

ABSTRAK

Sistem transmisi memegang peranan yang sangat penting dalam proses penyaluran daya. Oleh karena itu pengaman pada saluran transmisi perlu mendapat perhatian yang serius dalam perencanaannya. Hal ini yang membuat Perusahaan Listrik Negara selalu meningkatkan pelayanan baik dari penyediaan dan keandalan listrik bagi para konsumen.

Relai jarak merupakan relai yang paling banyak digunakan sebagai pengaman utama pada Saluran Udara Tegangan Tinggi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan dengan cepat dan penyetelannya yang relatif mudah sehingga relai jarak hanya bekerja untuk gangguan yang terjadi antara lokasi relai dan batas jangkauan yang telah ditentukan.

Sistem proteksi mempunyai fungsi untuk menjaga sistem tenaga listrik tetap stabil, dengan cara mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian sistem yang terganggu dari bagian lain yang masih dapat berjalan normal.

Dengan proteksi yang bagus khususnya pada relai jarak, maka transmisi tidak akan rusak dan kerusakan peralatan tidak dapat menyebar ke peralatan yang lain dikarenakan ada sebuah proteksi transmisi.

ABSTRACT

Transmission system plays a very important role in the process of power distribution. Therefore the security on the transmission line needs to receive considerable attention in the plan. This makes the state electricity company constantly improve both service and reliability of electricity supply to consumers.

Distance relay is used as a safety on a transmission line because of its ability to eliminate the disturbance quickly and tuning the relatively easy so that the distance relay only work for the disruption that occurred between the location of the relay and the predetermined range limit.

Protection system has the function to keep the power system remains stable, by identifying and separating the interference compromised system from other parts are still able to work normally.

With good protection, especially in distance relay, then the transmission will not be damaged and no equipment damage can spread to other devices because there is a transmission protection.

4.2. Data SUTT 150 kV

1. GI Bekasi – GI Pondok Kelapa

Saluran Transmisi 150 kV		
GI Bekasi – GI Pondok Kelapa		
ITEM	URAIAN	SATUAN
Jenis Penghantar	ZEBRA/ZE222	-
Luas Penampang	2 x 484.5	mm ²
R	0.0387	-
X	0.2807	
CCC	1620	A
Panjang	6.6	Km
CT _{ratio}	1600 / 1	-
PT _{ratio}	150.000 / 100	-

2. GI Pondok Kelapa - GI Miniatur

Saluran Transmisi 150kV		
GI Pondok Kelapa – GI Miniatur		
ITEM	URAIAN	SATUAN
Jenis Penghantar	Drake/DR222	-
R	0.0411	-
X	0.2812	-
Luas Penampang	2 x 468.5	mm ²
Bundel	1	-
CCC	1560	A
Panjang Penghantar	6.6	Km
Ctratio	1600/5	-
Ptratio	150.000/100	-

4.2.1. GI Bekasi – GI Pondok Kelapa

$$J := \sqrt{-1}$$

$$a := -0.5 + 0.5.j\sqrt{3}$$

$$k := \frac{2.\pi}{360}$$

Zebra 2 x 484.5 mm², CCC = 1.620 A

$$RL_{11} := 0.0387$$

$$XL_{11} := 0.2807 \frac{\Omega}{km}$$

$$L_1 := 6.6 \text{ km}$$

Impedansi Urutan Positif

$$\diamond ZL_{11} = (RL_{11} + j.XL_{11}).L_1$$

$$|ZL_{11}| = 1.870 \Omega$$

$$ZL_{11} = (0.0387 + j0.2807) \times 6.6$$

$$\theta_{ph1} := 82.15 \text{ deg}$$

$$= 0.2554 + j1.852 \Omega$$

Impedansi Urutan Nol

$$\bullet RL_{10} = 0.15 + RL_{11}$$

$$RL_{10} = 0.1887$$

$$= 0.15 + 0.0387$$

$$= 0.1887$$

$$\bullet XL_{10} = 3.XL_{11}$$

$$XL_{10} = 0.8421$$

$$= 3 \times 0.2807$$

$$= 0.8421$$

$$\diamond ZL_{10} = (RL_{10} + j.XL_{10}).L_1$$

$$|ZL_{10}| = 5.695 \Omega$$

$$= (0.1887 + j0.8421) \times 6.6$$

$$\theta_{N1} = 77.36 \text{ deg}$$

$$= 1.2454 + j5.55 \Omega$$

Data Impedansi Transmisi 150kV GI Bekasi – GI Pondok Kelapa

Urutan Impedansi	Uraian
Impedansi Urutan Positif	$(0.2554 + j1.852)pu$
Impedansi Urutan Negatif	$(0.2554 + j1.852)pu$
Impedansi Urutan Nol	$(1.2454 + j5.55)pu$

4.2.2. GI Pondok Kelapa – GI Miniatur

$$J := \sqrt{-1} \quad a := -0.5 + 0.5.j\sqrt{3} \quad k := \frac{2.\pi}{360}$$

Drake 2 x 468.5 mm², CCC = 1.560 A

$$RL21 = 0.0411 \quad XL21 = 0.2812 \frac{\Omega}{km} \quad L21 = 6.6 km$$

Impedansi Urutan Positif

$$ZL21 = (RL21 + j.XL21).L2 \quad |ZL21| = 1.8756$$

$$= (0.0411 + j0.2812) \times 6.6 \quad \angle ph1 = 81.68 \deg$$

$$= 0.2712 + j1.8559 \Omega$$

Impedansi Urutan Nol

- $$RL20 = 0.15 + RL21 \quad R20 = 0.1911$$

$$= 0.15 + 0.0411$$

$$= 0.1911$$

- $$XL20 = 3.XL21$$

$$= 3 \times 0.2812$$

$$= 0.8436$$
- $$ZL20 = (RL20 + j.XL20).L2$$

$$= (0.1911 + j0.8436) \times 6.6$$

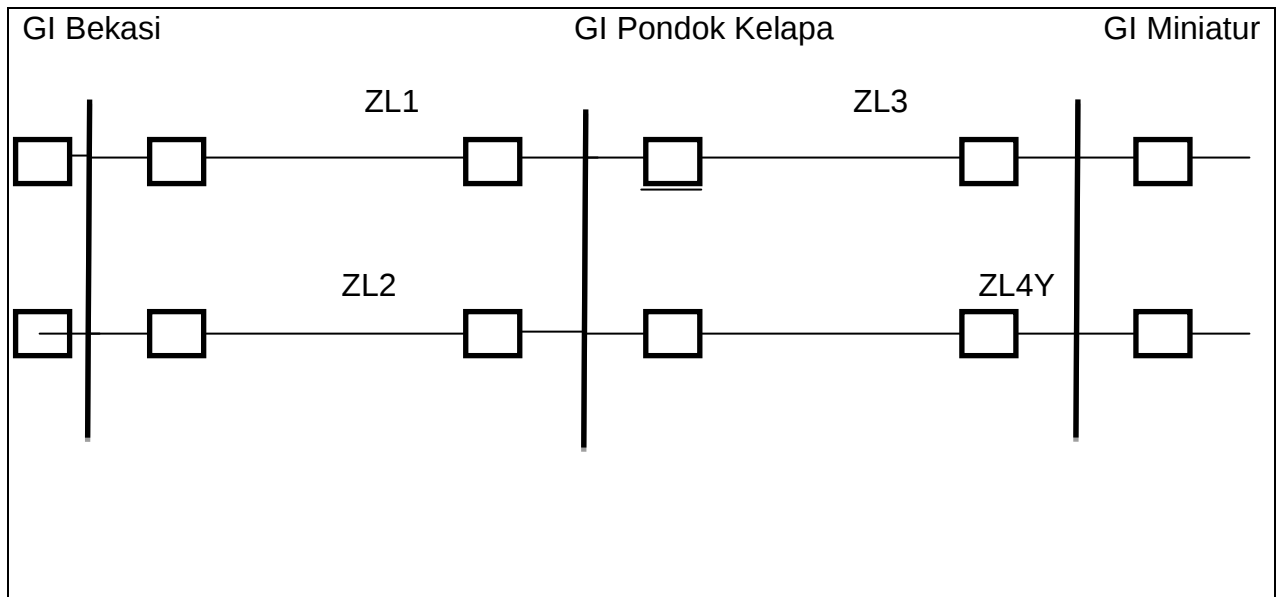
$$= 1.2612 + j5.5677 \Omega$$

$XL20 = 0.8436$
 $|ZL20| = 5.7088$
 $\theta N2 = 77.23 \text{ deg}$

Data Impedansi Transmisi 150kV GI Pondok Kelapa – GI Miniatur

Urutan Impedansi	Uraian
Impedansi Urutan Positif	$(0.2712 + j1.8559)pu$
Impedansi Urutan Negatif	$(0.2712 + j1.8559)pu$
Impedansi Urutan Nol	$(1.2612 + j5.5677)pu$

- Titik F1 dalam daerah – 1, disetel 80 % panjang saluran ganda GI Bekasi – GI Pondok Kelapa ($0.80 \times 6.6 = 5,28 \text{ km}$). Maka besar impedansi urutannya adalah sebagai berikut :



- $ZL1 - 1 = 6.6 \times (0.2554 + j1.852) = (1.6856 + j12.2232)\Omega$
- $ZL2Y - 1 = 0.2 \times 6.6 \times (0.2554 + j1.852) = (0.3371 + j2.4446)\Omega$
- $ZL2X - 1 = 1.32 \times (0.2554 + j1.852) = (0.2528 + j1.8334)\Omega$

Maka Impedansi pengganti urutan positifnya adalah

$$\begin{aligned}
 ZF1 - 1 &= \frac{(ZL1-1+ZL2Y-1) \times ZL2X-1}{ZL1-1+ZL2Y-1) + ZL2X-1} \\
 &= \frac{\{(1.6858+j12.2232) + (0.3371+j2.4446)\} \times 0.2528+j1.8334}{\{(1.6858+j12.2232) + (0.3371+j2.4446)\} + 0.2528+j1.8334} \\
 &= \frac{(2.0223+j4.6678) \times (0.2528+j1.8334)}{(2.0223+j4.6678) + (0.2528+j1.8334)} \\
 &= (0.2839 + j1.3370) \Omega
 \end{aligned}$$

$$\text{Daerah 1 Relai disetel } 80\% \times 6.6 = 5.28\text{km} \times \frac{(0.2554 + j1.852)\Omega}{\text{km}}$$

$$= (1.6856 + j12.2232) \Omega$$

Sedangkan impedansi yang dilihat Relai pada gangguan F1 adalah $(0.2839 + j1.3370) \Omega$.

Jadi, jangkauan Relai berkurang. Impedansi pengganti urutan negatifnya adalah :

$$Z_{F1-2} = Z_{F1-1} = (0.2839 + j1.3370) \Omega$$

Impedansi urutan nol :

$$Z_{L1-0} = 6.6 \times (0.2127 + j0.8514) = (1.4038 + j5.6192)\Omega$$

$$Z_{L2Y-0} = 0.2 \times 6.6 \times (0.2127 + j0.8514) = (1.5327 + j0.8514)\Omega$$

$$Z_{L2X-0} = 5.28 \times (0.2127 + j0.8514) = (1.1230 + j4.4953)\Omega$$

Maka impedansi pengganti urutan nolnya adalah

$$\begin{aligned} Z_{F1-0} &= \frac{(Z_{L1-0} + Z_{L2Y-0}) \times Z_{L2X-0}}{(Z_{L1-0} + Z_{L2Y-0}) + Z_{L2X-0}} \\ &= \frac{\{(1.4038 + j5.6192) + (1.5327 + j0.8514)\} \times (1.1230 + j4.4953)}{\{(1.4038 + j5.6192) + (1.5327 + j0.8514)\} + (1.1230 + j4.4953)} \\ &= \frac{(2.9365 + j6.4706) \times (1.1230 + j4.4953)}{(2.9365 + j6.4706) + (1.1230 + j4.4953)} \\ &= (0.8757 + j2.6760) \Omega \end{aligned}$$

- Titik F2 adalah daerah – 2, disetel 100% impedansi GI Bekasi – GI Pondok

Kelapa + 52% Impedansi GI Pondok Kelapa – GI Miniatur.

Maka impedansi urutannya adalah sebagai berikut :

$$ZL1 - 1 = 6.6 \times (0.2712 + j1.8559) = (1.7899 + j12.2489)\Omega$$

$$ZL2 - 1 = ZL1 - 1 = (1.7899 + j12.2489)\Omega$$

$$ZL3 - 1 = 6.6 \times (0.2712 + j1.8559) = (1.7899 + j12.2489)\Omega$$

$$ZL4Y - 1 = 3.4 \times (0.2712 + j1.8559) = (0.9220 + j6.31)\Omega$$

$$ZL4X - 1 = 3.2 \times (0.2712 + j1.8559) = (0.8678 + j5.9388)\Omega$$

Maka impedansi pengganti urutan positifnya adalah :

$$\begin{aligned} ZF12 - 1 &= \frac{ZL1 - 1 \times ZL2 - 1}{ZL1 - 1 + ZL2 - 1} = \frac{(1.7899 + j12.2489) \times (1.7899 + j12.2489)}{(1.7899 + j12.2489) + (1.7899 + j12.2489)} \\ &= (0.8949 + j6.1244) \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ZP34 - 1 &= \frac{(ZL3 - 1 + ZL4Y - 1) \times ZL4X - 1}{(ZL3 - 1 + ZL4Y - 1) + ZL4X - 1} \\ &= \frac{\{(1.7899 + j12.2489) + (0.9220 + j6.31)\} \times (0.8678 + j5.9388)}{\{(1.7899 + j12.2489) + (0.9220 + j6.31)\} + (0.8678 + j5.9388)} \\ &= \frac{(2.7119 + j18.5589) \times (0.8678 + j5.9388)}{(2.7119 + j18.5589) + (0.8678 + j5.9388)} \\ &= (0.6574 + j4.499) \Omega \end{aligned}$$

Maka :

$$ZF2 - 1 = ZP12 - 1 + ZP34 - 1$$

$$ZF2 - 1 = (0.8949 + j6.1244) + (0.6574 + j4.499)$$

$$= (1.5523 + j10.6234)$$

$$\text{Daerah 2 Relai disetel } 100\% \times 6.6\text{km} + 52\% \times 6.6 \text{ km} = 6.6\text{km} \times \frac{(0.2712 + j1.8559)}{\text{km}}$$

$$+ 5.28 \times (0.2712 + j1.8559)$$

$$= (1.7899 + j12.2489) + (0.9220 + j6.31)$$

$$= (2.7119 + j18.5589)\Omega$$

Sedangkan impedansi yang dilihat Relai pada gangguan F2 adalah $(1.5523 + j10.6234)$. Jadi Jangkauan Relai berkurang.

Impedansi pengganti urutan negatifnya :

$$ZF2 - 2 = ZF2 - 1 = (1.5523 + j10.6234)\Omega.$$

Impedansi urutan nol

$$ZL1 - 0 = (1.4038 + j5.6192)\Omega$$

$$ZL2 - 0 = ZL1 - 0 = (1.4038 + j5.6192)\Omega$$

$$ZL3 - 0 = 6.6 \times (0.2127 + j0.8514)$$

$$= (1.4038 + j5.6192)\Omega$$

$$ZL4Y - 0 = 5.28 \times (0.2127 + j0.8514)$$

$$= (1.1230 + j4.4953) \Omega$$

$$ZL4X - 0 = 1.32 \times (0.2127 + j0.8514)$$

$$= (0.2807 + j1.123) \Omega$$

Maka impedansi pengganti urutan nolnya :

$$ZP12 - 0 = \frac{ZL1-0 \times ZL2-0}{ZL1-0 + ZL2-0}$$

$$= \frac{(1.4038 + j5.6192) \times (1.4038 + j5.6192)}{(1.4038 + j5.6192) + (1.4038 + j5.6192)}$$

$$= (0.7019 + j2.8096) \Omega$$

$$ZP34 - 0 = \frac{(ZL3-0 + ZL4Y-0) \times ZL4X-0}{(ZL3-0 + ZL4Y-0) + ZL4X-0}$$

$$= \frac{\{(1.4038 + j5.6192) + (1.1230 + j4.4953)\} \times (0.2807 + j1.123)}{\{(1.4038 + j5.6192) + (1.1230 + j4.4953)\} + (0.2807 + j1.123)}$$

$$= \frac{(2.5268 + j10.1145) \times (0.2807 + j1.123)}{(2.5268 + j10.1145) + (0.2807 + j1.123)}$$

$$= (0.2526 + j1.010) \Omega$$

$$ZF2 - 0 = ZF12 - 0 + ZP34 - 0$$

$$= (0.7019 + j2.8096) + (0.2526 + j1.010)$$

$$= (0.9545 + j3.82) \Omega$$

- Titik F3 adalah zone – 3, disetel 100% impedansi GI Bekasi – GI Pondok

Kelapa + 60% impedansi GI Pondok Kelapa – GI Miniatur.

Maka besar impedansi urutannya adalah sebagai berikut :

$$ZL3 - 1 = (1.7899 + j12.2489)\Omega$$

$$ZL4Y - 1 = 5.28 \times (0.0627 + j0.2838) = (0.3310 + j1.4984)\Omega$$

$$ZL4X - 1 = 1.32 \times (0.0627 + j0.2838) = (0.0827 + j0.3746)\Omega$$

Maka impedansi pengganti urutan positifnya :

$$ZF12 - 1 = (0.8949 + j6.1244)\Omega$$

$$ZP34 - 1 = \frac{(ZL3-1+ZL4Y-1) \times ZL4X-1}{(ZL3-1+ZL4Y-1) + ZL4X-1}$$

$$= \frac{\{(1.7899 + j12.2489) + (0.3310 + j1.4984)\} \times (0.0827 + j0.3746)}{\{(1.7899 + j12.2489) + (0.3310 + j1.4984)\} + (0.0827 + j0.3746)}$$

$$= \frac{(2.1209 + j13.7473) \times (0.0827 + j0.3746)}{(2.1209 + j13.7473) + (0.0827 + j0.3746)}$$

$$= (0.0909 + j0.3704) \Omega$$

Maka :

$$FF31 - 1 = FP12 - 1 + FP34 - 1$$

$$FF3 - 1 = (0.8949 + j6.1244) + (0.0909 + j0.3704)$$

$$= (0.9858 + j6.4948) \Omega$$

$$\text{ZONE} - 3 \text{ Relai disetel } 100\% \times 6.6\text{km} + 60\% \times 6.6 = 6.6 \times \frac{(0.2554 + j1.852)}{\text{km}} +$$

$$3.96\text{km} \times (0.2712 + j1.8559)\Omega$$

$$= (2.7595 + j19.5725)\Omega \text{sedangkan impedansi yang dilihat Relai pada gangguan}$$

F3 adalah

$$(0.9858 + j6.4948)\Omega. \text{ Jadi jangkauan Relai berkurang.}$$