

ANALISIS SUSUT TEGANGAN SALURAN TRANSMISI TEGANGAN EKSTRA TINGGI 500 kV

Moh. Amir dan Irwan Ardhi Winarno
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jln. Moh. Kahfi II Jagakarsa, Jakarta, Indonesia

ABSTRAK

Jaringan transmisi merupakan bagian dari suatu sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik ke beban atau konsumen. Dalam menyalurkan energy listrik akan timbul susut tegangan karena adanya arus yang mengalir pada suatu impedansi yang terdapat pada penghantar, mengakibatkan daya atau tegangan yang diterima menjadi lebih kecil dari pada yang dikirim. Tegangan yang berada dibawah atau lebih dari batas yang ditentukan yaitu 5 % (± 25 kV) dari tegangan ekstra tinggi akan menyebabkan peralatan listrik tidak bekerja dengan baik. Agar diperoleh suatu sirkuit yang efesien, maka diusahakan agar jatuh tegangan sekecil mungkin.

Perhitungan dan analisis jatuh tegangan dalam sistem trasnmisi dengan analisis matematis. Menentukan apakah nilainya masih berada pada batas yang diijinkan. Dengan dihitungnya susut tegangan pada saluran trasnmisi, maka hal ini dapat dipergunakan bagi produsen tenaga listrik sebagai bahan pertimbangan bagi penentuan dalam perbaikan sistem transmisi tenaga listrik.

Kata kunci : Saluran transmisi dan susut tegangan

ABSTRACT

The transmission line is a part of a power system that serves to transmit electrical energy to the loads or consumers. Transmitting the electrical energy will arise because of the voltage fall current flow in a conductor found in impedance, resulting in power or the voltage received smaller than it sent. The voltage which is under or over the specified limit of 5% (± 25 kV) of extra high voltage will cause the electrical equipment not working well. To get the efficien of a transmitter it should keep falling the voltages as small as possible.

Analysis and calculation of the voltage falls in the system transmission will calculate with mathematical analysis. To determine whether the value is still being at the limit which is allowed. Calculation of the voltage angles on the transmission channel can be used for electric power producers as a material for the determination to repair their electric power transmission system.

Keywords : Transmission Lines and Drop Voltage

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan tenaga listrik di Indonesia terus meningkat sesuai dengan laju pertumbuhan ekonomi dan industri serta penambahan penduduk.

Sistem kelistrikan antar pusat-pusat pembangkit dan pusat-pusat beban pada umumnya terpisah dalam ratusan bahkan ribuan kilometer. Hal ini terjadi karena beban (konsumen) terdistribusi disetiap tempat, sementara lokasi pembangkitan umumnya terletak

dipusat-pusat sumber energi dan dilokasi yang memudahkan transportasi bahan bakar yang biasanya dibangun di tepi laut atau di pegunungan. Saluran transmisi dilihat dari jarak atau panjangnya dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Saluran transmisi jarak pendek (short line), adalah saluran yang panjangnya kurang dari 80 km.
2. Saluran transmisi jarak menengah (medium line), adalah saluran yang panjangnya antara 80 – 240 km.
3. Saluran transmisi jarak jauh (long line), adalah saluran yang panjangnya lebih dari 240 km.

Daya listrik akan selalu mengalir menuju beban karena itu dalam hal ini aliran tegangan juga merupakan aliran beban. Beban – beban itu direpresentasikan sebagai Impedansi tetap (Z), sebagai Daya tetap (S), Tegangan (V) ataupun Arus (I) yang tetap yang lazim pembebanan dipilih menggunakan tegangan yang konstan. Pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi terdapat rugi – rugi dan jatuh tegangan (*Drop Voltage*) yang ditimbulkan oleh arus (i) dan tahanan (R) dengan nilainya yang besar mengalir pada kawat penghantar, sehingga menyebabkan faktor korona dan kebocoran isolator dan mengakibatkan tegangan mengalami jatuh tegangan (*drop voltage*). Hal ini terjadi apabila tegangan pada pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerimaan ada perbedaan.

1.2 Pokok Permasalahan

Dalam makalah ini akan dianalisis jatuh tegangan yang ditimbulkan akibat beban lebih dan jatuh tegangan ini akan mengakibatkan menurunnya kualitas mutu tegangan pada penerima.

1.3 Batasan Masalah

1. Studi analisa saluran transmisi tegangan ekstra tinggi, yaitu saluran Gardu Induk (GI) Balaraja sampai Gardu Induk (GI) Gandul dan tempat observasinya di PT.

PLN (Persero) Pusat Pengaturan Beban (P2B) Transmisi Jawa Bagian Barat (TJBB) Area Pelaksanaan Gandul, Depok, Jawa Barat.

2. Data yang digunakan merupakan data yang didapat dari hasil observasi.
3. Perhitungan menggunakan data observasi.

II. SISITEM TENAGA LISTRIK

2.1 Dasar Sistem Tenaga Listrik

Keperluan penyediaan tenaga listrik diperlukan berbagai peralatan listrik yang dihubungkan satu sama lain sehingga mempunyai inter relasi dan secara keseluruhan membentuk suatu sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik yang dimaksud adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi sehingga merupakan satu kesatuan secara interkoneksi. Proses penyaluran tenaga listrik dibagi menjadi tiga bagian penting, yaitu Pembangkitan, Penyaluran (transmission) dan distribusi (distribution)

2.2 Saluran Transmisi

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga *substation distribution* sehingga dapat disalurkan pada konsumen pengguna listrik melalui suatu bahan konduktor terlihat pada Gambar 2.2. Besaran tegangannya dapat dibagi menjadi beberapa kelas, yaitu:

1. Tegangan Ultra Tinggi (UHV) (1000 kV)
2. Tegangan Ekstra Tinggi (EHV) (500 kV)
3. Tegangan Tinggi (HV) (150 kV dan 70 kV)
4. Tegangan Menengah (MHV) (30 kV dan 20kV)

5. Tegangan Rendah (LV) (380 V dan 220 V)

Sedangkan saluran transmisi tegangan tinggi adalah sebuah proses penyaluran energi listrik dari satu gardu induk ke gardu induk lainnya. Dimana dalam proses penyaluran energi listrik tersebut terdiri dari konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang (tower) melalui isolator-isolator, dengan sistem tegangan tinggi.

Dalam saluran transmisi persoalan tegangan harus diperhatikan baik keadaan operasi maupun dalam perencanaan dimana tegangan setiap titik saluran harus selalu diperhatikan besar perubahan tegangan yang diperbolehkan ± 5%.

Karakteristik listrik dari saluran transmisi adalah konstanta konstanta saluran yaitu :

1. Resistan (R)

Nilai resistansi saluran transmisi dipengaruhi oleh *resistivitas* konduktor dan temperature. Resistansi dari sebuah penghantar sebanding dengan panjang l dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya, seperti rumus dibawah ini :

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Dimana :

- $\rho = \text{Resistivitasnya } (\Omega)$
- $R = \text{Resistan arus searah } (\Omega)$
- $l = \text{Panjang Konduktor } (m)$
- $A = \text{Luas Penampang } (m^2)$

2.Induktansi (L)

Induktansi kawat 3 phase umumnya berlainan untuk masing – masing kawat. Namun karena perbedaannya kecil, nilai induktansinya dari penghantar yang ditransposisikan diambil, bila ketidak seimbangan tidak besar.

$$L = 1 + 0,4605 \log 10$$

$$l = \frac{r}{GMD}$$

Setelah mendapatkan induktansi (L) pada persamaan 2.2 maka untuk mencari nilai reaktansi induktansi dapat diturunkan menjadi persamaan sebagai berikut :

$$X_L = 2. \pi. f. L$$

dengan : l = Induktansi karena fluks magnet dalam kawat

3.Kapasitansi (C)

Kapasitan adalah kemampuan dua konduktor yang dipisahkan oleh isolator untuk menyimpan muatan listrik pada tegangan yang diberikan diantara keduanya. Bila pada dua konduktor yang terpisah oleh jarak tertentu dialirkan arus listrik maka akan terbentuk fluks elektrostatik dan dua konduktor tersebut berfungsi sebagai kapasitor. Nilai kapasitasnya semata-mata tergantung dari jari-jari konduktor dan jarak antara kedua konduktor tersebut serta tidak dipengaruhi oleh besarnya medan magnet. Rumus untuk menentukan kapasitas saluran adalah :

$$C = \frac{0,02413}{\log \frac{GMD}{r}}$$

$$GMD = r^{n-1} \sqrt{n}$$

Setelah mendapatkan kapasitif (C) pada persamaan 2.5 maka untuk mencari nilai reaktansi kapasitif dapat diturunkan menjadi persamaan sebagai berikut :

$$X_C = \frac{1}{2. \pi. f. C}$$

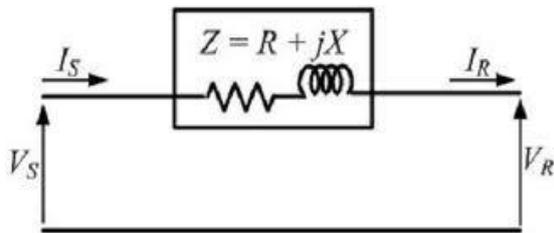
dengan :

- C = kapasitas
- GMD = geometri mean distance (cm)
- r = jari – jari penghantar

III. SALURAN TRANSMISI TEGANGAN EKSTRA TINGGI

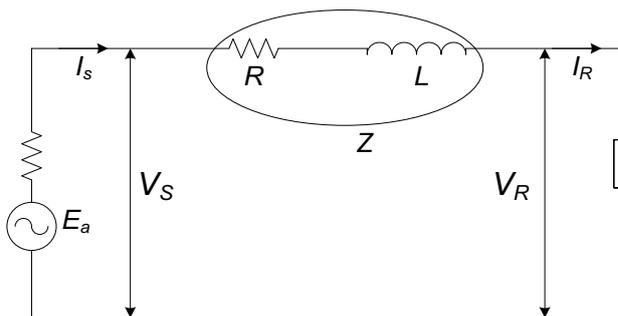
3.1 Saluran Transmisi Jarak Pendek

Dalam makalah hanya akan membahas saluran transmisi pendek sesuai dengan jaraknya yang biasanya < 80 km. Saluran transmisi pendek dapat didefinisikan sebagai saluran transmisi yang panjangnya kurang dari 80 km. Pada saluran model ini besar arus bocor ke tanah kecil terhadap arus beban, maka dalam hal ini kapasitansi ketanah dapat diabaikan, yang tertera dalam rangkaian pengganti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.4 Rangkaian ekivalen saluran transmisi pendek

Rangkaian ekivalen saluran transmisi pendek diperlihatkan dalam Gambar 3.4 diatas, dimana I_S dan I_R merupakan arus pada ujung pengirim dan ujung penerima, sedangkan V_S dan V_R adalah tegangan saluran terhadap netral pada ujung pengirim dan ujung penerima.



Gambar 3.5 Diagram pengganti saluran transmisi jarak pendek

Rangkaian itu Gambar 3.5 dapat diselesaikan seperti halnya dengan rangkaian AC seri yang sederhana. Karena tidak terdapat cabang paralel (*shunt*), pada ujung-ujung pengirim dan penerima akan sama besar arus pada ujung pengirim adalah :

$$i_s = i_R = i$$

Menghitung besar tegangan pada pengirim adalah :

$$V_S = \frac{V_{S_{Line}}}{\sqrt{3}}$$

Mencari didapat tegangan teriman menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_S = V_R + i \cdot Z$$

Untuk mencari nilai impedansi dapat diturunkan dari persamaan 2.1, 2.4 dan 2.7, sehingga menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Dengan :

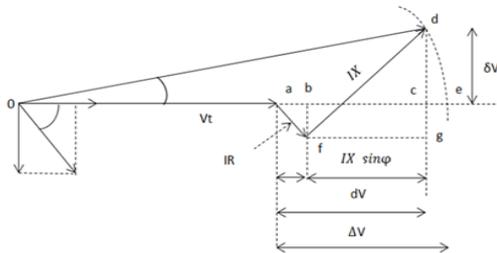
1. V_S = tegangan saluran terhadap netral pada ujung pengirim (V)
2. V_R = tegangan saluran terhadap netral pada ujung penerima (V)
3. i_s = arus pada ujung pengirim (A)
4. i_R = arus pada ujung penerima (A)
5. $Z = Z$ (impedansi seri keseluruhan saluran) (Ω)
6. R = Resistansi (Ω)
7. L = Induktansi (H)
8. C = Kapasitif (F)
9. f = Frekuensi (Hz)

3.2 Susut Tegangan Pada Saluran Transmisi

Susut tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Susut tegangan selalu terjadi pada jaringan, baik pada pelanggan maupun pada perusahaan listrik. Susut tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada sisi kirim (*sending end*) dan tegangan pada sisi terima (*receiving end*).

Diagram phasor untuk transmisi pendek ditunjukkan pada Gambar 3.6

dibawah ini. Diperlukan tegangan ujung pengirim (V_s) yang lebih besar untuk mempertahankan suatu tegangan ujung penerima (V_R) tertentu.



Gambar 3.6 Diagram phasor

Umumnya beban yang terdapat pada sistem tenaga listrik bersifat resistif - induktif. Beban tersebut akan menyerap daya aktif dan daya reaktif yang disuplai kesistem. Penyerapan daya reaktif yang diakibatkan oleh beban induktif dan kapasitif yang akan menyebabkan timbulnya susut tegangan pada tegangan yang disuplai kesistem. Akibatnya nilai tegangan di sisi penerima akan berbeda dengan nilai tegangan di sisi pengirim. Perbaikan kualitas susut tegangan dapat dilakukan dengan mengatur daya reaktif yang disuplai ke sistem. dengan menggunakan kapasitansi. Besar persentasi susut tegangan pada saluran transmisi dapat dihitung dengan :

$$\% \Delta V = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100 \%$$

Dengan :

- $\% \Delta V$ = Susut tegangan
- V_S = Resistansi saluran (V)
- V_R = Reaktansi saluran (V)

3.3 Faktor Daya

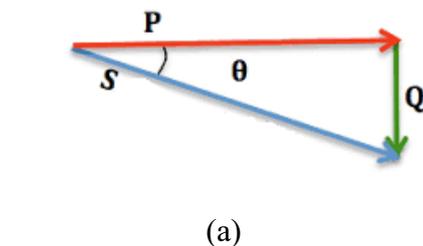
Faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata dalam satuan Watt dan daya reaktif dalam satuan Volt Ampere Reaktif (VAR) dari daya yang disalurkan oleh pusat - pusat pembangkit ke beban. Nilai faktor daya ini mempengaruhi

jumlah arus yang mengalir pada saluran untuk suatu beban yang sama. Faktor daya salah satunya disebabkan oleh penggunaan peralatan pada pelanggan yang menyimpang dari syarat - syarat penyambungan yang telah di tetapkan.

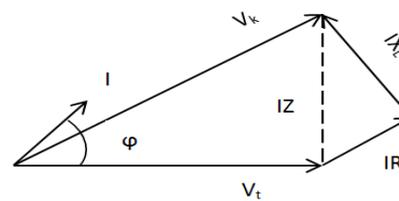
Rendahnya faktor daya disebabkan karena melebarnya sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya yang terlalu rendah mengakibatkan rugi yang sangat besar pada saluran. Pergeseran sudut fasa antara arus dan tegangan di tentukan oleh sifat impedansi beban (resistif, induktif dan kapasitif) yang dihubungkan dengan sumber arus bolak balik tersebut.

Apabila beban mempunyai impedansi yang bersifat resistif, maka arus dan tegangan sefasa atau besarnya pergeseran sudut fasa sama dengan nol. Dengan demikian faktor daya sama dengan satu (unity power factor). Impedansi beban yang bersifat kapasitif, vektor arus (I) mendahului vektor tegangan (V), keadaan tersebut dinamakan faktor daya mendahului (*leading power factor*), seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.5.

Leading Power Factor



(a)

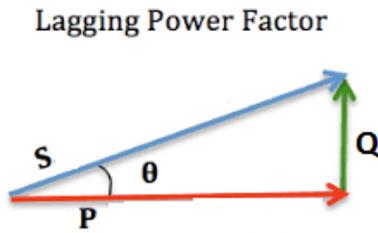


(b)

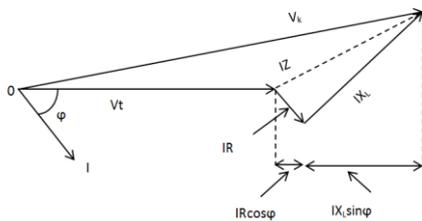
Gambar 3.7 (a) Segituga daya (b) Diagram Phasor faktor mendahului

Sedangkan impedansi beban bersifat induktif, vektor arus (I) terbelakang dari

vektor tegangan (V), kondisi tersebut disebut faktor daya tertinggal (*lagging power factor*), seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.6.



(a)



(b)

Gambar 3.8 (a) Segituga daya (b) Diagram Phasor faktor tertinggal

Besarnya rugi tegangan pada saluran tranmisi jarak pendek tersebut, diukur pada titik yang paling jauh (ujung). Untuk menghitung besar tegangan pada ujung beban dan tegangan pengiriman, persentase susut tegangan. Rumus unuk mencari faktor daya dapat dilihat pada Gambar 3.8 yang sebagai berikut :

$$\cos \theta = \frac{P}{S}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot i$$

Dari persamaan 3.8 dan 3.9 maka didapat i dengan diturunkan menjadi :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot i \cdot \cos \theta$$

dengan :

P = Daya aktif (Watt)

S = Daya semu (Watt)

Q = Daya rekatif (VAR)

cos φ = Faktor daya

V = Tegangan (V)

i = Arus (A)

IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

Pada bab IV ini, akan dihitung seberapa besar susut tegangan yang terjadi dan menganalisa susut tegangan pada saluran transmisi Balaraja – Gandul yang terdapat dengan 2 sirkit. Dalam menganalisa susut tegangan ini dipengaruhi dari impedansi pada saluran transmisi.

4.1 Data Teknik

Dari data pada tabel 3.1 menunjukkan beban kirim pada satu hari tanggal 18 April 2017 dengan 2 sirkit yang memiliki nilai arus yang berbeda pada setiap waktu untuk sirkit Balaraja – Gandul, yang ditunjukkan pada data teknis dibawah ini :

a. Saluran Transmisi Balaraja – Gandul Sirkit I

V (Tegangan)	= 500 kV
l (Jarak)	= 46,2 km
i _{maksimal} (Arus Nominal)	= 2078 A
A (Luas Penampang)	= 4 x 327,77 mm ²
Jenis Penghantar	= ACSR / DOVE
R	= 1,2031 Ω
X _L	= 15,3523 Ω
C	= 157,8099 μF

b. Saluran Transmisi Balaraja – Gandul Sirkit II

V (Tegangan)	= 500 kV
l (Jarak)	= 46,2 km
i _{maksimal} (Arus Nominal)	= 2078 A
A (Luas Penampang)	= 4x327,99 mm ²
Jenis Penghantar	= ACSR/DOVE
R	= 1,2031 Ω
X _L	= 15,3523 Ω
C	= 157,8099 μF

4.2 Perhitungan Drop Tegangan Saluran Transmisi

4.2.1 Sirkit I Balaraja – Gandul

Untuk mencari persentase susut tegangan pada sirkit I pada saat beban puncak, dengan langkah sebagai berikut :

- Mencari nilai faktor daya menggunakan segitiga daya pada persamaan 3.8, dari daya aktif (P) dan daya semu (S) dapat dilihat pada tabel 3.1. sebagai berikut :

$$\cos \theta = \frac{P}{S}$$

$$\cos \theta = \frac{677}{680}$$

$$\cos \theta = 0,995$$

- Menacari arus (i) dengan menggunakan persamaan 3.10 :

$$P = \sqrt{3} \cdot V_s \text{ line} \cdot i \cdot \cos \theta$$

$$i = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_s \cdot \cos \theta}$$

$$i = \frac{677.000}{\sqrt{3} \cdot 500 \cdot 0,995}$$

$$i = 785,6606 \text{ A}$$

- Impedansi pada saluran transmisi jarak pendek ini, pengaruh dari kapasitansinya yang nilainya kecil dapat diabaikan. Nilai impedansi dapat dicari dengan persamaan 3.4 sebagai berikut :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L)^2}$$

$$Z = \sqrt{1,2031^2 + (15,3523)^2}$$

$$Z = \sqrt{237,1406}$$

$$Z = 15,3994 \Omega$$

- Besar tegangan kirim adalah 500.000 V, sehingga tegangan kirim dapat dihitung pada persamaan 3.2 :

$$V_S = \frac{V_{S \text{ Line}}}{\sqrt{3}}$$

$$V_S = \frac{500.000}{\sqrt{3}}$$

$$V_S = 288675,1346 \text{ V}$$

- Setelah didapat tegangan kirim maka dapat dicari tegangan terima pada persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$V_S = V_R + i \cdot Z$$

$$V_R = V_S - i \cdot Z$$

$$V_R = 288675,1346 - (785,66 \cdot 15,39)$$

$$V_R = 276576,4328 \text{ V}$$

- Setelah didapat tegangan teriman, maka persentase susut tegangan dapat dicari pada persamaan 3.7 sebagai berikut :

$$\% \Delta V = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = \frac{288675,13 - 276576,43}{276576,43} \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = \frac{12098,7018}{276576,4328} \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = 4,4$$

4.2.2 Sirkit II Balaraja – Gandul

Untuk mencari persentase susut tegangan pada sirkit II pada saat beban puncak, dengan langkah sebagai berikut :

- Mencari nilai faktor daya menggunakan segitiga daya pada persamaan 3.8, dari daya aktif (P) dan daya semu (S) dapat dilihat pada tabel 3.1. sebagai berikut :

$$\cos \theta = \frac{P}{S}$$

$$\cos \theta = \frac{685}{689}$$

$$\cos \theta = 0,994$$

- Menacari arus (i) dengan menggunakan persamaan 3.10 :

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{s \text{ line}} \cdot i \cdot \cos \theta$$

$$i = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_s \cdot \cos \theta}$$

$$i = \frac{685.000}{\sqrt{3} \cdot 500 \cdot 0,994}$$

$$i = 795,7443 \text{ A}$$

- Impedansi pada saluran transmisi jarak pendek ini, pengaruh dari kapasitansinya yang nilainya kecil dapat diabaikan. Nilai impedansi dapat dicari dengan persamaan 3.4 sebagai berikut :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L)^2}$$

$$Z = \sqrt{1,2031^2 + (15,3523)^2}$$

$$Z = \sqrt{237,1406}$$

$$Z = 15,3994 \Omega$$

- Besar tegangan kirim adalah 500.000 V, sehingga tegangan kirim dapat dihitung pada persamaan 3.2 :

$$V_s = \frac{V_{s \text{ Line}}}{\sqrt{3}}$$

$$V_s = \frac{500.000}{\sqrt{3}}$$

$$V_s = 288675,1346 \text{ V}$$

- Mencari tegangan terima pada persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$V_s = V_R + i \cdot Z$$

$$V_R = V_s - i \cdot Z$$

$$V_R = 288675,13 - (795,74 \cdot 15,39)$$

$$V_R = 276421,1498 \text{ V}$$

- Setelah didapat tegangan teriman, maka persentase susut tegangan dapat dicari pada persamaan 3.7 sebagai berikut :

$$\% \Delta V = \frac{V_s - V_R}{V_R} \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = \frac{288675,13 - 276421,15}{276421,15} \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = \frac{12253,9848}{276421,1498} \times 100 \%$$

$$\% \Delta V = 4,4$$

4.3 ANALISIS PERHITUNGAN

Susut tegangan yang terbesar terjadi pada saluran transmisi Balaraja – Gandul pada tanggal 18 April 2017 susut tegangan untuk sirkit I dengan rata – rata 3,729 % dan untuk sirkit II dengan rata – rata sebesar 3,979 %.

V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis selama perhitungan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Hasil perhitungan susut tegangan pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi Balaraja – Gandul dengan 2 sirkit yang termasuk klasifikasi jarak kurang dari 80 km. Susut tegangan yang terbesar terjadi pada tanggal 18 April 2017 pada sirkit I dengan rata – rata 3,7 % atau dengan susut tegangan sebesar 18,5 kV dan untuk sirkit II dengan rata – rata sebesar 4 % atau dengan susut tegangan sebesar 20 kV. Pengaruh dari susut tegangan oleh besarnya arus dan impedansi pada kawat penghantar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hutahuruk, T. S. 1996. " Transmisi Daya Listrik". Erlangga. Jakarta.
2. Zuhail. 1988. "Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya". Jakarta.
3. Basri Hasan Ir. "Sistem Distribusi Daya Listrik". (Jakarta : ISTN. 1997).
4. Willian D. Stevenson, Jr. 1996. "Analisis Sistem Tenaga Listrik. Erlangga. Jakarta.

5. Metha, V. K. 1997. "Power System". S. Chand dan Ram Nagar. New Delhi
6. Sujatmiko, Hermawan. 2009. "Analisis Kerugian Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 KV". Vol. 1 No. 1, Juni 2009.
7. Herlambang, Dian Dwi. 2015. "Analisis Susut Tegangan Pada Sistem Jaringan Transmisi 500 Kv Region Jabar Pt. Pln (Persero) P3b Jawa – Bali". Vol. 1 No.1. Juni 2015.
8. Wahyudy, Firman Rachmat. 2013. "Analisa Drop Tegangan Menengah Pada Penyulang Pagentenan Di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Pamekasan. Vol.1 No. 1. July 2013.