
ANALISIS PERBAIKAN DROP TEGANGAN DAN SUSUT JARINGAN PENYULANG JAMBI PLN AREA BELITUNG MENGGUNAKAN ETAP

Yanuar¹⁾, Asmar²⁾, Rudy Kurniawani³⁾

- 1) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung
- 2) Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung
- 3) Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung

INTISARI

Drop tegangan merupakan persoalan yang sering dihadapi oleh PLN dan belum dapat sepenuhnya terpecahkan. Permasalahan yang ada di lapangan saat ini adalah masih adanya penyulang yang mengalami drop tegangan yang diakibatkan oleh terlalu panjangnya jaringan sehingga berpengaruh ke susut energi listrik pada penyulang tersebut. Drop tegangan ini terjadi pada penyulang Jambi PT. PLN Area Belitung. Hal ini dapat merugikan baik dari konsumen listrik itu sendiri dikarenakan tegangan yang diterima masih dibawah tegangan standar pelayanan, maupun dari perusahaan dalam hal ini adalah PLN dikarenakan daya yang digunakan pelanggan tidak maksimal. Untuk mengurangi drop tegangan dan susut energi listrik dapat dilakukan secara teknis maupun non teknis. Salah satu solusi untuk menguranginya setelah dilakukan simulasi menggunakan software ETAP 12.6 adalah dengan rekonfigurasi jaringan dan pengalihan beban dari Gardu Induk Dukong ke Gardu Suge. Adapun hasil dari simulasi perbaikan drop tegangan menggunakan software ETAP 12.6 memperlihatkan perubahan besarnya drop tegangan dan susut jaringan pada penyulang Jambi dari semula 17,48 kV menjadi 17,88 kV dan susut dari 140, 3 kW menjadi 110,7 kW.

Kata kunci : Drop Tegangan, ETAP 12.6, Rekonfigurasi, Susut Jaringan

ABSTRACT

Drop voltage is a problem often faced by PLN and can not be fully solved. Problems that exist in the field at this time is still the existence of a repeater that experienced a voltage drop caused by too long network so that the effect on the shrinkage of electrical energy in the feeder. This voltage drop occurs on the Jambi feeder PT. PLN Area Belitung. This can be detrimental to both the electricity consumers themselves because the voltage received is still below the standard voltage of service, or from the company in this case is the PLN due to the power used by customers is not maximal. To reduce the voltage drop and the loss of electrical energy can be done technically and non technical. One solution to reduce it after a simulation using ETAP 12.6 software is by reconfiguring the network and switching the load from the Dukong Substation to the Suge Gardu. The result of simulation of voltage drop improvement using ETAP 12.6 software shows the change of voltage drop and network loss on Jambi feeder from 16.36 kV to 16.89 kV and shrinkage from 276, 8 kW to 223,1 kW.

Keywords: ETAP 12.6, Reconfiguration, Tissue Shrinkage, Voltage Drop

1. PENDAHULUAN

Pusat Listrik terbesar di pulau Belitung terdapat di PLTD Pilang dan PLTU Suge yang mempunyai jarak dengan Tanjung Pandan yang merupakan pusat beban adalah 30 km dan sebagian besar disalurkan melalui Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) melalui 18 penyulang dengan tegangan 20 kV. Selain dari PLTD Pilang tegangan 20 kV juga disalurkan melalui Gardu Induk (GI) Dukong, yang mana GI Dukong tersebut menerima tegangan 70 kV dari GI Suge. Dari GI Dukong disalurkan 10 penyulang yang salah satunya adalah penyulang Jambi. Tegangan pelayanan sesuai dengan SPLN 1-1995 adalah -10% +5% atau setara 18 kV untuk tegangan terendah dan 21 kV untuk tegangan tertinggi dengan tegangan nominal sebesar 20 kV. Untuk ujung penyulang Jambi ini masih

mengalami drop tegangan dibawah dari standar tegangan pelayanan yaitu 17, 48 kV lokasi desa Tanjung Rusa.

Dari proses pendistribusian tenaga listrik tersebut, mulai dari pembangkit sampai keujung penyulang terdapat penurunan tegangan yang diakibatkan oleh beban yang mengalir, panjang penghantar dan tahanan jenis penghantar itu sendiri. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis melakukan penelitian perhitungan drop tegangan yang terjadi yang diakibatkan oleh panjang jaringan.

Adapun semakin panjang suatu penghantar dari suatu pembangkit atau gardu induk, maka tegangan yang akan diterima di ujung saluran akan semakin menurun, hal tersebut terjadi karena semakin panjang suatu saluran maka semakin tinggi nilai impedansi pada saluran tersebut. Dengan menurunnya tegangan

disisi pelanggan maka semakin besar susut pada saluran tersebut.

Permasalahan yang terjadi pada penyulang Jambi adalah drop tegangan ujung penyulang yang diakibatkan oleh terlalu panjang jaringan penyulang tersebut mulai dari gardu induk sampai ke ujung jaringan sehingga mengakibatkan susut jaringan yang tinggi. Untuk itu simulasi menggunakan aplikasi ETAP 12.6 ini apakah bisa menghitung perbaikan tegangan ujung penyulang jambi tersebut?.

II. DASAR TEORI

Drop tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar (Winardi B, dkk. 2016).

penghantar.

$$R = \rho \times \frac{L}{A}$$

Dimana :

R = Hambatan kawat penghantar (Ω)

ρ = Hambatan jenis kawat penghantar ($\Omega.m$)

L = Panjang kawat penghantar (m)

A = Luas penampang penghantar (m^2)

Menurut Watkins (2004), untuk menghitung persentase jatuh tegangan dapat menggunakan rumus :

$$\Delta V = \frac{VS - VR}{VS} \times 100$$

Perhitungan drop voltage pada JTM 20 KV 3 fasa

$$\Delta V = \sqrt{3} I L X (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

Perhitungan drop voltage pada JTM 20 KV 1 fasa

$$\Delta V = I L X (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

Dimana :

ΔV = Drop tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada saluran (Ampere)

L = Panjang penghantar (m)

Untuk perhitungan jatuh tegangan, resistansi dan reaktansi kedua konduktor perlu diperhitungkan. Kombinasi antara resistansi dan reaktansi disebut dengan impedansi yang dinyatakan dalam satuan ohm dan dapat dihitung dengan rumus :

$$Z = R + jX$$

Maka :

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Dimana :

Z = Impedansi saluran (Ohm)

R = Tahanan saluran (Ohm)

X = Reaktansi (Ohm)

Reaktansi penghantar untuk jaringan distribusi pada umumnya terdiri dari induktansi, maka reaktansinya disebut induktif (XL) yang dapat dihitung dengan rumus :

$$XL = 2\pi fL$$

Dimana :

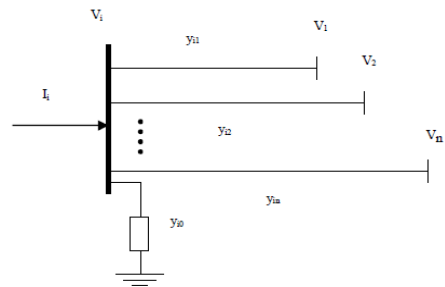
XL = Reaktansi jaringan (Ohm)

f = frekwensi (Hz)

L = Induktansi (Henry)

Ada beberapa metode studi aliran daya yang digunakan untuk menghitung drop tegangan pada suatu saluran. Metode studi aliran daya tersebut antara lain sebagai berikut :

a. Metode Gauss Seidel



Aplikasi hasil bus ini adalah

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (2.5)$$

Daya nyata dan reaktif pada bus i adalah

$$\begin{aligned} P_i + jQ_i &= V_i I_i^* \\ I_i^* &= \frac{P_i + jQ_i}{V_i} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Di konjugatkan menjadi

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (2.7)$$

mensubstitusikan persamaan (2.5) dengan persamaan (2.6) hasilnya,

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (2.8)$$

Dari hubungan diatas, hasilnya harus dipecahkan oleh **teknik iterasi**. Persamaan (2.8) dipecahkan untuk Vi.

Persamaan aliran daya biasanya ditulis dalam istilah elemen matrik admitansi bus.

Sejak itu elemen diagonal-off pada matrik admitansi bus Ybus, ditunjukkan oleh persamaan diatas, yaitu $Y_{ij} = -y_{ij}$, dan elemen diagonal adalah $Y_{ii} = \sum y_{ij}$, persamaan menjadi,

$$V_i^{sch(k+1)} = \frac{\frac{P_i^{sch} - jQ_i^{sch}}{V_i^{*(k)}} - \sum_{j \neq i} Y_{ij} V_j^{(k)}}{Y_{ii}} \quad (2)$$

dan

$$P_i^{(k+1)} = \Re \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\} \quad (2.1)$$

$$Q_i^{(k+1)} = -\Im \left\{ V_i^{*(k)} \left[V_i^{(k)} Y_{ii} + \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\} \quad (2.1)$$

Untuk generator bus (bus P-V) dimana P_i^{sch} dan V_i adalah ditentukan, persamaan (2.11) ditentukan untuk $(k+1) Q_i$. Untuk mendapatkan $(k+1) V_i$ ditentukan dengan menggunakan persamaan,

$$(e_i^{(k+1)})^2 + (f_i^{(k+1)})^2 = |V_i|^2$$

atau

$$e_i^{(k+1)} = \sqrt{|V_i|^2 - (f_i^{(k+1)})^2}$$

dimana $e_i(k+1)$ dan $f_i(k+1)$ adalah komponen real dan imajiner tegangan $(k+1)$

V_i pada iterasi berikutnya. Kecepatan konvergensi dapat ditambahkan oleh aplikasi factor ketelitian pada iterasi berikutnya yaitu

$$V_i^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \alpha(V_{ical}^{(k)} - V_i^{(k)})$$

dimana

α = faktor kecepatan.

V_{cal} = Tegangan yang dihitung (*calculated*)

$$\left| e_i^{(k+1)} - e_i^{(k)} \right| \leq \epsilon$$

$$\left| f_i^{(k+1)} - f_i^{(k)} \right| \leq \epsilon$$

Iterasi dilanjutkan sampai magnitude elemen dalam kolom ΔP dan ΔQ adalah lebih kecil dari nilai spesifik. Tipe daya tak sebanding ketelitiannya adalah 0.001 pu. Ketika solusi konvergen, daya aktif dan reaktif pada slack bus dihitung.

b. Metode Newton Raphson

Dasar dari metode Newton Raphson dalam penyelesaian aliran daya adalah deret Taylor untuk suatu fungsi dengan dua variable lebih. Metode Newton Rhapsion menyelesaikan masalah aliran daya dengan menggunakan suatu set persamaan non linier untuk menghitung besarnya tegangan dan sudut fasa tegangan tiap bus.

Daya injeksi pada bus i adalah :

K_3, K_4, I_1, I_2, I_3 dan I_4 sebagai berikut

$$k_1 = f(\delta_i, \omega_i) \Delta t = \omega_i \Delta t \quad (13)$$

$$I_1 = g(\delta_i, \omega_i) \Delta t = \frac{\pi f}{H} (P_m - P_e) \Delta t \quad (14)$$

$$k_2 = f\left(\delta_i + \frac{1}{2} k_1, \omega_i + \frac{1}{2} I_1\right) \Delta t = \left(\omega_i + \frac{1}{2} I_1\right) \Delta t \quad (15)$$

Dalam hal ini dilakukan pemisahan daya nyata dan daya reaktif pada bus i . Pemisahan ini menghasilkan suatu set persamaan simultan non linear.

Dalam koordinat kutub diketahui :

$$|V_i| \angle \delta_i = |V_i| e^{j\delta_i}$$

$$|V_j| \angle \delta_j = |V_j| e^{j\delta_j}$$

$$|Y_{ij}| \angle \theta_{ij} = |Y_{ij}| e^{j\theta_{ij}}$$

Karena $e^{j(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})} = \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) + j \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$, maka pemisahan daya pada bus i menjadi komponen real dan imajiner adalah :

$$P_i - j Q_i = |V_i| \angle -\delta_i \cdot \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \angle \theta_{ij} + \delta_j =$$

$$|V_i| e^{-j\delta_i} \cdot \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j (e^{j(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})})$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \quad (3.14)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \quad (3.15)$$

Nilai P_i dan Q_i telah diketahui, tetapi nilai V_i dan δ_i tidak diketahui kecuali pada slack bus. Kedua persamaan non linier tersebut dapat diuraikan menjadi suatu set persamaan simultan linier dengan cara menyatakan hubungan antara perubahan daya nyata ΔP_i dan daya reaktif ΔQ_i terhadap perubahan magnitude tegangan ΔV_i dan sudut fasa tegangan $\Delta \delta_i$.

ΔP_i	J_1	J_2	$\Delta \delta$
ΔQ_i	J_3	J_4	ΔV

=

Elemen – elemen matriks Jacobi dapat dihi dengan menggunakan persamaan-persamaan daya nyata dan reaktif pada bus i dari persamaan (2.17) dan (2.17) yang diturunkan sebagai berikut : ($i = 1, 2, \dots, n-1$)

Elemen-elemen off-diagonal dari J_1 adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i \quad (3.17)$$

Elemen diagonal dari J_1 adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$$

Elemen off-diagonal dari J_2 adalah :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = |V_i Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i$$

Elemen diagonal dari J_2 adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2|V_i Y_{ii}| \cos(\theta_{ii}) + \sum_{j=1}^n |V_j Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$$

Elemen off-diagonal dari J_3 adalah :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = -|V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i$$

Elemen diagonal dari J_3 adalah :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$$

Elemen-elemen off-diagonal dari J_4 adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = -|V_i Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}), j \neq i$$

Elemen diagonal dari J_4 adalah :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = -2|V_i Y_{ii}| \sin(\theta_{ii}) - \sum_{j=1}^n |V_j Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$$

Elemen-elemen matriks Jacobi dihitung setiap akan melakukan iterasi. Perhitungan iterasi dimulai dengan memberikan perkiraan magnitude tegangan dan sudut fasa tegangan mula-mula. Perubahan perubahan dalam daya nyata dan daya reaktif yang telah dijadwalkan

dikurangi dengan daya nyata dan daya reaktif yang dihitung dari persamaan (2.19) sampai (2.26)

$$\Delta P_{ik} = P_i(\text{terjadwal}) - P_{ik} \Delta Q_i$$

$$k = Q_i(\text{terjadwal}) - Q_{ik} \quad i = 1, 2, \dots, n-1 \quad (2.27)$$

Elemen-elemen matriks Jacobim dihitung dengan menggunakan magnitude tegangan dan sudut fasa tegangan estimasi mula-mula. Dengan menggunakan metode invers langsung maka persamaan linier (2.18) dapat dipecahkan untuk mendapatkan nilai-nilai magnitude tegangan dan sudut fasa tegangan estimasi yang baru pada tiap bus (kecuali slack bus), sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$$

Proses iterasi kembali lagi ke proses awal dan hal ini terus diulangi sampai ΔP_{ik} dan ΔQ_{ik} untuk semua bus (selain slack bus) memenuhi harga toleransi yang diberikan (biasanya diambil ≤ 0.001).

$$\Delta i_{k+1} = \delta i_k + \Delta \delta i_k$$

$$|V_i|_{k+1} = |V_i|_k + \Delta |V_i|_k$$

Jadi iterasi selesai bila,

$$\Delta \delta i_k \leq 0.001$$

$$\Delta |V_i|_k \leq 0.001$$

2.2. Drop Tegangan

Drop tegangan (tegangan jatuh) termasuk dalam rugi-rugi jaringan. Drop tegangan merupakan kerugian yang bersifat teknis. Ini disebabkan karena, adanya faktor impedansi (Z) sepanjang saluran atau penghantar yang dilalui arus listrik. Drop tegangan adalah terjadinya selisih nilai tegangan antara nilai tegangan pada awal jaringan (pusat tenaga, gardu induk, gardu hubung, atau trafo tiang) dengan nilai tegangan pada ujung jaringan (beban atau konsumen). Besar drop tegangan yang terjadi bisa disimbolkan dengan V . Drop tegangan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik. Ini dipengaruhi oleh besarnya impedansi pada masing-masing titik.

Semakin panjang suatu jaringan, maka konduktor yang digunakan untuk menghubungkan sumber listrik dengan beban (konsumen) juga akan semakin panjang.

NO	TEGANGAN NOMINAL (VOLT)	+5% (VOLT)	-10% (VOLT)
1	220	231	198
2	380	399	342
3	20.000	21.000	18.000
4	70.000	73.500	63.000
5	150.000	157.500	135.000

Suatu konduktor, memiliki nilai resistansi, yang akan mengakibatkan nilai rugi daya pada saluran akan bertambah besar. Karena nilai rugi daya bergantung kepada hasil perkalian antara kuadrat arus (I^2) yang mengalir pada penghantar, dengan nilai resistansi penghantar (R). Minimalisasi rugi daya dapat dilakukan merubah konfigurasi jaringan yang telah ada.

Panjang jaring listrik juga mengakibatkan perbedaan tegangan antara sisi kirim dan sisi terima menjadi berbeda, makin panjang jaring, maka

perbedaan tegangan semakin besar demikian juga susut daya listrik (losses) pada jaring tersebut dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{\text{loss}} = I^2 R$$

Dimana :

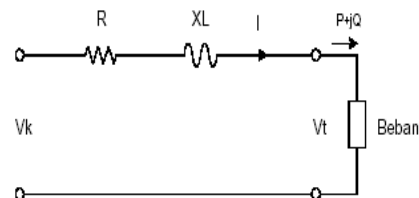
P_{loss} : Rugi daya saluran (Watt)

I : Arus saluran (Ampere)

R : Tahanan saluran (Ohm)

Turunnya tegangan sering terjadi pada sistem didistribusi 20 kV yang kapasitasnya terbatas, sehingga pada jam-jam tertentu (pada beban puncak) tegangan pada ujung sisi terima semakin rendah, bahkan melampaui batas-batas toleransi, sedangkan pada jam-jam dimana beban listriknya berkurang, tegangan listriknya akan kembali normal.

Untuk saluran udara yang kapasitansinya dapat diabaikan saluran direpresentasikan sebagai saluran pendek yang secara umum diterapkan pada sistem yang tegangannya sampai 66 kV dan panjangnya mencapai 50 miles (80,5 km). Rangkaian ekuivalen saluran pendek terdiri dari tahanan dan reaktansi yang terhubung seri seperti pada gambar 2.4.



Penurunan tegangan (*voltage drop*) merupakan selisih antara tegangan ujung kirim dan tegangan ujung terima.

$$VD = V_k - V_t$$

Dimana :

V_k = nilai mutlak tegangan ujung kirim

V_t = nilai mutlak tegangan ujung terima

Penurunan tegangan (*Voltage Drop*) pada penyulang, atau pada saluran transmisi yang pendek dengan faktor daya *lagging* dapat dihitung sebagai berikut (T.A. Short) :

$$VD = I_R R + I_X X_L \text{ volt}$$

Dimana :

R = resistansi total pada penyulang (ohm)

X_L = reaktansi induktif total pada penyulang (ohm)

I_R = komponen daya nyata dari arus (A)

I_X = komponen reaktif arus tertinggal (A)

Penurunan tegangan maksimum yang dibolehkan di beberapa titik pada jaringan sistem distribusi 20 kV adalah 10 % dari tegangan kerja bagi sistem radial (SPLN 1 :1995).

Tabel 2.1. Standar Tegangan Pelayanan Sesuai SPLN 1:1995

III. METODE PENELITIAN

3.1 Alat

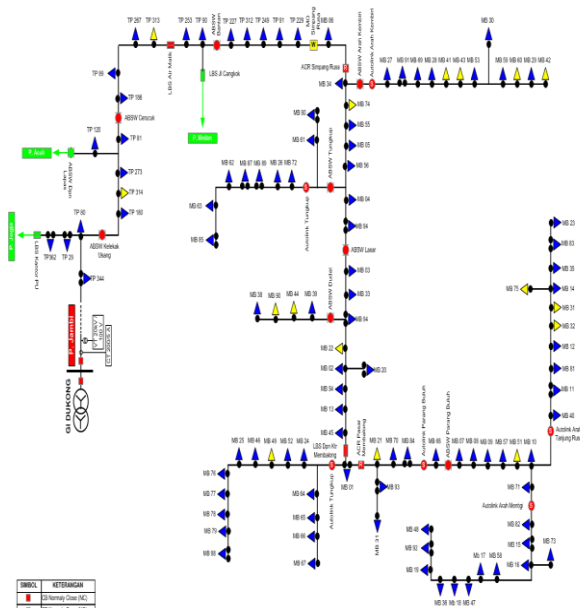
Software Etap 12.6

Software Etap atau *power station* merupakan suatu program atau perangkat lunak yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan sistem ketenagalistrikan. Keandalan dari

software Etap tersebut banyak sekali, namun yang sering digunakan adalah tentang analisa aliran daya, simulasi arus hubung singkat, dan keandalan sistem.

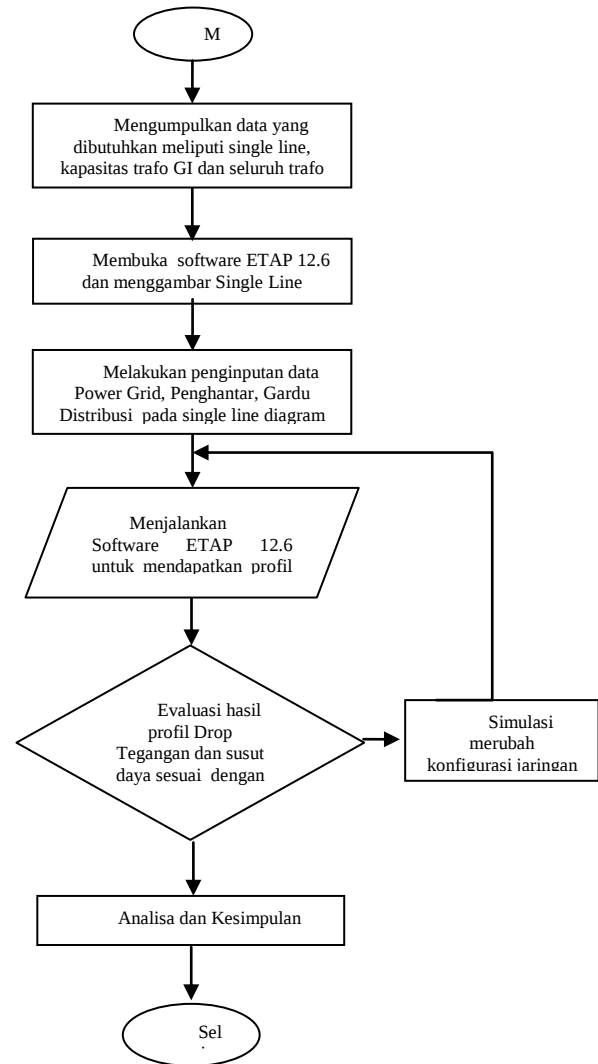


2.2 Bahan



Gambar Single Line Diagram penyulang Jambi

2.3 Langkah Penelitian



Gambar Diagram alur Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis yang dilakukan meliputi analisis profil tegangan, analisis susut daya, rekonfigurasi jaringan serta perbaikan tegangan dan susut daya setelah rekonfigurasi. Untuk akurasi hasil dari simulasi menggunakan aplikasi ETAP ini tidak terlepas dari akurasi dalam melakukan input parameter yang ada di dalam jaringan antara lain :

- Akurasi dalam melakukan input parameter power Grid atau Trafo Tenaga yang ada di sumber pembangkit.
- Akurasi dalam melakukan input parameter penghantar baik kabel maupun SUTM yang ada di sepanjang jaringan yang akan di simulasikan.
- Akurasi dalam melakukan input parameter gardu distribusi yang ada di sepanjang jaringan yang akan di simulasikan.

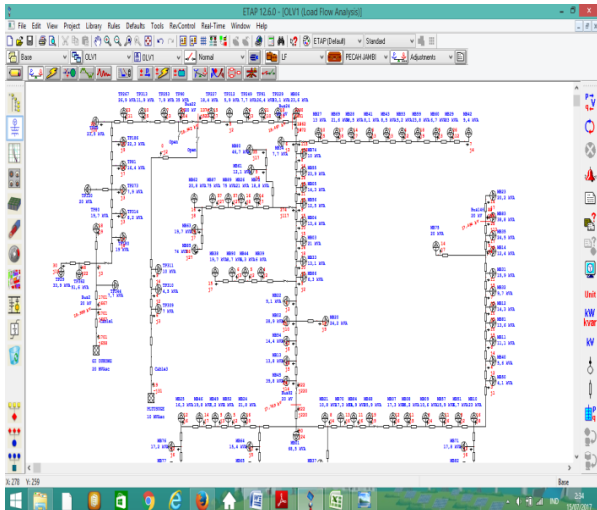
(1). Analisis profil tegangan

Analisis profil tegangan pada ETAP dilakukan dengan simulasi aliran daya yang di supply dari Gardu Induk Dukong. Dari simulasi ini dilihat tegangan pada beberapa bus yaitu :

- Bus 2 di desa Dukong
- Bus 22 Desa Air Malik

- Bus 24 Desa Simpang Rusa
- Bus 82 Desa Membalong
- Bus 146 Desa Tanjung Rusa

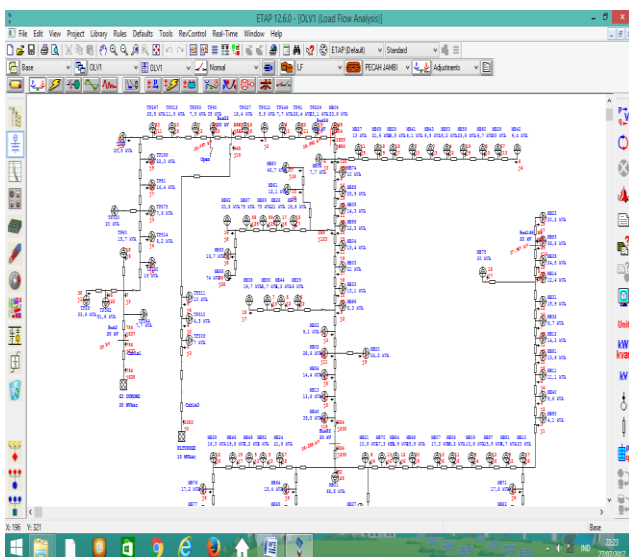
Apabila sudah didapatkan tegangan disetiap bus tersebut, maka kita lakukan simulasi kedua yaitu aliran daya yang disupply dari Gardu Induk Suge. Dari simulasi kedua ini kita bandingkan profil tegangan yang ada pada setiap bus tadi dan menghitung drop tegangan yang terjadi. Nilai drop tegangan merupakan selisih antara tegangan pada ujung sisi pengirim dikurangi dengan tegangan pada ujung sisi penerima.



Gambar. Tegangan yang di suplai dari GI Dukong

Dari hasil simulasi menggunakan ETAP apabila penyulang Jambi di supply dari GI Dukong didapatkan tegangan di empat bus antara lain :

- Bus 2 Desa Dukong : 19,99 kV
- Bus 22 Desa Air Malik : 18,94 kV
- Bus 24 Desa Simpang Rusa : 18,48 kV
- Bus 82 Desa Membalong : 17,76 kV
- Bus 146 Desa Tanjung Rusa : 17,48 kV



Gambar Tegangan yang di suplai dari GI Suge

Selanjutnya kita lakukan simulasi menggunakan ETAP penyulang Jambi di paralel supply dari GI Suge didapatkan tegangan di empat bus antara lain :

- Bus 2 Desa Dukong : 20,00 kV
- Bus 22 Desa Air Malik : 19,46 kV
- Bus 24 Desa Simpang Rusa : 18,99 kV
- Bus 82 Desa Membalong : 18,26 kV
- Bus 146 Desa Tanjung Rusa : 17,97 kV

Data Tegangan simulasi GI Dukong dan GI Suge

LOKASI	TEGANGAN (kV)		
	SIMULASI DARI GI DUKONG	SIMULASI DARI GI SUGE	SELISIH (Volt)
BUS 2	19,99	20,00	100
BUS 22	18,94	19,46	520
BUS 24	18,48	18,99	510
BUS 82	17,76	18,26	500
BUS 146	17,48	17,97	490

(2). Analisis Susut Daya

Susut daya adalah selisih antara jumlah energi yang masuk ke jaringan (*input*) dan energi yang keluar dari jaringan (*output*). Energi *output* adalah energi yang diambil dari jaringan tegangan menengah yang merupakan energi yang dimanfaatkan. Adanya selisih daya input dan output jaringan adalah akibat rugi daya pada konduktor yang sebanding dengan nilai arus dan hambatan penghantar.

Analisis susut daya pada ETAP dilakukan dengan simulasi aliran daya yang di supply dari Gardu Induk Dukong. Dari simulasi ini dilihat di report summary losses yang didapat dari ETAP tersebut.

Apabila sudah didapat report summary losses tersebut, maka kita lakukan simulasi kedua yaitu aliran daya yang disupply dari Gardu Induk Suge. Dari simulasi kedua ini didapat report summary losses yang didapat. Untuk mengetahui perbaikan susut daya yang dilakukan dengan simulasi pada ETAP ini yaitu dengan cara menghitung selisih losses apabila disupply dari kedua Gardu Induk tersebut.

Data susut daya simulasi supply dari GI Dukong

Project:	ETAP	Page:	4
Location:	12.6.001	Date:	15-07-2017
Contract:		SW:	
Diagram:	Study Case: LF	Hardware:	None
Filename:	COPY	Config:	Normal

Ckt Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		% Drop in Voltage
	MW	Mvar	MW	Mvar	W	Watt	From	To	
Line204	-0.942	-0.019	0.942	0.017	0.0	-1.6	87.4	87.4	0.01
Line205	0.014	0.005	-0.014	-0.007	0.0	-1.6	87.4	87.4	0.00
Line206	-0.019	-0.025	0.019	0.024	0.0	-1.6	87.4	87.5	0.02
Line207	0.014	0.005	-0.014	-0.007	0.0	-1.6	87.5	87.4	0.00
Line208	-0.019	-0.002	0.019	-0.006	0.0	-6.0	100.0	100.0	0.01
Line209	0.013	-0.001	-0.013	-0.001	0.0	-2.0	100.0	100.0	0.00
Line210	0.000	-0.001	-0.000	-0.001	0.0	-2.0	100.0	100.0	0.00
Line211	0.000	-0.004	0.000	0.002	0.0	-1.3	100.0	100.0	0.00
Line212	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.0	-2.4	100.0	100.0	0.00
					140.3	-137.8			

Simulasi perhitungan susut jaringan penyulang Jambi apabila disuply dari GI dukong didapatkan susut jaringan sebesar 140,3 kW.

Data susut daya simulasi paralel supply dari GI Suge

Project:	ETAP	Page:	4
Location:	12.6.02	Date:	27-07-2017
Contract:		SN:	
Engineer:	Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	COPT	Config:	Normal

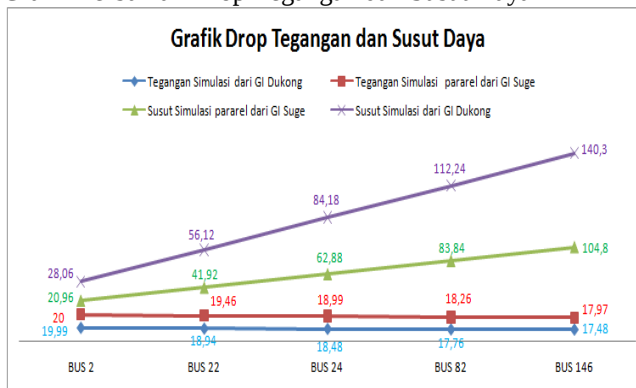
Ckt Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses	% Bus Voltage		Vd % in V/mv		
	ID	MW	MVar	MW		MVar	From		To	
Line206		0.135	0.048	-0.135	-0.020	0.1	-1.7	90.1	90.9	0.04
Line204		-0.044	-0.020	0.044	0.018	0.0	-1.7	89.8	89.9	0.01
Line208		0.015	0.006	-0.015	-0.007	0.0	-1.7	89.8	89.8	0.00
Line205		-0.062	-0.027	0.062	0.025	0.0	-1.7	89.9	89.9	0.02
Line210		0.015	0.006	-0.015	-0.007	0.0	-1.7	89.9	89.9	0.00
Line218		-0.990	-0.023	0.990	0.021	8.0	-1.7	91.9	90.7	0.01
Line219		0.984	0.020	-0.982	-0.020	2.0	-0.4	97.9	97.7	0.20
Line220		0.978	0.019	-0.976	-0.019	2.0	-0.4	97.7	97.5	0.20
Line217		0.968	0.015	-0.966	-0.015	1.3	-0.3	97.5	97.4	0.13
						104.8				-170.6

Selanjutnya kita lakukan simulasi perhitungan susut jaringan penyulang Jambi apabila disuply dari GI Suge didapatkan susut jaringan sebesar 104,8 kW. Dari kedua simulasi yang dilakukan dari GI Suge dan GI Dukong maka didapatkan penurunan susut jaringan yaitu $140,4 \text{ kW} - 104,8 \text{ kW} = 35,5 \text{ kW}$.

(3) Analisa Grafik

Dari analisa profil tegangan dan analisa susut daya listrik yang sudah dilakukan, maka penulis akan membuat gabungan dari kedua analisa tersebut menjadi sebuah grafik.

Grafik Perbaikan Drop Tegangan dan Susut Daya



Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa simulasisuply dari GI Dukong pada bus 2 tegangan adalah sebesar 19,99 kV dan susut sebesar 28,06 kW, sedangkan pada saat simulasi diparereel dengan GI Suge didapat tegangan pada bus 2 sebesar 20 kV dan susut sebesar

20,96 kW. Tegangan semakin drop seiring dengan panjang jaringan dan susut semakin tinggi seiring dengan panjang jaringan. Jadi semakin panjang suatu jaringan distribus 20 kV, maka drop tegangan semakin besar dan susut daya semakin besar pula.

V. PENUTUP

Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa data penyulang Jambi menggunakan ETAP 12.6 serta hasil dan pembahasan, maka disimpulkan sebagai berikut :

1. Drop tegangan dan susut daya listrik penyulang Jambi GI Dukong sangat dipengaruhi oleh panjang jaringan sistem distribusi 20 kV. Hal itu dapat di buktikan dengan simulasi yang sudah dilakukan menggunakan ETAP 12.6. yang mana berdasarkan simulasi ETAP tegangan di bus 146 gardu MB 83 sebesar 17,484kV.
2. Setelah dilakukan Simulasi rekonfigurasi penyulang Jambi yang semula di supply dari GI Dukong dan di paralel bebannya dari GI Suge serta merubah pengaturan power grid GI Suge menjadi Voltage Control pada ETAP 12.6, maka tegangan di bus 24 Gardu MB 83 mengalami kenaikan dari 17,484 kV menjadi 17,97 kV. Hal ini dapat mempengaruhi kenikan tegangan di sisi skunder dan perbaikan susut daya listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar Tanjung. 2012. *Analisa Sistem Distribusi 20 kV untuk memperbaiki Kinerja Sistem Distribusi menggunakan Electrical Transient Analysis Program* : Universitas Lancang Kuning
- Arif Kurniawan. 2016. *Analisa Jatuh Tegangan dan Penanganan pada jaringan 20 kV Rayon Palur PT. PLN (Persero) menggunakan ETAP 12.6* Universitas Muhammadiyah : Surakarta
- K Pribadi dan Wahyudi SN. *Teori Hitung Proteksi Sistem Distribusi*. PT PLN PERSERO : Jakarta.
- Sarimun, Wahyudi. 2012. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: Garamond.
- Stevenson, William. 1994. *Analisis Sistem Tenaga*. Diterjemahkan oleh Kamal Idris. Jakarta:Erlangga.
- Waluyo, Sunarjo dkk. 2007. *Perhitungan Susut Daya pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Saluran Udara dan Kabel Itenas* : Bandung
- Winardi. B dkk. 2015. *Analisa Perbaikan Susut Teknis dan Susut Tegangan pada Penyulang KLS 06 di GI Kalisari dengan menggunakan Software ETAP 7.0.Undip* : Semarang