

## 1 Impedansi Sistem

Impedansi sistem sangat mempengaruhi besarnya arus gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi pada suatu sistem. Sehingga perhitungan yang akurat tentang impedansi sistem yang akan diproteksi menjadi hal yang sangat penting.

### 1.1 Impedansi Saluran

Saluran yang digunakan untuk mentransmisikan daya listrik memiliki besaran resistansi dan impedansi yang mempengaruhi aliran arus listrik. Impedansi saluran ini memiliki nilai yang diperlukan untuk perhitungan drop tegangan, aliran daya, hubung singkat, serta rugi-rugi saluran.

Temperatur serta frekuensi merupakan dua hal utama yang mempengaruhi resistansi konduktor. Konduktor dengan suhu yang lebih tinggi akan menghasilkan resistansi yang lebih besar kepada arus yang mengalir. Medan magnet internal dari konduktor akan meningkat seiring dengan meningkatnya frekuensi. Arus akan lebih sulit untuk mengalir melalui inti konduktor pada frekuensi tinggi dikarenakan medan magnet yang berlawanan yang ditimbulkan oleh arus tersebut. Arus akan lebih mudah mengalir melalui tepi konduktor. Hal ini menyebabkan arus hanya dapat mengalir melalui area yang kecil pada konduktor atau dinamakan efek kulit (*skin effect*).

Resistansi saluran berubah seiring dengan bertambahnya temperatur konduktor tersebut. Persamaan dari keadaan ini adalah [1] :

$$R_{t_2} = R_{t_1} \frac{M+t_2}{M+t_1} \quad (2.1)$$

Di mana :

$R_{t_2}$  = resistansi pada temperatur  $t_2$  (pada °C)

$R_{t_1}$  = resistansi pada temperatur  $t_1$  (pada °C)

M = koefisien temperatur logam

228.1 untuk aluminium

241.5 untuk tembaga

#### 1.1.1 Impedansi Saluran Urutan Positif

Untuk menghitung Impedansi Saluran Urutan Positif untuk saluran udara digunakan persamaan Carson berikut [1] :

$$Z_1 = R_\phi + jk_1 \log_{10} \frac{GMD_\phi}{GMR_\phi} \quad (2.2)$$

Di mana :

- $R_\phi$  = resistansi fasa konduktor dalam  $\Omega$ /jarak  
 $k_1 = 0.2794 f / 60$  ( $\Omega$  /mi).  
 $0.0529 f / 60$  ( $\Omega$  /1000 ft).  
 $f$  = frequency (hertz).  
 $GMR_\phi$  = geometric mean radius dari konduktor (ft).  
 $GMD_\phi$  = geometric mean distance antar fasa konduktors (ft).  
 $GMD_\phi = \sqrt[3]{d_{AB}d_{BC}d_{CA}}$  untuk saluran tiga fasa.  
 $GMD_\phi = 1.26 d_{AB}$  untuk saluran tiga fasa dengan konfigurasi datar baik vertikal maupun horizontal, di mana  $d_{AB} = d_{BC} = 0.5d_{CA}$ .  
 $GMD_\phi = d_{AB}$  untuk saluran dua fasa.  
 $GMD_\phi = d_{AN}$  untuk saluran satu fasa.  
 $d_{ij}$  = jarak antara pusat konduktor i dengan pusat konduktor j (ft).

### 1.1.2 Perhitungan Impedansi Saluran Urutan Nol

Untuk menghitung Impedansi Saluran Urutan nol untuk saluran udara digunakan persamaan Carson berikut [5] :

$$Z_0 = R + 0.00296 f + j0.00869 f \log_{10} \frac{D_e}{\sqrt[3]{GMR_\phi \cdot GMD_\phi^2}} \quad (2.3)$$

Di mana :

- $R_\phi$  = resistansi fasa konduktor dalam  $\Omega$ /Km  
 $f$  = frequency (hertz).  
 $GMR_\phi$  = geometric mean radius dari konduktor.  
 $GMD_\phi$  = geometric mean distance antar fasa konduktors  
 $GMD_\phi = \sqrt[3]{d_{AB}d_{BC}d_{CA}}$  untuk saluran tiga fasa.  
 $GMD_\phi = 1.26 d_{AB}$  untuk saluran tiga fasa dengan konfigurasi datar baik vertikal maupun horizontal, di mana  $d_{AB} = d_{BC} = 0.5d_{CA}$ .  
 $GMD_\phi = d_{AB}$  untuk saluran dua fasa.  
 $GMD_\phi = d_{AN}$  untuk saluran satu fasa.  
 $d_{ij}$  = jarak antara pusat konduktor i dengan pusat konduktor j (ft).  
 $D_e$  = kedalaman ekivalen dari tanah (ft)  
 $= \sqrt{2160\rho/f}$  ;  $\rho$  = tahanan pentanahan ( $\Omega$ -m).

### 1.3 Impedansi Transformator

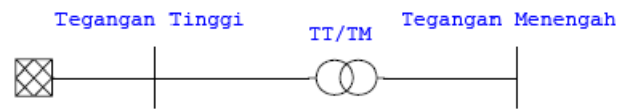
Impedansi urutan positif transformator sama dengan impedansi urutan negatifnya. Besar impedansi urutan positif transformator sama dengan impedansi bocor transformator yang terdapat pada *nameplate* transformator tersebut dalam besaran % p.u

Trafo daya yang digunakan pada GI Cimanggis adalah trafo daya dengan hubungan belitan Y – Y grounded sehingga besar impedansi urutan nolnya sebesar[6]

$$Z_{t0} = Z_t + 3 R_n. \quad (2.4)$$

#### 1.4 Impedansi Sumber

Untuk Menghitung besarnya impedansi sumber dapat digunakan nilai kapasitas daya hubung singkat yang telah dihitung oleh PLN pada jala – jala yang terhubung dengan GI mengingat jauhnya pusat pembangkitan serta kompleksnya jaringan distribusi. Di mana secara umum bentuk dari jaringan di Indonesia adalah sebagai berikut :



MVA<sub>sc</sub>

Gambar 2.1 Sistem distribusi

Sehingga Impedansi sumber adalah[8] :

$$Z_{s1} = \frac{E_{TT}^2 (kV)}{MVA_{sc}} \quad (2.5)$$

$$Z_{s2} = \frac{E_{TM}^2 (kV)}{MVA_{sc}}$$