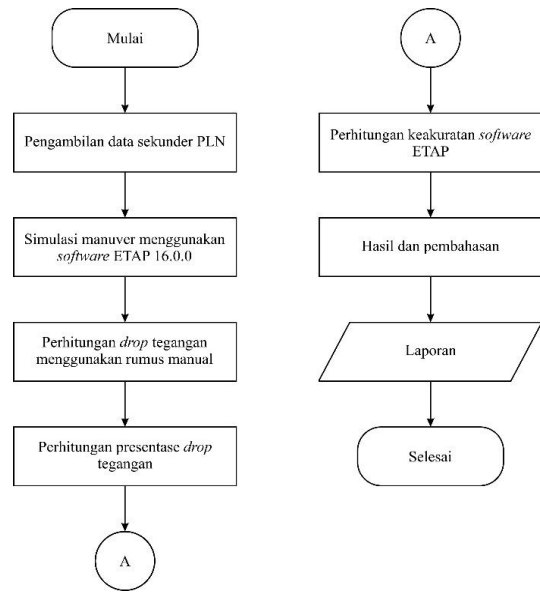
#### C. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder tahun 2019 sebelum terjadi penambahan dan perubahan konfigurasi pada jaringan atau penyulang di PT PLN (Persero) UP3 Magelang. Data-data tersebut meliputi :

1. Data SLD penyulang SGN11 dan penyulang SGN14.
2. Data beban per-section penyulang SGN11 dan penyulang SGN14 pada waktu beban puncak (data pengukuran pada waktu beban puncak malam yaitu pukul 16.00-18.00 WIB yang diukur pada tanggal 15-16 Juli 2019 pada penyulang SGN11 dan tanggal 17 Agustus 2019 pada penyulang SGN14).
3. Data spesifikasi konduktor penyulang SGN11 dan penyulang SGN14.
4. Data jarak penghantar dari transformator daya ke PMT *incoming* dan jarak penghantar per-section dari PMT *outcoming* sampai ujung penyulang penyulang SGN11 dan penyulang SGN14.
5. Data spesifikasi transformator daya yang digunakan penyulang SGN11 dan penyulang SGN14.

#### D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan langkah-langkah untuk mengumpulkan data dan menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam penelitian. Berikut adalah *flowchart* prosedur penelitian yang digunakan :



Gambar 1. Flowchart prosedur penelitian

#### E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan adalah statistik deskriptif yaitu teknik analisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul tanpa membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Perhitungan *drop* tegangan dilakukan dengan simulasi *software* ETAP 16.0.0 dan menggunakan perhitungan dengan rumus manual. Pada simulasi *software* ETAP, metode yang digunakan untuk aliran daya adalah metode Newton Raphson. Alasan penggunaan metode Newton Raphson adalah karena sudah ada penelitian yang membandingkan metode terkait dengan metode-metode aliran daya yang lain dan hasilnya metode Newton Raphson lebih unggul dengan tingkat ketelitian yang lebih baik dan jumlah iterasi yang lebih sedikit sehingga perhitungan matematis diperoleh lebih cepat[10], sedangkan rumus manual yang digunakan untuk menghitung *drop* tegangan dalam sistem 3 fasa pada sistem jaringan distribusi primer adalah :

$$\Delta V = \sqrt{3}IXL(R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (1)$$

Keterangan :

- $\Delta V$  = Jatuh tegangan (kV)
- $I$  = Arus pada sisi primer (Ampere)
- $R$  = Resistansi saluran (Ohm/Km)
- $X$  = Reaktansi induksi (Ohm/Km)
- $L$  = Panjang saluran (Km)
- $\varphi$  = Sudut faktor daya

Kemudian juga dilakukan perhitungan presentase *drop* tegangan menggunakan rumus :

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

- $\Delta V$  = Jatuh tegangan
- $V_s$  = Tegangan pangkal pengiriman
- $V_r$  = Tegangan ujung penerimaan

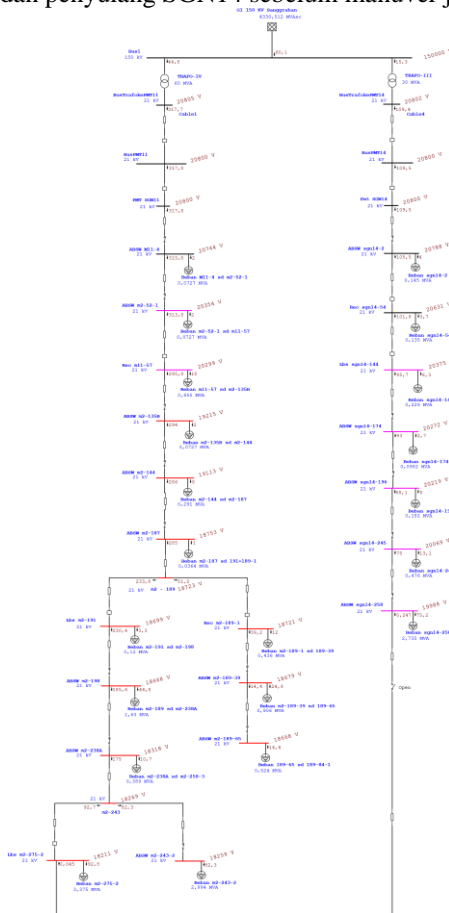
Hasil perhitungan menggunakan rumus manual kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi untuk menentukan keakuratan perhitungan *drop* tegangan menggunakan *software* ETAP 16.0.0. Cara mengukur keakuratan dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan *software* ETAP dengan hasil perhitungan rumus manual dikalikan 100%. Adapun rumus persamaannya adalah :

$$\frac{\text{Hasil ETAP}}{\text{Hasil Rumus Manual}} \times 100\% = \text{keakuratan ETAP\%} \quad (3)$$

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Simulasi Software ETAP

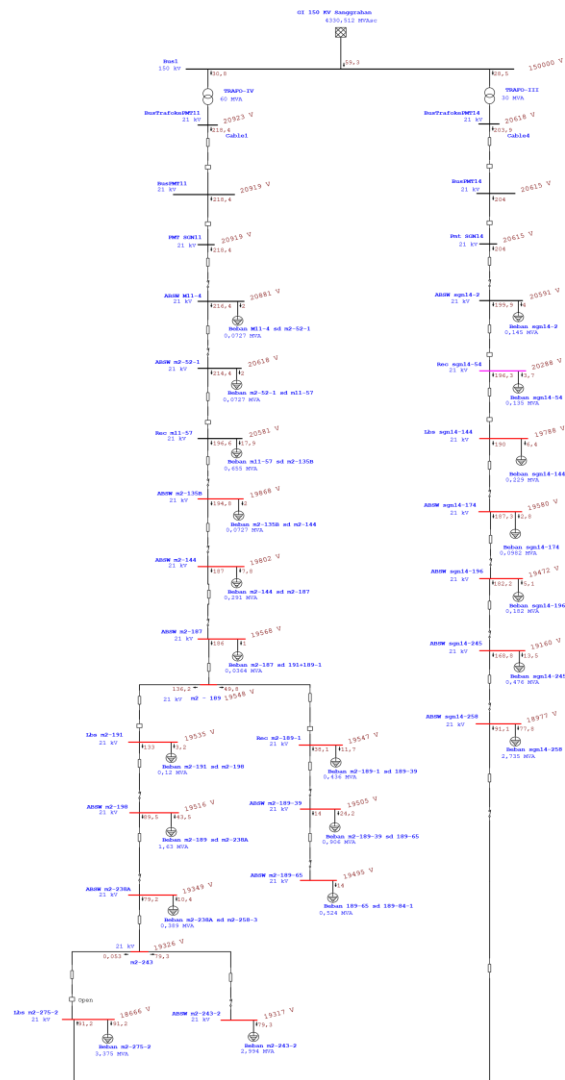
Simulasi aliran daya diterapkan pada jaringan distribusi penyulang SGN11 dan penyulang SGN14 untuk mengetahui profil tegangan sesuai dengan data yang sudah diperoleh. Langkah pertama dalam melakukan simulasi adalah membuat SLD dan dilanjutkan dengan menginput parameter data pada komponen ETAP berdasarkan data yang sudah diperoleh seperti beban, jenis, dan panjang penghantar pada setiap *section* pada penyulang SGN11 dan SGN14. Berikut adalah gambar hasil simulasi penyulang SGN11 dan penyulang SGN14 sebelum manuver jaringan :



Gambar 2. Sebelum manuver

Untuk memperbaiki *drop* tegangan pada ujung penyulang SGN11, maka dilakukan manuver atau modifikasi jaringan dengan melimpahkan beban ujung penyulang SGN11 yaitu beban LBS M2-275-2 sebesar ± 92,8 Ampere pada penyulang SGN14, sehingga beban pada LBS M2-275-2 yang sebelumnya disuplai oleh penyulang SGN11 dipindah dan disuplai oleh penyulang SGN14. Manuver jaringan dilakukan dengan mengubah posisi normal LBS M2-275-2 dari NC atau *Normally Close* menjadi NO atau *Normally Open* dan mengubah posisi ABSW M2-274 dari NO menjadi NC. Karena beban LBS M2-275-2 sudah dilimpahkan dan disuplai oleh penyulang SGN14, maka *section* LBS M2-275-2 menjadi tegangan ujung pada penyulang SGN14, sedangkan tegangan ujung pada penyulang SGN11 beralih pada *section* ABSW M2-243-2.

Pelimpahan beban mengakibatkan perubahan tegangan PMT/tegangan sumber dan beban pada penyulang SGN14 dan penyulang SGN11. Tegangan PMT pada penyulang SGN11 dari yang sebelumnya 20.800 V naik menjadi 20.919 V akibat berkurangnya beban, sedangkan tegangan PMT pada penyulang SGN14 turun dari 20.800 V menjadi 20.615 V karena suplai beban yang bertambah. Berikut adalah hasil simulasi setelah manuver jaringan dilakukan :



Gambar 3. Setelah manuver

Berdasarkan simulasi pada *software* ETAP, terdapat 3 indikator busbar yang ditunjukkan dengan warna hitam, ungu, dan merah. Indikator hitam mengartikan bahwa tegangan masih berada pada kondisi normal atau *drop* yang terjadi masih dibawah 2%. Indikator busbar warna ungu menandakan kondisi marginal yang berarti *drop* tegangan yang terjadi berada pada rentan 2%-5%, sedangkan indikator busbar yang berwarna merah mengartikan terjadi *drop* tegangan diatas 5% atau disebut dengan *critical*.

**B. Perhitungan Rumus Manual**

Perhitungan *drop* tegangan juga dilakukan menggunakan rumus manual sesuai **persamaan (1)** yang bertujuan untuk menghitung keakuratan *software* ETAP dalam melakukan simulasi. Dalam perhitungan manual, tegangan sumber (tegangan pada PMT) dan beban penyulang SGN11 dan penyulang SGN14 sebelum manuver disesuaikan dengan data yang diperoleh dari PLN, sedangkan setelah manuver disesuaikan dengan hasil simulasi *software* ETAP. Nilai variabel yang digunakan untuk perhitungan manual adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sqrt{3} &= 1,732 \\ R &= 0,1344 \text{ Ohm/Km} \\ X &= 0,3158 \text{ Ohm/Km} \\ \theta &= 85\% \\ \cos \theta &= 0,660 \\ \sin \theta &= 0,751 \\ V_{PMT11} &= 20800 \text{ volt (sebelum manuver)} \\ V_{PMT14} &= 20800 \text{ volt (sebelum manuver)} \\ V_{PMT11} &= 20919 \text{ volt (sebelum manuver)} \\ V_{PMT14} &= 20615 \text{ volt (sebelum manuver)} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan presentase *drop* tegangan dilakukan sesuai **persamaan (2)** untuk mengetahui standar pelayanan tegangan, sedangkan perhitungan untuk keakuratan *software* ETAP dilakukan **persamaan (3)** dengan membandingkan antara hasil perhitungan di simulasi ETAP dengan hasil perhitungan rumus manual yang kemudian dikalikan dengan 100%.

**C. Hasil**

Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah dalam memahami analisis perhitungan yang telah dilakukan. Berikut adalah hasil analisis perhitungan *drop* tegangan sebelum dan sesudah dilakukan manuver jaringan :

TABEL I. Hasil analisis sebelum manuver

| Nomor Tiang | Jps (Km) | Beban (A) | Simulasi ETAP |            |              | Perhitungan Manual |            |              | Akurasi ETAP |
|-------------|----------|-----------|---------------|------------|--------------|--------------------|------------|--------------|--------------|
|             |          |           | Vpsm          | $\Delta V$ | $\Delta V\%$ | Vpse               | $\Delta V$ | $\Delta V\%$ |              |
| M11-4       | 0,3      | 318,2     | 20746         | 54         | 0,26%        | 20744              | 56         | 0,27%        | 99,990%      |
| M2-52-1     | 2,1      | 316,2     | 20371         | 375        | 1,80%        | 20354              | 390        | 1,88%        | 99,917%      |
| M11-57      | 0,3      | 314,2     | 20318         | 53         | 0,25%        | 20299              | 55         | 0,26%        | 99,906%      |
| M2-135B     | 6,3      | 296,2     | 19265         | 1053       | 5,06%        | 19215              | 1084       | 5,21%        | 99,740%      |
| M2-144      | 0,6      | 294,2     | 19165         | 100        | 0,48%        | 19113              | 102        | 0,49%        | 99,729%      |
| M2-187      | 2,2      | 286,2     | 18810         | 355        | 1,71%        | 18753              | 360        | 1,73%        | 99,697%      |
| M2-189      | 0,18     | 285,2     | 18781         | 29         | 0,14%        | 18723              | 30         | 0,14%        | 99,691%      |
| M2-189-1    | 0,06     | 51,3      | 18779         | 2          | 0,01%        | 18721              | 2          | 0,01%        | 99,691%      |
| M2-189-39   | 1,914    | 39,3      | 18737         | 42         | 0,20%        | 18679              | 42         | 0,20%        | 99,690%      |
| M2-189-65   | 1,3      | 14,4      | 18726         | 11         | 0,05%        | 18668              | 11         | 0,05%        | 99,690%      |
| M2-191      | 0,18     | 233,9     | 18757         | 24         | 0,12%        | 18699              | 24         | 0,12%        | 99,691%      |
| M2-198      | 0,24     | 230,6     | 18726         | 31         | 0,15%        | 18668              | 31         | 0,15%        | 99,690%      |
| M2-238A     | 3,3      | 185,8     | 18380         | 346        | 1,66%        | 18318              | 350        | 1,68%        | 99,663%      |
| M2-243      | 0,5      | 175,1     | 18330         | 49         | 0,24%        | 18269              | 49         | 0,24%        | 99,667%      |
| M2-243-2    | 0,2      | 82,3      | 18321         | 9          | 0,04%        | 18259              | 10         | 0,05%        | 99,662%      |
| M2-275-2    | 1,1      | 92,8      | 18273         | 58         | 0,28%        | 18211              | 58         | 0,28%        | 99,661%      |
| Rata-rata   |          |           | 2527          | 12,15%     |              | 2589               | 12,45%     |              |              |

|           |     |       |       |       |       |       |       |       |          |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| SGN14-2   | 0,2 | 110   | 20788 | 12    | 0,06% | 20788 | 12    | 0,06% | 100,000% |
| SGN14-54  | 2,6 | 106   | 20632 | 156   | 0,75% | 20631 | 157   | 0,75% | 99,995%  |
| SGN14-144 | 4,4 | 102,3 | 20378 | 254   | 1,22% | 20375 | 256   | 1,23% | 99,985%  |
| SGN14-174 | 1,9 | 96    | 20275 | 103   | 0,50% | 20272 | 103   | 0,50% | 99,985%  |
| SGN14-196 | 1   | 93,3  | 20222 | 53    | 0,25% | 20219 | 53    | 0,25% | 99,985%  |
| SGN14-245 | 3   | 88,3  | 20073 | 150   | 0,72% | 20069 | 150   | 0,72% | 99,980%  |
| SGN14-285 | 1,9 | 75,2  | 19992 | 81    | 0,39% | 19988 | 81    | 0,39% | 99,980%  |
| Rata-rata |     |       | 808   | 3,88% |       | 812   | 3,90% |       | 99,862%  |

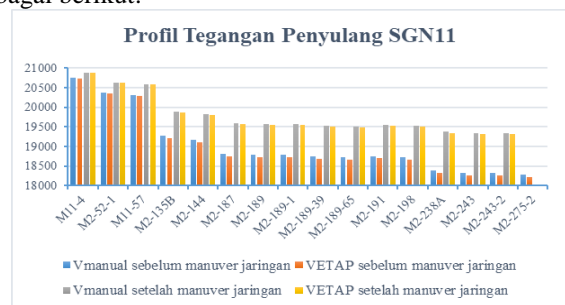
Keterangan : Jps=Jarak per-section, Vpsm=Tegangan per-section perhitungan manual, dan Vpse=Tegangan per-section simulasi ETAP

TABEL II. Hasil analisis setelah manuver jaringan

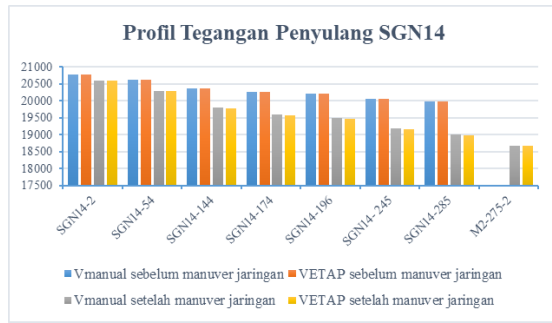
| Nomor Tiang | Jps (Km) | Beban (A) | Simulasi ETAP |            |              | Perhitungan Manual |            |              | Akurasi ETAP |
|-------------|----------|-----------|---------------|------------|--------------|--------------------|------------|--------------|--------------|
|             |          |           | Vpsm          | $\Delta V$ | $\Delta V\%$ | Vpse               | $\Delta V$ | $\Delta V\%$ |              |
| M11-4       | 0,3      | 219       | 20881         | 38         | 0,18%        | 20882              | 37         | 0,18%        | 99,995%      |
| M2-52-1     | 2,1      | 217       | 20618         | 263        | 1,26%        | 20625              | 257        | 1,23%        | 99,966%      |
| M11-57      | 0,3      | 215       | 20581         | 37         | 0,18%        | 20588              | 36         | 0,17%        | 99,966%      |
| M2-135B     | 6,3      | 197,1     | 19868         | 713        | 3,41%        | 19887              | 701        | 3,35%        | 99,904%      |
| M2-144      | 0,6      | 195,1     | 19802         | 66         | 0,32%        | 19821              | 66         | 0,32%        | 99,904%      |
| M2-187      | 2,2      | 187,3     | 19568         | 234        | 1,12%        | 19589              | 233        | 1,11%        | 99,893%      |
| M2-189      | 0,18     | 186,3     | 19548         | 20         | 0,10%        | 19570              | 19         | 0,09%        | 99,888%      |
| M2-189-1    | 0,06     | 49,9      | 19547         | 1          | 0,00%        | 19568              | 2          | 0,01%        | 99,893%      |
| M2-189-39   | 1,914    | 38,2      | 19505         | 42         | 0,20%        | 19527              | 41         | 0,20%        | 99,887%      |
| M2-189-65   | 1,3      | 14        | 19495         | 10         | 0,05%        | 19517              | 10         | 0,05%        | 99,887%      |
| M2-191      | 0,18     | 136,4     | 19535         | 13         | 0,06%        | 19556              | 14         | 0,07%        | 99,893%      |
| M2-198      | 0,24     | 133,2     | 19516         | 19         | 0,09%        | 19538              | 18         | 0,09%        | 99,887%      |
| M2-238A     | 3,3      | 89,7      | 19349         | 167        | 0,80%        | 19371              | 167        | 0,80%        | 99,886%      |
| M2-243      | 0,5      | 79,3      | 19326         | 23         | 0,11%        | 19349              | 22         | 0,11%        | 99,881%      |
| M2-243-2    | 0,2      | 79,3      | 19317         | 9          | 0,04%        | 19340              | 9          | 0,04%        | 99,881%      |
| Rata-rata   |          |           | 1602          | 7,66%      |              | 1579               | 7,55%      |              |              |
| SGN14-2     | 0,2      | 204,5     | 20591         | 24         | 0,12%        | 20592              | 23         | 0,11%        | 99,995%      |
| SGN14-54    | 2,6      | 200,5     | 20288         | 303        | 1,47%        | 20298              | 294        | 1,43%        | 99,951%      |
| SGN14-144   | 4,4      | 196,8     | 19788         | 500        | 2,43%        | 19809              | 489        | 2,37%        | 99,894%      |
| SGN14-174   | 1,9      | 190,4     | 19580         | 208        | 1,01%        | 19605              | 204        | 0,99%        | 99,872%      |
| SGN14-196   | 1        | 187,6     | 19472         | 108        | 0,52%        | 19499              | 106        | 0,51%        | 99,862%      |
| SGN14-245   | 3        | 182,5     | 19160         | 312        | 1,51%        | 19190              | 309        | 1,50%        | 99,844%      |
| SGN14-285   | 1,9      | 169       | 18977         | 183        | 0,89%        | 19009              | 181        | 0,88%        | 99,832%      |
| M2-275-2    | 6        | 91,2      | 18666         | 311        | 1,51%        | 18700              | 309        | 1,50%        | 99,818%      |
| Rata-rata   |          |           | 1949          | 9,45%      |              | 1934               | 9,38%      |              | 99,895%      |

Keterangan : Jps=Jarak per-section, Vpsm=Tegangan per-section perhitungan manual, dan Vpse=Tegangan per-section simulasi ETAP

Total  $\Delta V$  adalah hasil penjumlahan  $\Delta V$  section awal sampai ujung penyulang atau dapat dengan mengurangi tegangan PMT dengan tegangan ujung. Khusus untuk penyulang SGN 11, tabel yang diarsir dengan warna merah tidak dimasukkan dalam penjumlahan *drop* tegangan, karena merupakan section cabang/ Tap line. Sedangkan untuk keakuratan *software* ETAP adalah dengan menghitung rata-rata akurasi setiap section. Sebelum manuver jaringan besar akurasi *software* ETAP adalah 99,862% dan 99,895% setelah manuver jaringan, sehingga total akurasi *software* ETAP dalam melakukan simulasi perhitungan *drop* tegangan adalah rata-rata dari kedua nilai tersebut yang hasilnya adalah sebesar 99,879% atau dengan tingkat error sebesar 0,121%. Kemudian, untuk melihat perbandingan profil tegangan sebelum dan setelah manuver jaringan secara sederhana maka dibuatlah grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik profil tegangan penyulang SGN14



Gambar 5. Grafik profil tegangan penyulang SGN14

## V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis, *drop* tegangan pada penyulang SGN11 dapat ditekan dari 12,45% menjadi 7,66% berdasarkan simulasi *software* ETAP dan dari 12,15% menjadi 7,55% berdasarkan perhitungan manual setelah dilakukan manuver jaringan, sedangkan pada penyulang SGN14 *drop* tegangan meningkat dari 3,90% menjadi 9,45% berdasarkan simulasi *software* ETAP dan 3,88% menjadi 9,38% berdasarkan perhitungan manual. Untuk akurasi *software* ETAP dalam melakukan perhitungan *drop* tegangan mencapai sebesar 99,879% atau dengan tingkat error sebesar 0,121% sehingga *software* ETAP dapat dijadikan rujukan dalam perencanaan jaringan dan pemodelan sebelum dilakukan perbaikan. Saran untuk penelitian selanjutnya agar menambah tingkat validasi keakuratan *software* ETAP dengan hasil pengukuran pada kondisi real di lapangan.

## REFERENSI

- [1] M. F. B. Lubis and Nurhalim, "Analisa Alternatif Perbaikan untuk Mengatasi Drop Tegangan pada Feeder Kota 20 Kv di Rokan Hulu," 2016.
- [2] M. R. Sampuro and A. Subari, "Simulasi Pelimpahan Beban Sistem Pmt Kopel To Kopel Pada Saat Pemeliharaan Trafo Berbasis Arduino Mega 2560 Menggunakan Vt Scada 11.2," *Gema Teknol.*, vol. 20, no. 3, p. 74, 2019, doi: 10.14710/gt.v20i3.25749.
- [3] E. Erhaneli and N. Sari, "Analisa Pemindahan Beban Penyulang Sungai Sapih ke Penyulang Siteba Terhadap Drop Tegangan Di PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 121–127, 2018.
- [4] S. Suprianto, "Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT. PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu," *JET (Journal Electr. Technol.)*, vol. 3, no. 2, pp. 64–72, 2018.
- [5] *SPLN 1 :1995 TEGANGAN-TEGANGAN STANDAR*. 1995.
- [6] A. J. Firdaus, "Analisa Beban Section untuk Menentukan Alternatif Manuver Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang BRG-3 PT PLN (Persero) Unit Layanan Salatiga," *JTET (Jurnal Tek. Elektro Ter.)*, vol. 2, no. 3, 2013.
- [7] R. T. Jurnal, "ANALISIS DROP TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PROGRAM ETAP," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 26–37, 2018.
- [8] D. S. Reddy and C. S. Kumari, "Transient stability analysis of a combined cycle power plant using etap software," in *2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC)*, 2017, pp. 510–515.
- [9] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. IKAPI CV Alfabet.2013.
- [10] F. D. Safitri, "SIMULASI PENEMPATAN TRANSFORMATOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI BERDASARKAN JATUH TEGANGAN MENGGUNAKAN ETAP POWER STATION 12.6. 0," UNNES, 2019.