

JATUH TEGANGAN PADA FEEDER TEGANGAN MENENGAH GARDU INDUK GARUDA SAKTI BERDASARKAN MODEL DISTRIBUSI BEBAN

Arga Siahaan¹⁾, Dian Yayan Sukma²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru 28293

Email: argaoktv@gmail.com

ABSTRACT

The additional load that occurs in medium voltage feeders due to load growth that occurs over time results in the electrical system being no longer by its original design or even experiencing a decrease in performance. Therefore, it is necessary to analyze the performance of the medium voltage feeder gradually. In analyzing the performance of a medium voltage feeder, the approach method is a method that can be used to calculate the voltage drop. the calculation of the voltage drop using the approach method is carried out by modeling the distribution of the load contained in the feeder, then calculating the voltage drop based on the load distribution model contained in the feeder. Based on the results of the calculation of the voltage drop using the approach method carried out on the gurami, salmon, and lele feeder at Garuda Sakti Substation, the voltage drop values obtained are 432.2 V on the gurami feeder, 1,160.2 V on the salmon feeder, and 1,134.7 V on the lele feeder. The calculation results are then compared with the simulation results of Etap 16.0, which has a voltage drop of 422 V on the gurami feeder, 1,206 V on the salmon feeder and 1,096 V on the lele feeder. The comparison results show that the error between the calculation of the voltage drop using the approximation method and the simulation results of Etap 16.0 is 2.41% on the gurami feeder, 3.76% on the salmon 3.53% on the lele feeder.

Keyword: medium voltage feeder, load distribution model, voltage drop

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan gabungan mulai dari pusat pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi dan saluran distribusi. Dengan peningkatan tenaga listrik yang semakin meningkat dan luas daerah yang juga semakin meningkat, dengan demikian penyalur tenaga listrik tidak memungkinkan menggunakan tegangan rendah lagi, tetapi harus ditingkatkan menjadi tegangan menengah. Hal ini untuk mengurangi rugi – rugi daya jaringan dan jatuh tegangan yang terlalu besar (Suswanto,2009)

Ferry. M, Yayan dan Ervianto, 2015 telah melakukan penelitian dengan judul Analisa Keberadaan dan Pengembangan Kapasitas Gardu Induk Distribusi 20 kV di Kota Pekanbaru. Perhitungan panjang maksimal suatu *feeder* tegangan menengah pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode pendekatan. Melihat model distribusi beban pada *feeder* yang rapat ke ujung saluran, maka nilai faktor distribusi beban yang digunakan adalah 1,5. Hasil Perhitungan panjang maksimum *feeder* kemudian digunakan

untuk menentukan luas area pelayanan yang optimal suatu gardu induk.

Santoso, Gifson dan Pratama, pada tahun 2017 dalam penelitiannya yang berjudul Perbaikan Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana Sumatera Selatan mengatakan bahwa salah satu penyebab jatuh tegangan pada *feeder* tegangan menengah adalah pertumbuhan beban yang sangat tinggi dan jarak antara beban yang satu dengan yang lainnya sangat jauh tidak dibarengi dengan penambahan kapasitas daya untuk pelanggan.

Winardi, pada tahun 2014 Dalam penelitiannya yang berjudul Analisa Keberadaan Gardu Induk Balapulang Terhadap Distribusi 20 kV di Wilayah Kerja UPJ Balapulang PT. PLN (Persero) Jateng DIY, melakukan analisa keberadaan Gardu Induk Balapulang terhadap distribusi 20 KV di UPJ Balapulang dengan parameter losses dan drop tegangan menggunakan software ETAP 7.0.0. *Feeder-feeder* lama yang berada di UPJ Balapulang secara bertahap di ambil

sebagian bebannya oleh GI Balapulung. Pengaruh adanya GI balapulung membuat *feeder* lama berkurang beban kerjanya dengan nilai losses dan drop tegangan yang memenuhi kriteria. Dari hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 7.0.0 didapatkan bahwa nilai drop tegangan dan losses *feeder-feeder* GI Balapulung cenderung mengalami peningkatan tiap tahunnya. Peningkatan terjadi dikarenakan adanya pertumbuhan beban tiap tahunnya dan juga pengalihan beban dari *feeder-feeder* lama.

Selain panjang saluran, model konfigurasi beban pada *feeder* tegangan menengah juga berpengaruh terhadap perbedaan tegangan antara sisi kirim dan sisi terima, terdapat empat model beban pada jaringan distribusi tegangan menengah yaitu beban di ujung penghantar, beban merata sepanjang saluran, beban memberat ke ujung saluran, dan beban memberat ke pangkal saluran. Perbedaan konfigurasi beban pada tiap model distribusi beban memberikan dampak yang berbeda pula terhadap besarnya jatuh pada *feeder* tegangan menengah. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh model distribusi beban *feeder* tegangan menengah pada gardu induk Garuda Sakti.

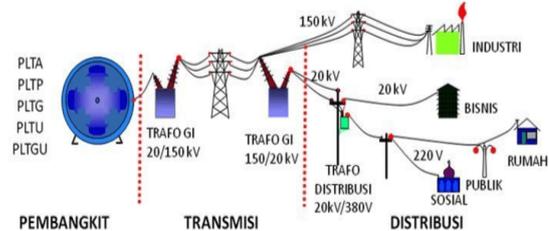
Analisis Metode Pendekatan

Sebuah *feeder* tegangan menengah menyediakan layanan untuk beban tiga fasa, dua fasa, dan fasa tunggal yang tidak seimbang pada segmen tiga fasa, dua fasa, dan satu fasa yang tidak ditransposisikan. Kombinasi ini menyebabkan arus saluran tiga fasa dan tegangan saluran tidak seimbang. Untuk menganalisis kondisi ini setepat mungkin, perlu dilakukan pemodelan ketiga fasa *feeder* secara akurat, namun seringkali hanya diperlukan jawaban "perkiraan". Ketika hal ini terjadi, beberapa metode perkiraan pemodelan dan analisis dapat digunakan. Semua metode perkiraan pemodelan dan analisis akan mengasumsikan sistem tiga fasa seimbang sempurna. Diasumsikan bahwa semua beban tiga fasa seimbang, dan semua segmen garis akan tiga fase dan ditransformasikan dengan sempurna. Dengan asumsi ini, rangkaian ekuivalen satu fasa ke netral untuk *feeder* akan digunakan (Kersting, 2002).

Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Proses penyaluran tenaga listrik dari (titik) sumber / pembangkit ke (titik) pusat beban / konsumen dapat diartikan secara sederhana sebagai "Sistem Distribusi Tenaga Listrik". Pada Gambar 1

ini dapat dilihat bahwa tenaga listrik yang dihasilkan dikirimkan ke konsumen melalui Pusat Pembangkit Tenaga Listrik, Gardu Induk, Saluran Transmisi, Gardu Induk, Saluran Distribusi, dan kemudian ke beban (konsumen tenaga listrik).



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem Distribusi Tenaga Listrik (Ferry, 2015)

Pembagian Sistem Distribusi

Terdapat beberapa komponen yang biasa digunakan pada jaringan sistem distribusi tenaga listrik, yaitu :

- Gardu Induk Transmisi
- Saluran Sub Transmisi
- Gardu Induk Sub Transmisi
- Jaringan Distribusi Primer
- Gardu Hubung
- Gardu Distribusi
- Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan Distribusi Primer

Sistem distribusi primer berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari gardu distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini berupa kabel udara, saluran udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Ada bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer antara lain jaringan distribusi radial, jaringan distribusi loop, jaringan distribusi spindel, dan jaringan distribusi tie-line.

Gardu Induk

Gardu Induk adalah suatu instalasi dari peralatan listrik yang merupakan penghubung yang penting dalam suatu sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk :

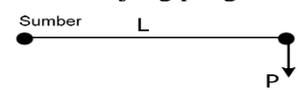
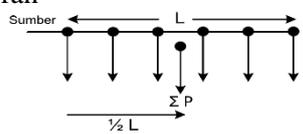
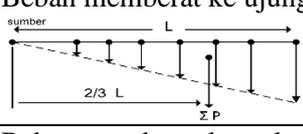
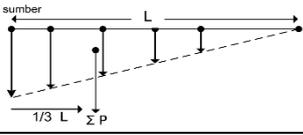
- Mengubah tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau tegangan menengah
- Pengukuran, pengawasan operasional serta peraturan pengaman dari sistem tenaga listrik.

- c. Penyaluran daya ke Gardu Induk lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu distribusi melalui penyulang tegangan menengah

Jatuh Tegangan Berdasarkan Model Distribusi Beban

Distribusi beban pada jaringan dapat dinyatakan dalam bentuk matematis untuk beban di ujung penghantar, beban terbagi merata, beban terbagi berat diawal jaringan, beban terbagi berat di ujung. Dengan pengertian sederhana didapatkan angka faktor distribusi beban pada jarak antara titik berat beban dengan sumber/gardu seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor distribusi beban

No	Diagram Distribusi Beban	Faktor Distribusi
1	Beban diujung penghantar 	1
2	Beban merata sepanjang saluran 	1/2
3	Beban memberat ke ujung 	2/3
4	Beban memberat kemuka 	1/3

- a. Drop Tegangan Dengan Model Beban *Lumped*
Model beban *lumped* merupakan *feeder* yang terdiri dari titik beban tunggal yang berada di ujung *feeder*. Untuk menghitung drop tegangan dengan model beban *lumped* digunakan persamaan berikut:

$$\Delta V = I_T \cdot (R \cos \phi + X \sin \phi) \quad (1)$$

Untuk menghilangkan faktor daya dalam persamaan drop tegangan maka persamaan dinyatakan sebagai fungsi impedansi efektif

persatuan panjang seperti yang tertulis dalam persamaan berikut :

$$\Delta V = S \cdot Z \cdot I_T \quad (2)$$

- b. Drop Tegangan Dengan Model Beban Majemuk

Drop tegangan dengan model beban majemuk yang memiliki jumlah titik beban terhingga dihitung dari penjumlahan drop tegangan setiap segmen *feeder* yang memiliki panjang yang sama Sehingga diperoleh drop tegangan sebagai fungsi jumlah titik beban yaitu

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 + \dots + \Delta V_n \quad (3)$$

Dimana :

ΔV_1 = Drop tegangan segmen 1

ΔV_2 = Drop tegangan segmen 2

ΔV_n = Drop tegangan segmen n

- c. Drop Tegangan Model Beban Merapat ke Ujung *Feeder*

Pada model ini, setiap titik beban memiliki kapasitas yang meningkat secara merata dari pangkal hingga ke ujung *feeder* secara radial. Drop tegangan untuk model ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$\Delta V = \left[1 + \frac{1}{2n} - \frac{\sum_{i=1}^n i^2}{n^2 \cdot (n+1)} \right] \cdot l \cdot Z \cdot I_T \quad (4)$$

- d. Drop Tegangan Model Beban Merata Sepanjang *Feeder*

Pada model ini setiap titik beban memiliki kapasitas yang sama sepanjang *feeder* secara radial. Drop tegangan untuk model ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta V = \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2n} \right] \cdot l \cdot Z \cdot I_T \quad (5)$$

- e. Drop Tegangan Model Beban Merapat ke Pangkal *Feeder*

Pada model ini, setiap titik beban memiliki kapasitas yang meningkat secara merata dari ujung hingga ke pangkal *feeder* secara radial. Drop tegangan untuk model ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta V = \left[\frac{1}{2n} + \frac{\sum_{i=1}^n i^2}{n^2 \cdot (n+1)} \right] \cdot I_T \cdot l \quad (6)$$

Penghantar Jaringan Tegangan Menengah

Penghantar kabel adalah penghantar yang dibungkus dengan isolasi sebagai pelindungnya. Penghantar jenis kabel yang digunakan pada jaringan ini adalah penghantar kabel jenis AAAC-S dengan spesifikasi seperti pada Tabel 2 dan XPLE dengan spesifikasi seperti pada Tabel 3.

Tabel 2. Tahanan Penghantar AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)

Luas Penampang (mm ²)	Jari-jari (mm)	Jumlah Urat	GMR (mm)	Resistansi (ohm/km)
35	3,3371	7	2,4227	0,9217
50	3,9886	7	2,8957	0,6452
70	4,7193	7	3,4262	0,4608
95	5,4979	19	4,1674	0,3396
120	6,1791	19	4,6837	0,2688
150	6,9084	19	5,2365	0,2162
185	7,6722	19	5,8155	0,1744
240	8,7386	19	6,6238	0,1344

Sumber : SPLN No 64, 1985

Tabel 3. Tahanan Penghantar XPLE

Luas Penampang (mm ²)	Resistansi (ohm/km)	Induktansi (mH/km)	Kapasitansi (mF/km)
150	0,206	0,33	0,26
240	0,125	0,31	0,31
300	0,100	0,30	0,34

Sumber : SPLN No 64, 1985

Data Feeder Tegangan Menengah

Tabel 4 – 6 merupakan Data *feeder* tegangan menengah yang dibutuhkan untuk dapat melakukan analisis kondisi eksisting.

Tabel 4. Data *feeder* Gurami

Data	Besaran
Tegangan (V)	20 kV
Arus Total (I _T)	118 A
MVA Terukur	4,1 MVA
Panjang penyulang (l)	11.650 m
Jumlah titik beban (n)	23
Total <i>rating</i> transformator distribusi	8,305 MVA

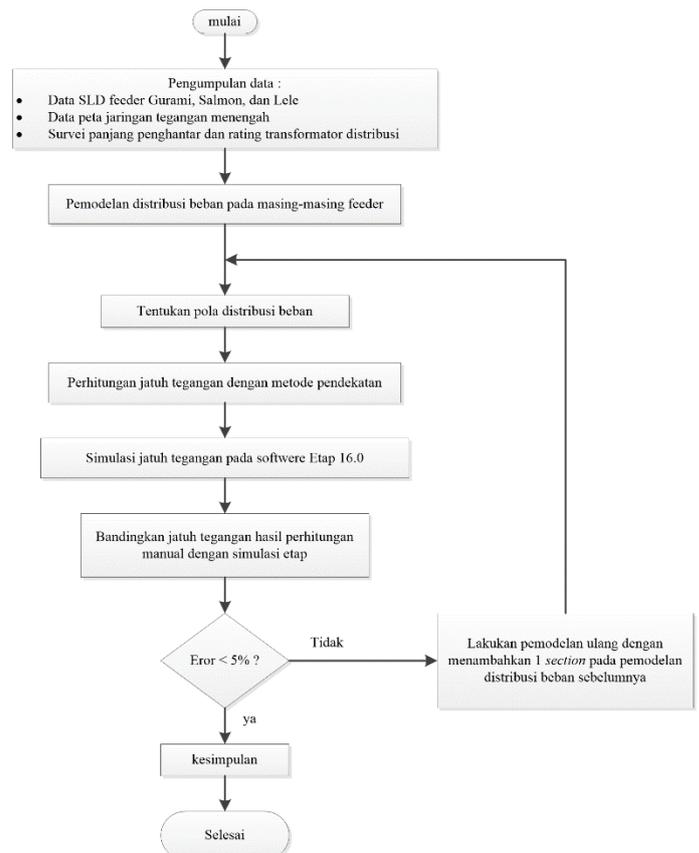
Tabel 5. Data *feeder* Salmon

Data	Besaran
Tegangan (V)	20 kV
Arus Total (I _T)	162 A
MVA Terukur	5,61 MVA
Panjang penyulang (l)	13.420 m
Jumlah titik beban (n)	25
Total <i>rating</i> transformator distribusi	8 MVA

Tabel 6. Data *feeder* Lele

Data	Besaran
Tegangan (V)	20 kV
Arus Total (I _T)	264 A
MVA Terukur	9,14 MVA
Panjang penyulang (l)	15.650 m
Jumlah titik beban (n)	31
Total <i>rating</i> transformator distribusi	11,96 MVA

II. METODA PENELITIAN



Gambar 2. Flowchart Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada paper ini adalah mengumpulkan data sistem distribusi *feeder* tegangan menengah GI Garuda

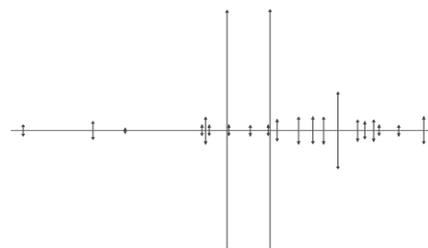
Sakti yang berasal dari PT PLN (Persero) Area Pekanbaru. Data tersebut kemudian diolah untuk melakukan pemodelan beban yang terdapat pada *feeder* tegangan menengah gardu induk garuda sakti. Setelah melakukan pemodelan, kemudian dilakukan perhitungan jatuh tegangan pada masing masing *feeder* dengan menggunakan metode pendekatan berdasarkan model distribusi beban pada *feeder*. Hasil perhitungan jatuh tegangan kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi Etap 16.0.

Data yang akan dikumpulkan adalah data dari Gardu Induk Garuda Sakti dan data yang diperlukan adalah data dari *feeder* Gurami, Salmon, dan Lele. Data ini didapatkan dengan mendatangi kantor PLN, dan melakukan survei lapangan. Data yang di perlukan adalah : *Single Line Diagram*, rating transformator distribusi, jarak antar transformator distribusi, luas penampang penghantar dan jenis penghantar yang digunakan pada *feeder* Gurami, Salmon, dan Lele gardu induk Garuda Sakti..

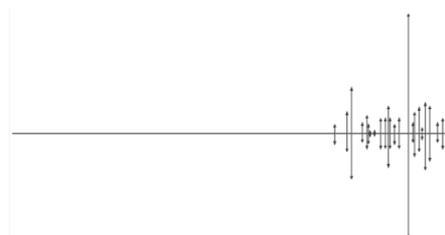
Data *single line diagram*, jarak antar *feeder* dan *rating* transformator distribusi digunakan untuk melakukan pemodelan distribusi beban yang terdapat pada masing-masing *feeder*. setelah model distribusi beban pada masing-masing *feeder* ditentukan, perhitungan jatuh tegangan menggunakan metode pendekatan kemudian dapat dilakukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

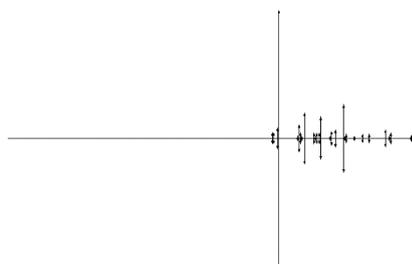
Besar kecilnya nilai jatuh tegangan dan panjang *feeder* maksimum dalam perhitungan manual menggunakan metode pendekatan dipengaruhi oleh nilai faktor distribusi beban pada *feeder* yang sedang diamati. Pemodelan distribusi beban pada masing-masing *feeder* dilakukan dengan merepresentasikan penyebaran beban pada *feeder* tegangan menengah kedalam bentuk diagram satu garis. Dimana garis horisontal merepresentasikan jarak antara titik beban ke GI dan jarak antara titik beban yang satu dengan yang lainnya, dan garis vertikal merepresentasikan besar beban pada masing masing titik beban. Gambar 3 – 5 merupakan pemodelan *feeder* Gurami, Salmon, Lele.



Gambar 3. Pemodelan *feeder* gurami



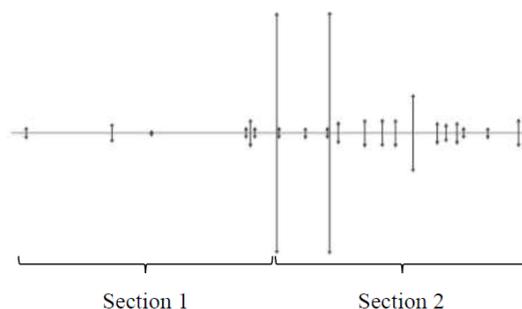
Gambar 4. Pemodelan *feeder* salmon



Gambar 5. Pemodelan *feeder* lele

Section pada Feeder

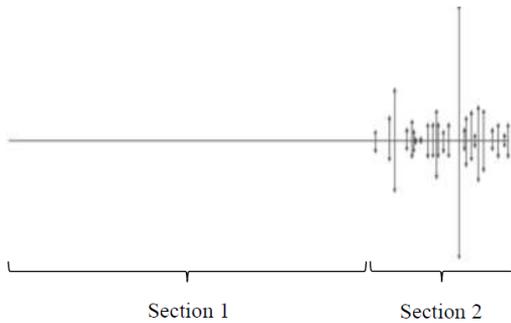
Luas penampang maupun jenis penghantar yang tidak seragam yang digunakan pada *feeder* tegangan menengah dan penyebaran beban yang tidak memiliki pola berdampak pada tidak memungkinkannya dilakukan perhitungan jatuh tegangan secara menyeluruh pada suatu *feeder*. Gambar 6 – 8 merupakan pembagian *section* pada hasil pemodelan *feeder* gurami, salmon, dan lele.



Gambar 6. *Section feeder* gurami

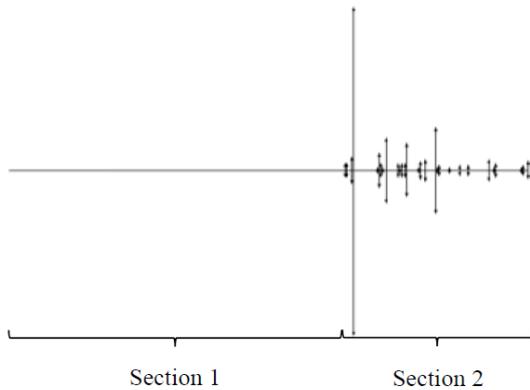
Section 1 pada Gambar 6 memiliki panjang 5.450 meter, terdapat titik beban yang sangat

sedikit dengan penyebaran yang tidak terpola, sehingga *section* ini dianggap memiliki pola distribusi beban *lump*. sementara *section 2* pada gambar 6 memiliki model distribusi beban yang merapat ke pangkal saluran dengan panjang 6.200 meter.



Gambar 7. *Section feeder salmon*

Section 1 gambar 7 tidak terdapat titik beban pada saluran sepanjang 9.600 meter. sementara *section 2* pada gambar 7 memiliki model distribusi beban yang merapat keujung saluran dengan panjang 3.820 meter.



Gambar 8. *Section feeder lele*

Feeder lele memiliki 2 kawat penghantar dengan jenis yang berbeda pada sepanjang *feedernya*, dimana pada pangkal *feeder lele* terdapat saluran kabel tanah dengan luas penampang 300 mm sepanjang 8.000 meter dan kawat saluran udara dengan luas penampang 150 mm sepanjang 7.650 meter.

Section 1 feeder lele tidak memiliki titik beban, sedangkan *section 2 feeder lele* memiliki pola distribusi beban yang cenderung merata disepanjang saluran seperti tampak pada gambar 8.

Jatuh Tegangan pada Ujung *Feeder*

Perhitungan jatuh tegangan pada masing-masing *feeder* dilakukan dengan berdasarkan pada model distribusi beban yang terdapat pada tiap *section* yang terdapat pada *feeder*.

Jatuh Tegangan *Feeder Gurami*

Section 1 feeder gurami memiliki pola distribusi beban *lump*, panjang *section* 5.450 meter, impedansi penghantar sebesar 0,28 Ω/km, dan arus total pada pangkal *feeder* sebesar 118 A.

$$\begin{aligned} \Delta V &= S \cdot Z \cdot I_T \\ &= 5,450 \text{ km} \cdot 0,28 \text{ } \Omega/\text{km} \cdot 118 \text{ A} \\ &= 180,07 \text{ KV} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas merupakan nilai jatuh tegangan 1 phasa. Untuk nilai jatuh tegangan 3 phasanya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \Delta V_{3\phi} &= \sqrt{3} \times \Delta V_{1\phi} \\ &= \sqrt{3} \times 180 \text{ V} \\ &= 312 \text{ V} \end{aligned}$$

Dalam melakukan perhitungan jatuh tegangan pada *section 2 feeder gurami*, arus pada pangkal *section 2* harus terlebih dahulu dihitung. Nilai arus pada pangkal *section 2 feeder salmon* diperoleh dengan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_{\text{section } 2} &= S - (S_{\text{Loss}} + S_{\text{section } 1}) \\ &= \sqrt{3} \times V \times I_T - ((\sqrt{3} \times \Delta V_{3\phi} \times I_T) + \\ &\quad 363,1 \text{ KVA}) \\ &= \sqrt{3} \times 20 \text{ KV} \times 118 \text{ A} - ((\sqrt{3} \times \\ &\quad 312 \text{ V} \times 118 \text{ A}) + 363,1 \text{ KVA}) \\ &= 3.661 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Besarnya arus pada pangkal *feeder gurami* adalah:

$$\begin{aligned} I &= \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \\ &= \frac{3.661 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot (20.000 \text{ V} - 312 \text{ V})} \\ &= 107,3 \text{ A} \end{aligned}$$

Section 2 feeder gurami memiliki pola distribusi beban merata ke pangkal saluran, dengan panjang section 6.200 meter dan jumlah titik beban sebanyak 17 titik. Persamaan yang digunakan dalam menghitung jatuh tegangan pada section 2 feeder gurami adalah persamaan 6.

$$\begin{aligned} \Delta V &= \left[\frac{1}{2n} + \frac{\sum_{i=1}^n i^2}{n^2 \cdot (n+1)} \right] \cdot l \cdot Z \cdot I_T \\ &= \left[\frac{1}{2 \cdot 17} + \frac{\sum_{i=1}^{17} i^2}{17^2 \cdot (17+1)} \right] \cdot 6,2 \text{ km} \cdot \\ &\quad 0,28 \Omega/\text{km} \cdot 107,3 \text{ A} \\ &= 69,4 \text{ V} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas merupakan nilai jatuh tegangan 1 phasa. Untuk nilai jatuh tegangan 3 phasanya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \Delta V_{3\phi} &= \sqrt{3} \times \Delta V_{1\phi} \\ &= \sqrt{3} \times 69,4 \text{ V} \\ &= 120,2 \text{ V} \end{aligned}$$

Jatuh tegangan pada feeder gurami adalah:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \Delta V_{\text{section1}} + \Delta V_{\text{section2}} \\ &= 312 \text{ V} + 120,2 \text{ V} \\ &= 432,2 \text{ V} \end{aligned}$$

Jatuh Tegangan Feeder Salmon

Section 1 feeder salmon tidak memiliki beban pada sepanjang salurannya, sehingga dalam perhitungan jatuh tegangan section ini dianggap memiliki beban lump. panjang section 1 feeder salmon adalah 9.600 meter, impedansi penghantar sebesar 0,357 Ω/km , dan arus total pada pangkal feeder sebesar 162 A.

Section 2 feeder salmon memiliki 25 titik beban dengan pola merata pada saluran sepanjang 3.820 meter, impedansi penghantar section 2 feeder salmon adalah 0,357 Ω/km . Menggunakan cara yang sama dengan langkah sebelumnya, didapatkan nilai jatuh tegangan feeder salmon adalah 1.160,2 V.

Jatuh Tegangan Feeder Lele

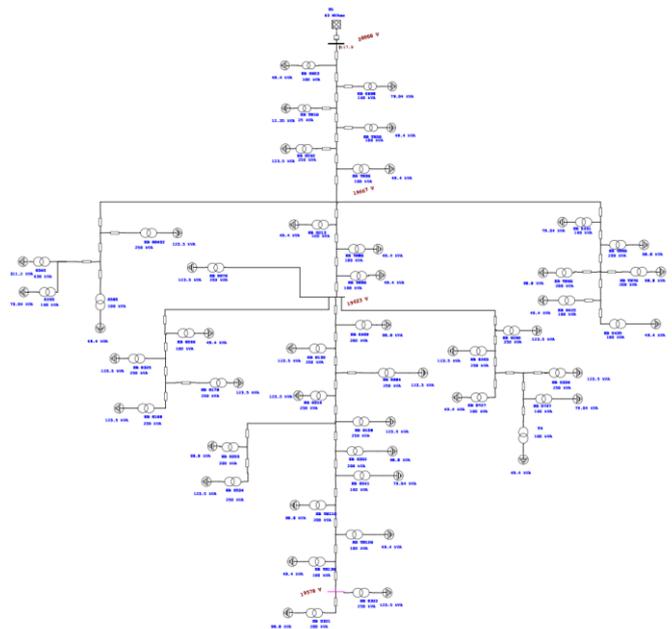
Section 1 feeder lele tidak memiliki beban pada sepanjang salurannya, sehingga dalam

perhitungan jatuh tegangan section ini dianggap memiliki beban lump. panjang section 1 feeder lele adalah 8.000 meter, impedansi penghantar sebesar 0,134 Ω/km , dan arus total pada pangkal feeder sebesar 264 A.

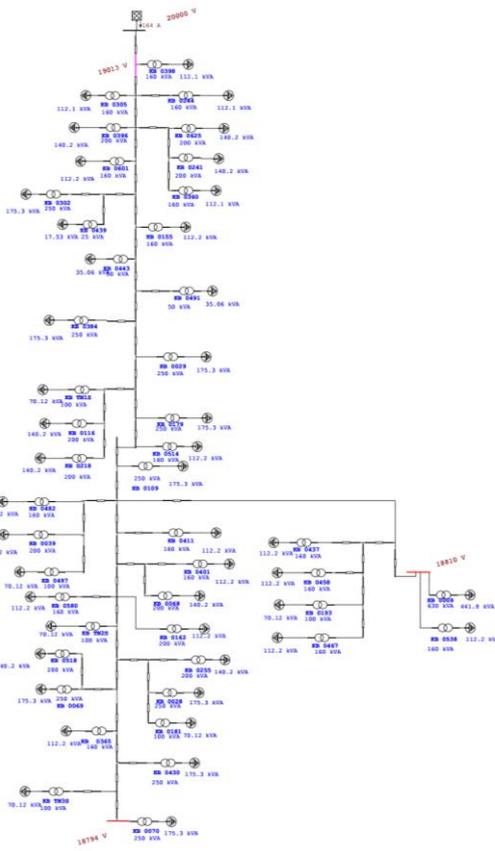
Section 2 feeder lele memiliki 31 titik beban dengan pola merata pada saluran sepanjang 7.650 meter, impedansi penghantar section 2 feeder salmon adalah 0,357 Ω/km . Menggunakan cara yang sama dengan langkah sebelumnya, didapatkan nilai jatuh tegangan feeder salmon adalah 1.134,7 V.

Simulasi Etap 16.0

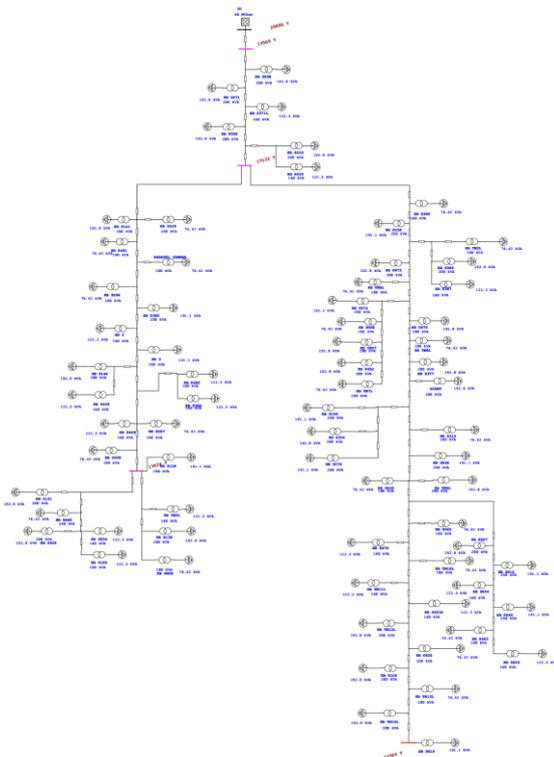
Menggunakan data yang sama dengan perhitungan jatuh tegangan menggunakan metode pendekatan, feeder gurami, salmon, dan lele dapat disimulasikan pada software etap 16.0. hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 9 - 11.



Gambar 9. Simulasi etap feeder gurami



Gambar 10. Simulasi etap feeder salmon



Gambar 11. Simulasi etap feeder lele

Perbandingan Jatuh Tegangan Perhitungan Manual dan Simulasi Etap.

Perbandingan antara perhitungan jatuh tegangan menggunakan metode pendekatan dan simulasi Etap dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan jatuh tegangan metode pendekatan dan simulasi Etap.

Feeder	Jatuh Tegangan		Eror
	Pendekatan	Etap	
Gurami	432,2 V	422 V	2,41 %
Salmon	1.160,62 V	1.206 V	3,76 %
Lele	1.134,7	1.096 V	3,53 %

Dari tabel 7 diketahui bahwa perhitungan jatuh tegangan pada feeder gurami, salmon, dan lele dengan menggunakan metode pendekatan memiliki hasil yang tidak jauh jika dibandingkan dengan hasil simulasi Etap.

IV. KESIMPULAN

1. Feeder gurami, salmon, dan lele masih memenuhi standar jatuh tegangan SPLN T6.001 2013.
2. Pola distribusi beban yang terdapat pada feeder gurami adalah merapat ke pangkal, sedangkan feeder salmon dan lele sama-sama memiliki pola distribusi beban yang merata sepanjang saluran.
3. Semakin besar persentase beban yang berada dipangkal feeder, semakin kecil jatuh tegangan yang terjadi pada feeder tersebut.
4. Perhitungan jatuh tegangan menggunakan metode pendekatan membutuhkan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan perhitungan jatuh tegangan dengan simulasi Etap 16.0.
5. Perhitungan jatuh tegangan menggunakan metode pendekatan mendekati hasil simulasi pada software ETAP 16.0.

DAFTAR PUSTAKA

- Kersting, William H. *Distribution System Modeling and Analysis*. Boca Raton London New York Washington DC: CRC Press, 2002.
- M, Ferry, Sukma, D. Y, and Edy Ervianto. "Analisis Keberadaan Dan Pengembangan Gardu Induk Distribusi 20 kV Di Kota Pekanbaru." *Jom FTEKNIK*, 2015: 1-15.

- Santoso, Budi, Albert Gifson, and Dicky Pratama. "Perbaikan Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana Sumatera Selatan." *JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 9 NO. 1*, 2017: 34-40.
- Suprianto. "Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu." *Journal of Electrical Technology, Vol. 3, No.2*, 2018: 64-72.
- Winardi, Bambang. "Analisa Keberadaan Gardu Induk Balapulang Terhadap Distribusi 20 kV di Wilayah Kerja UPJ Balapulang PT. PLN (Persero) Jateng DIY." *Transmisi, 16(4)*, 2014: 196-205.
- Sukma, D.Y. "Metoda Pendekatan Untuk Menetapkan Perancangan Panjang Feeder Maksimum Pada Jaringan Tegangan Menengah." *Thesis UNIVERSITAS RIAU*, 2010.