

## **Analisa Perencanaan Trafo Sisipan T.166 Pada Jaringan Distribusi T.92 di Ds. Selorejo Kecamatan Mojoagung Kabupaten Jombang**

<sup>1</sup>Rukslin, <sup>2</sup>Muhlasin, <sup>3</sup>Agus Raikhani, <sup>4</sup>Dwi Ajiatmo  
<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum, Jombang, Indonesia  
[rusklin@gmail.com](mailto:rusklin@gmail.com), [mohlasin.pascasarjana@gmail.com](mailto:mohlasin.pascasarjana@gmail.com),  
[agus.raikhani@gmail.com](mailto:agus.raikhani@gmail.com), [ajiatmo@gmail.com](mailto:ajiatmo@gmail.com),

### **ABSTRAK**

*Salah satunya yaitu standart mutu pelayanan terhadap tegangan yang diterima oleh pelanggan, yaitu rugi tegangan harus kurang dari 5%. Untuk memenuhi tuntutan tersebut, maka PLN harus mengetahui besarnya susut tegangan, faktor – faktor yang menyebabkan adanya susut tegangan. Dari perhitungan sebelum adanya trafo sisipan dan perbaikan sistem jaringan didapatkan perbedaan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan tegangan pada tiang ujung : Dari hasil perhitungan diatas diperoleh tegangan paling rendah pada tiang D05C06D02C11D02C09D04 ( 5 tiang arah barat, 6 tiang ke selatan, 2 tiang ke barat, 11 tiang ke selatan, 2 tiang ke barat, 9 tiang ke selatan dan 4 tiang ke barat) dengan tegangan ujung 182,5 Volt. Dari hasil perhitungan diatas pula kita bisa lihat trafo daya tambahan yang harus diberikan yaitu sebesar 100 kVA. Sehingga dapat dikatakan bahwa jaringan JTR Ds. Selorejo Kecamatan Mojoagung Kabupaten Jombang, jika dilihat dari sisi penyaluran ternyata susut tegangannya lebih dari 5%. Ada perbedaan antara hasil pengukuran (175 Volt) dan perhitungan (182,5 volt) hal ini dimungkinkan karena adanya penyambungan yang kurang baik, pentanahan yang kurang baik atau mungkin ada penggunaan energi listrik yang illegal. Setelah dipasang trafo sisipan T.166 tegangan akan merata dan mempunyai tegan yang baik, dengan tegangan ujung 217,1 Volt pada line D dan 203,0 Volt pada line B.*

*Kata kunci : Rugi Tegangan, Sistem Distribusi*

### **1. PENDAHULUAN**

Kebutuhan listrik mutlak dibutuhkan saat ini, maka dibutuhkan pula kesetabilan system, efisiensi dan keandalan penyaluran tenaga listrik. Hal-hal yang mempengaruhi kualitas energi listrik harus diperhatikan untuk dapat memberikan pelayanan secara maksimal guna kepuasan pelanggan atau konsumen antara lain: Kontinuitas Penyaluran, Keandalan dan Keamanan Jaringan, Stabilitas Tegangan dan frekuensi.

Stabilitas tegangan, keandalan dan kontinuitas merupakan hal yang harus selalu dikedepankan oleh PT. PLN dalam rangka pemenuhan pelayanan dan kepuasan konsumen/pelanggannya. Berkenaan dengan perluasan pelanggan di Kecamatan Perak Kabupaten Jombang, meningkat pula kebutuhan masyarakat terhadap energi listrik, sehingga kestabilan dan keandalan dari intalasi listrik perlu dijaga agar tegangan yang dikirim dari Gardu Induk (GI) sampai pada ujung pelanggan tidak terjadi kerugian terlalu besar (melebihi 5%) sebagaimana ketentuan dalam Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL).

## 2. KAJIAN LITERATUR

### 2.1. Rugi Tegangan

Pada dasarnya perhitungan yang berlaku pada sistem distribusi AC adalah mirip dengan perhitungan yang berlaku pada sistem distribusi DC. Namun demikian, ada beberapa perbedaan prinsip yang harus diperhatikan dan dipahami pada sistem AC antara lain: Perhitungan arus pada tiap seksi saluran AC merupakan jumlah vektor dari arus-arus beban yang penjumlahan hitungan aljabar biasanya seperti pada sistem DC. Jumlah arus dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan aljabar biasa, bila dinyatakan dalam notasi bilangan kompleks. Tiap beban bisa saja memiliki besar power factor yang berbeda dengan beban lain. Masing-masing besar power factor berkaitan dengan besar tegangan catu dayanya berdasarkan besaran vector. Pada sistem DC, sifat beban dikenal memiliki karakteristik resistif murni, dengan “Unity power factor “(Cos Q=1). Pada rangkaian AC, besarnya rugi tegangan tidak hanya bergantung pada besar resistensi murni R dari bebannya, tetapi juga bergantung pada besarnya reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif, yang sering diabaikan. [1]

Prinsip lain yang berlaku pada perhitungan dalam sistem distribusi AC adalah: Besarnya tegangan, arus dan impedansi, dinyatakan dalam bentuk bilangan kompleks, kemudian prosedur perhitungan sama seperti pada sistem distribusi DC. Besar arus beban (yang bervariasi), dipisahkan dalam bentuk komponen aktif dan reaktif. Selanjutnya besarnya rugi tegangan dalam komponen aktif ditentukan oleh besarnya resistansi, sedangkan rugi tegangan dalam komponen reaktif ditentukan oleh besar reaktansinya. Masing-masing besar rugi-rugi tegangan total, kedua hasil perhitungan tersebut dijumlahkan.[2]

Berdasarkan rangkaian ekuivalen saluran distribusi Gambar 2.1, jika ada arus yang mengalir melalui saluran distribusi maka akan terjadi penurunan tegangan sepanjang saluran. Dengan demikian tegangan pada pusat beban tidak sama besar dengan tegangan pengirim. Penurunan tegangan terdiri dari dua komponen :

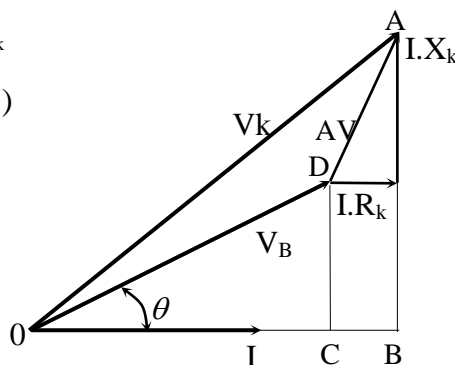
- a.  $I \cdot R_s$  yaitu rugi tegangan akibat tahanan saluran.
- b.  $I \cdot X_s$  yaitu rugi tegangan akibat reaktansi induktif saluran.

Sehingga kerugian tegangan saluran distribusi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta V = \bar{V}_k - \bar{V}_t \dots\dots\dots(2.1)$$

$$= IR_k + j IX_k$$

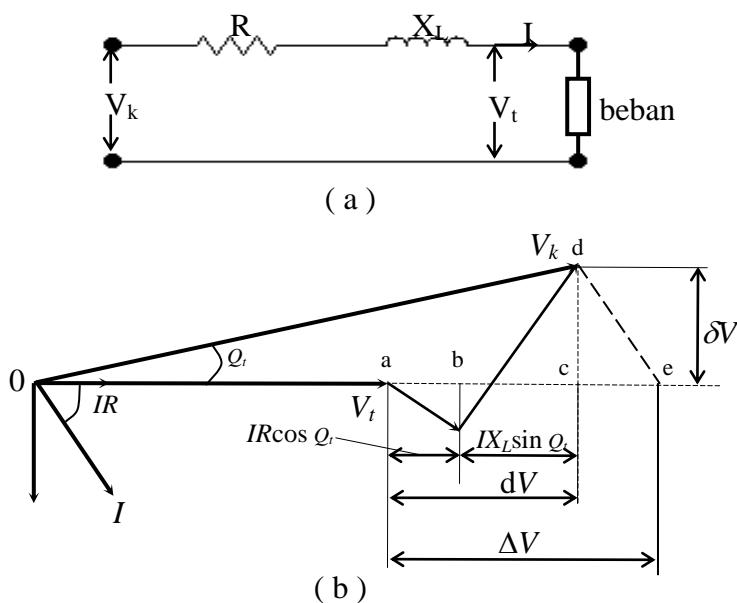
$$= I(R_k + j X_k)$$



Gambar 2.1 Vektor arus dan tegangan pada saluran distribusi

**2.2. Saluran Jarak Pendek**

Saluran udara yang kapasitansinya dapat diabaikan disebut “Saluran Pendek”. Secara umum hal tersebut diterapkan pada sistem yang tegangannya sampai 66 kV dan panjangnya mencapai 50 miles (80,5 km). Oleh, sebab itu rangkaian ekivalennya terdiri dari tahanan dan reaktansi yang tersambung seri seperti yang terlihat pada Gambar 3.2



Gambar 2.2. Saluran Distribusi jarak-pendek  
 a). Rangkaian ekivalen saluran distribusi jarak pendek  
 b). Pasor diagram rangkaian akivalen

Rugi tegangan pada sistem distribusi mencakup Rugi-tegangan pada :

- a. Penyulang Tegangan Menengah (T.M)
- b. Tranformator Distribusi
- c. Penyulang Jaringan Tegangan Rendah (J.T.R)
- d. Instalasi rumah.

Sesuai dengan definisi, rugi-tegangan adalah :

$$\Delta V = |V_k| - |V_t| \dots\dots\dots(2.2)$$

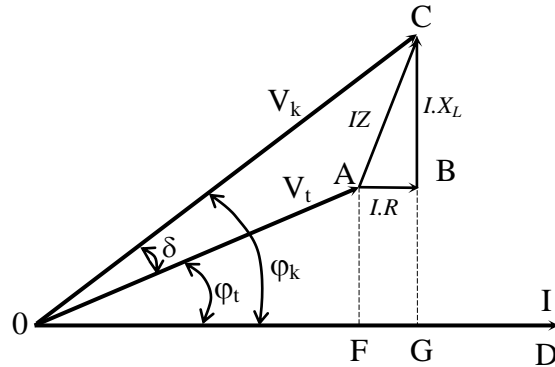
dimana :  $V_k$  = nilai mutlak tegangan ujung-kirim,  $V_t$  = nilai mutlak tegangan ujung-terima. Jadi  $\Delta V$  merupakan perbedaan secara ilmu hitung antara tegangan-pengirim dan tegangan-penerima[3].

Sebagai dasar dalam menghitung  $\Delta V$ , di misalkan suatu sirkuit fasa-tunggal dua kawat, dimana tahanan dan reaktansinya masing-masing dinyatakan dengan R dan  $X_L$  dan pada ujung saluran terdapat suatu beban lihat Gambar 2.1a.

**2.3. Tegangan Ujung Pengirim**

Diagram pasor dari Gambar 2.2 untuk faktor daya yang tertinggal, digambarkan kembali dengan arus I dibuat mendatar, seperti yang terlihat pada Gambar 2.3. Tegangan ujung penerima  $V_t$ , dibuat konstan dan merupakan pasor acuan, dimana OA =  $V_t$ , untuk arus beban I yang tertinggal terhadap  $V_t$ , sebesar sudut  $\phi_t$ . Jatuh tegangan pada tahanan-saluran =  $I \times R$  dan dinyatakan pada Gambar 2.3 Sebagai AB yang sefasa dengan arus I, dan karenanya sejajar dengan OD. Jatuh tegangan pada reaktansi saluran

=  $I \times X_L$ , jatuh tegangan reaktif ini dinyatakan oleh BC pada Gambar 2.3. Jatuh tegangan induktif ini mendahului  $90^\circ$  terhadap arus, oleh sebab itu BC tegak-lurus terhadap OD. Rugi tegangan impedansi IZ adalah penjumlahan pasor jatuh-tegangan tahanan dan jatuh-tegangan induktif, pada Gambar 2.3 dinyatakan oleh AC.



Gambar 2.3 Diagram pasor dari gambar 2.2 untuk faktor daya tertinggal

Tegangan-ujung pengirim  $V_k$  diatur sedemikian rupa agar tegangan-ujung penerima  $V_t$  dijaga konstan. Tegangan-ujung-pengirim  $V_k$ . Dinyatakan oleh OC. Arus  $I = OD$  tertinggal sebesar sudut  $\varphi_k$  terhadap  $V_k$ . Oleh sebab itu  $\varphi_t$  merupakan factor-daya beban diukur pada tegangan-ujung-pengirim. Dalam Gambar 2.3,  $\delta$  adalah beda fasa antara kedua ujung saluran. Besaran dari  $V_k$ , dapat dicari segi-tiga OGC, sebagai berikut :

$$(OC)^2 = (OG)^2 + (GC)^2 = (OF + FG)^2 + (GB + BC)^2$$

$$V_k^2 = (V_t \cos\varphi_t + IR)^2 + (V_t \sin\varphi_t + IX_L)^2$$

Jadi tegangan ujung-pengirim adalah :

$$V_k = [ (V_t \cos\varphi_t + IR)^2 + (V_t \sin\varphi_t + IX_L)^2 ]^{1/2} \dots\dots\dots(2.3)$$

dapat juga ditulis bentuk lain, yaitu :

$$V_k = V_t [ (\cos\varphi_t + \frac{IR}{V_t})^2 + (\sin\varphi_t + \frac{IX_L}{V_t})^2 ]^{1/2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Faktor-daya dari beban diukur pada tegangan-ujung pengirim adalah :

$$\cos\varphi_k = \frac{OG}{OC} = \frac{OF + FG}{OC} = \frac{V_t \cos\varphi_t + IR}{V_k} \dots\dots\dots(2.5)$$

**Alternatif lain untuk menentukan  $V_k$**

Perhatikan Gambar 2.2b. yang merupakan pasor diagram dari Gambar 2.2a, sekarang dicari persamaan yang berkaitan dengan  $V_k$ ,  $V_t$  dan  $\delta V$ , persamaan itu adalah:

$$V_k^2 = (V_t + dV)^2 + \delta V^2$$

$$V_k^2 = (V_t + I.R \cos\varphi_t + I.X_L \sin\varphi_t)^2 + (I.X_L \cos\varphi_t - I.R \sin\varphi_t)^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Bila beban fasa tunggal, daya-aktif beban (P) dan daya reaktif beban (Q) diketahui, besar arusnya  $I = \frac{P}{V_t \cos\varphi_t}$  atau  $I = \frac{Q}{V_t \sin\varphi_t}$ , maka  $V_k$  dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$V_k^2 = \left( V_t + \frac{R.P}{V_t} + \frac{X_L.Q}{V_t} \right)^2 + \left( \frac{X_L.P}{V_t} - \frac{R.Q}{V_t} \right)^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana : 
$$dV = \frac{R.P}{V_t} + \frac{X_L.Q}{V_t} \dots\dots\dots(2.8)$$

dan 
$$\delta V = \frac{X_L.P}{V_t} - \frac{R.Q}{V_t} \dots\dots\dots(2.9)$$

Selanjutnya perhatikan Gambar 2.2b

$$\tan \delta = \frac{cd}{od} = \frac{\delta V}{V_t + dV} = \frac{IX_L \cos \phi_t - IR \sin \phi_t}{V_t + IR \cos \phi_t + IX_L \sin \phi_t} \dots\dots\dots(2.10)$$

dari sini dapat diketahui  $\phi_k = \phi_t + \delta$ , jadi faktor-daya beban diukur pada tegangan ujung pengirim adalah :  $\cos \phi_k = \cos(\phi_k + \delta) \dots\dots\dots(2.11)$

**3. PERHITUNGAN RUGI TEGANGAN**

**a. Secara Eksak**

Dari persamaan (2.4) maupun (2.7), dapat diketahui besarnya tegangan ujung-pengirim  $V_k$  secara eksak kemudian rugi-tegangan  $\Delta V$  dihitung berdasarkan persamaan (2.2)

**b. Secara pendekatan**

Perhatikan Gambar 2.2b yang merupakan pasor diagram dari Gambar 2.2a, dengan titik O sebagai titik pusat dari lingkaran dengan jari-jari  $Od = V_k$  dibuat lingkaran, sehingga memotong perpanjangan  $V_t$  pada titik e, jadi :

$$V_k = Oe = Oa + ac + ce,$$

Oleh karena  $ce \ll V_k$ ;  $ce$  dapat diabaikan, sehingga  $V_k \approx Oa + ac$

Selanjutnya,  $Oa = V_t$ ;  $ac = ab + bc$  dimana  $ab = IR \cos \phi_t$  dan  $bc = IX_L \sin \phi_t$ , sehingga:

$$Ac = dV = IR \cos \phi_t + IX_L \sin \phi_t$$

Selanjutnya  $V_k$  dapat ditulis dalam bentuk :

$$V_k \approx V_t + dV \approx V_t + IR \cos \phi_t + IX_L \sin \phi_t, \text{ atau}$$

$$V_k - V_t \approx IR \cos \phi_t + IX_L \sin \phi_t$$

Sesuai dengan definisi  $\Delta V = |V_k| - |V_t|$ , maka didapat :

$$\Delta V \cong IR \cos \phi_t + IX_L \sin \phi_t \dots\dots\dots(3.1)$$

Jatuh tegangan secara pendekatan dapat juga dinyatakan dalam daya-aktif beban (P) dan daya-reaktif beban (Q) tertentu, dari Gambar 2.2 didapat :

$$V_k^2 = (V_t + dV)^2 + \delta V^2$$

jika  $\delta V \ll V_t + dV$ ; maka  $\delta V$  dapat diabaikan, sehingga persamaan diatas menjadi

$$V_k^2 \cong (V_t + dV)^2$$

$$V_k^2 \cong \left( V_t + \frac{RP + X_L Q}{V_t} \right)^2$$

$$V_k - V_t \cong \frac{RP + X_L Q}{V_t}$$

Sesuai dengan definisi  $\Delta V = |V_k| - |V_t|$ , maka didapat

$$\Delta V \cong \frac{RP + X_L Q}{V_t} \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan demikian secara ilmu hitung perbedaan tegangan-kirim dan tegangan terima ( $\Delta V$ ) secara pendekatan dapat dinyatakan oleh :

$$\frac{RP + X_L Q}{V_t}$$

### 3.1. Rugi Tegangan Dalam Prosen

Jatuh tegangan dalam prosen, menurut definisi adalah :

$$\left(\frac{\Delta V}{V_t}\right)\% = \frac{|V_k| - |V_t|}{V_t} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

$V_t$  biasanya diambil tegangan sistem yang bersangkutan, dalam hal ini  $V_f$  merupakan tegangan fasa sistem, Jadi persamaan (3.4) biasa ditulis dalam bentuk:

$$\left(\frac{\Delta V}{V_f}\right)\% = \frac{\Delta V}{V_f} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

Menurut persamaan (3.2)  $\Delta V = |V_k| - |V_t| \cong IR \cos \phi_t + IX_L \sin \phi_t$  sehingga persamaan (3.5) dapat ditulis sebagai :

$$\left(\frac{\Delta V}{V_f}\right)\% = (\Delta V)\% \cong \frac{IR \cos \phi_t + IX_L \sin \phi_t}{V_f} \times 100\% , \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana,  $V_f$  adalah tegangan-fasa nominal atau tegangan pengenal dari sistem yang bersangkutan. Persamaan (3.6), dapat juga dibuat dalam bentuk lain, yang mengandung daya aktif P dan daya reaktif Q dari beban yang bersangkutan. Dengan memperhatikan persamaan (3.3), dimana  $\Delta V \approx \frac{RP + X_L Q}{V_t}$ , maka jatuh-tegangan dalam prosen menjadi :

$$\left(\frac{\Delta V}{V_f}\right)\% = (\Delta V)\% \cong \frac{RP + X_L Q}{V_t^2} \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

dimana : P = daya aktif, dalam MW, Q = daya reaktif, dalam MVAR,  $V_f = V_t$  tegangan fasa, dalam kV. Persamaan (3.6) atau (3.7) merupakan rumus-dasar dalam menghitung rugi-tegangan secara pendekatan[4]

### 3.2. Perhitungan Rugi Tegangan Pada Saluran Tegangan Rendah

Untuk menyederhanakan perhitungan, diasumsikan beban-bebannya merupakan beban fasa-tiga yang seimbang dan faktor dayanya  $\cos \phi = 0,9$ .

Jatuh tegangan secara pendekatan dapat dihitung berdasarkan hubungan :

$$(\Delta V) = I(R \cos \phi + X \sin \phi) \text{ volt}$$

dimana I dalam ampere, R dan X dalam ohm. Untuk sistem fasa tiga, besar arus fasanya adalah :

$$I = \frac{10^3 \times S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{10^3 \times P}{\sqrt{3} \times V \cos \phi} \text{ ampere}$$

Dimana S dalam kVA dan P dalam kW, maka : ( $\Delta V$ )

$$\Delta V = \frac{10^3 \times S}{\sqrt{3} \times V \cos \phi} (R \cos \phi + X \sin \phi) \text{ volt}$$

dimana P dalam kW, V dalam volt, R dan X dalam ohm, jatuh tegangan dalam prosen, adalah :

$$\left(\frac{\Delta V}{V_f}\right)\% = \frac{10^3 \times P}{\sqrt{3} \times V \times V_f \times \cos \varphi} (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \times 100\%$$

atau 
$$(\Delta V)\% = \frac{10^3 \times 100 \times P \times L}{V^2 \cos \varphi} (r \cos \varphi + x \sin \varphi) \times 100\%$$

dimana  $R = L \cdot r$  ohm;  $X = L \cdot x$  ohm,  $Z$  dalam meter,  $r =$  ohm per meter,  $x =$  ohm per meter. Sebagaimana diketahui tahanan/resistensi  $r = \frac{1}{p \times q}$  ohm/meter, maka jatuh tegangan dalam prosen dapat ditulis :

$$(\Delta V)\% = \frac{10^3 \times 100 \times P \times L \times r}{V^2 \cos \varphi} (\cos \varphi + \frac{x}{r} \sin \varphi) \times 100\%$$

$$(\Delta V)\% = \frac{10^3 \times 100 \times P \times L}{p \times q \times V^2} (1 + \frac{x}{r} \tan \varphi) \times 100\%$$

dimana  $L$  adalah jarak antara beban sampai sumber.

Atau : 
$$(\Delta V)\% = (P \times L) \mathcal{G} \times 10^{-4}$$

Dimana : 
$$\mathcal{G} = \frac{10^5}{p \times q \times V^2} (1 + \frac{x}{r} \tan \varphi) = \mathcal{G} \cdot 10^{-4}$$

$P$  = dalam kW,  $V$  = dalam Volt,  $L$  = dalam meter,  $q$  = penampang penghantar dalam  $mm^2$ ,  $g$  = daya hantar jenis dalam mho-meter per  $mm^2$ ,  $r$  = tahanan dalam ohm per fasa per km,  $x$  = reaktansi dalam ohm per fasa per km[4]

### 3.2.1. Dalam system arus AC 1 phasa

Rugi tegangan dalam prosen

$$\Delta U = \frac{200 \cdot L \cdot U}{E^2 \cdot q \cdot \lambda} \quad (\%) \quad \text{dan} \quad q = \frac{200 \cdot L \cdot U}{E^2 \cdot \Delta U \cdot \lambda} \quad (mm^2)$$

Rugi tegangan dalam volt

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot U}{\lambda \cdot q \cdot E} \quad (\text{Volt}) \quad \text{dan} \quad q = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\lambda \cdot \Delta V} \quad (mm^2) \quad \text{atau} \quad q = \frac{2 \cdot L \cdot U}{E \cdot \lambda \cdot \Delta V}$$

Dimana :  $P$  = Beban dalam Watt,  $f$  = Tegangan antar 2 saluran ( fasa – netral),  $q$  = Penampang saluran (  $mm^2$  ),  $E$  = Tegangan Sumber (Volt),  $\Delta V$  = Rugi tegangan (Volt),  $U$  = Daya beban (Watt),  $\Delta U$  = Rugi tegangan dalam %,  $L$  = Panjang Rute saluran,  $\lambda$  = Daya hantar jenis tembaga = 56, besi = 7, aluminium = 32,7,  $I$  = Arus Beban (Ampere)[5]

### 3.2.2. Dalam system arus AC 3 phasa

Jika yang diketahui Arus (  $I$  ), bisa juga menggunakan rumus :

$$\Delta V = \frac{1,73 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\lambda \cdot q} \quad (\text{Volt}) \quad \text{atau} \quad q = \frac{1,73 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\Delta V} \quad (mm^2)$$

Jika yang diketahui Beban ( Watt ), bisa juga menggunakan rumus :

$$\Delta V = \frac{L \cdot U}{\lambda \cdot q \cdot E} \quad (\text{Volt}) \quad \text{atau} \quad q = \frac{L \cdot U}{\lambda \cdot \Delta V \cdot E} \quad (mm^2)$$

Dimana:  $P$  = Beban dalam Watt,  $f$  = Tegangan antar 2 saluran ( fasa – netral),  $q$  = Penampang saluran (  $mm^2$  ),  $\Delta V$  = Rugi tegangan (Volt),  $E$  = Tegangan Sumber

(Volt),  $\Delta U$  = Rugi tegangan dalam %,  $U$  = Daya beban (Watt),  $L$  = Panjang Rute saluran,  $\lambda$  = Daya hantar jenis tembaga = 56, besi = 7, aluminium = 32,7,  $I$  = Arus Beban (Ampere)

**4. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**4.1. JTR Desa Selorejo Kec. Mojoagung Kab. Jombang Pada Trafo HL.017**

Pada JTR Desa Selorejo kecamatan Mojoagung terdapat dua sisi (sisi kanan dan sisi kiri), dalam pembahasan ini akan dianalisa susut tegangan pada sisi kanan dan sisi kiri tiap tiap tiang sampai tiang pelanggan paling ujung. Dari analisa diharapkan diperoleh data hasil analisa susut tegangan tiap-tiap titik tiang. Untuk menghitung susut tegangan dalam prosen, didasarkan rumus :

$(\Delta V)\% = P \times L \times \rho \times 10^{-4}\%$  dimana:  $P$  = dalam kW;  $V$  = dalam Volt;  $\Delta V$  = dalam % ;  $L$  = dalam meter. Data Beban dan bentuk jaringan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1

Tabel 4.1 Data Beban Tiap Tiang Sebelum Sisipan

Titik	No. Tiang	Jarak antar Tiang (m)	kWh Terpasang			Daya Beban Puncak (kW)
			Jml Plngn	Arus (A)	Daya (VA)	
	Trafo 92 (sumber)					
<b>Lyne D</b>						
1	D00	6	8	16	3,600	2.880
2	D01	26	9	18	4,050	3.240
3	D02	32	6	12	2,700	2.160
4	D03	48	8	16	3,600	2.880
5	D04	30	8	16	3,600	2.880
6	D05	34	12	25	5,400	4.320
7	D05C01	24	7	14	3,150	2.520
8	D05C02	38	6	12	2,700	2.160
9	D05C03	43	8	16	3,600	2.880
10	D05C04	40	6	12	2,700	2.160
11	D05C05	40	10	20	4,500	3.600
12	D05C06	45	5	10	2,250	1.800
13	D05C06D01	43	8	16	3,600	2.880
14	D05C06D02	46	9	18	4,050	3.240
15	D05C06D02C01	39	10	20	4,500	3.600
16	D05C06D02C02	43	8	16	3,600	2.880
17	D05C06D02C03	33	7	14	3,150	2.520
18	D05C06D02C04	37	6	12	2,700	2.160
19	D05C06D02C05	39	8	16	3,600	2.880
20	D05C06D02C05B01	42	6	12	2,700	2.160
21	D05C06D02C06	39	8	16	3,600	2.880
22	D05C06D02C07	50	5	10	2,250	1.800
23	D05C06D02C08	40	6	12	2,700	2.160
24	D05C06D02C09	35	9	18	4,050	3.240
25	D05C06D02C10	40	7	14	3,150	2.520
26	D05C06D02C10B01	38	6	12	2,700	2.160
27	D05C06D02C10B02	43	8	16	3,600	2.880
28	D05C06D02C10B03	39	6	12	2,700	2.160



29	D05C06D02C11	38	12	25	5,400	4.320
30	D05C06D02C11D01	30	10	20	4,500	3.600
31	D05C06D02C11D02	36	7	14	3,150	2.520
32	D05C06D02C11D02C01	40	9	18	4,050	3.240
33	D05C06D02C11D02C02	42	10	20	4,500	3.600
34	D05C06D02C11D02C03	36	7	14	3,150	2.520
35	D05C06D02C11D02C04	37	6	40	2,700	2.160
36	D05C06D02C11D02C05	45	9	18	4,050	3.240
37	D05C06D02C11D02C06	68	6	12	2,700	2.160
38	D05C06D02C11D02C07	47	8	16	3,600	2.880
39	D05C06D02C11D02C08	52	5	10	2,250	1.800
40	D05C06D02C11D02C09	36	7	14	3,150	2.520
41	D05C06D02C11D02C09D01	37	9	18	4,050	3.240
42	D05C06D02C11D02C09D02	48	6	12	2,700	2.160
43	D05C06D02C11D02C09D03	39	5	10	2,250	1.800
44	D05C06D02C11D02C09D04	38	7	14	3,150	2.520
45	D05C06D02C10B04	30	6	12	2,700	2.160
46	D05C06D02C10B05	36	8	16	3,600	2.880
47	D05C06D02C10B06	40	6	12	2,700	2.160
48	D05C06D02C10B07	42	9	18	4,050	3.240
49	D05C06D02C10B08	36	5	10	2,250	1.800
50	D05C06D02C10B08C01	37	8	16	3,600	2.880
51	D05C06D02C10B08C02	45	7	14	3,150	2.520
52	D05C06D02C10B08C02B01	68	6	12	2,700	2.160
53	D05C06D02C10B08C02B02	47	8	16	3,600	2.880
54	D05C06D02C10B09	52	6	12	2,700	2.160
55	D05C06D02C10B10	36	8	16	3,600	2.880
56	D05C06D02C10B11	37	6	12	2,700	2.160
57	D05C06D02C10B11C01	48	8	16	3,600	2.880
58	D06	48	8	16	3,600	2.880
59	D07	47	6	12	2,700	2.160
60	D08	48	10	20	4,500	3.600
61	D09	48	6	12	2,700	2.160
62	D10	48	8	16	3,600	2.880
63	D11	48	6	12	2,700	2.160
64	D12	49	8	16	3,600	2.880
65	D13	49	9	18	4,050	3.240
66	D14	50	10	20	4,500	3.600
67	D15	49	7	14	3,150	2.520
68	D16	50	8	16	3,600	2.880
			510	1071	29,500	183.600
<b>Lyne B</b>						
	Trafo 92 (sumber)					
1	B00	6	9	18	4,050	3.240
2	B01	26	8	16	3,600	2.880
3	B02	26	10	20	4,500	3.600
4	B03	38	10	20	4,500	3.600
5	B04	42	6	12	2,700	2.160
6	B05	33	10	20	4,500	3.600
7	B06	34	14	29	6,300	5.040

8	B06C01	32	8	33	7,200	5.760
9	B06C02	38	9	18	4,050	3.240
10	B06C03	42	13	27	5,850	4.680
11	B06C03B01	48	10	20	4,500	3.600
12	B07	27	9	18	4,050	3.240
13	B08	28	10	20	4,500	3.600
14	B09	30	8	16	3,600	2.880
15	B10	35	12	25	5,400	4.320
	Jumlah		146	315	69,300	55.440

Kabel yang digunakan AAAC 70 mm<sup>2</sup> dengan nilai reaktansi dan impedansi seperti pada table 4.2:

Tabel 4.2 Daftar nilai reaktansi dan impedansi dari penghantar AAAC ;  $\rho^*$

Penampang Kawat Al (mm <sup>2</sup> )	16	25	35	50	70	95	120
r(ohm/km)	2,0161	1,2963	0,9217	0,6452	0,4608	0,3396	0,2688
x(ohm/km)	0,4036	0,3895	0,3790	0,3678	0,3572	0,3449	0,3376
z(ohm/km)	2,0561	1,3535	0,9965	0,7428	0,5830	0,4840	0,4315
x/r	0,2002	0,3004	0,4112	0,5701	0,7752	1,0156	1,2560
$\rho^*$	10,1012	6,7567	5,048	3,760	2,8947	2,3134	1,9740

#### 4.2. Susut Tegangan Yang terjadi pada JTR Ds. Selorejo dalam prosen.

Susut tegangan dalam prosen, didasarkan rumus :

$$(\Delta V)\% = P \times L \times \rho^* \times 10^{-4}\%$$

dimana : P = dalam kW, V = dalam Volt,  $\Delta V$  = dalam %, L = dalam meter. Dan tegangan pada tiang berikutnya :

$$V_t = V - ((\Delta V \times V)/100)$$

Nilai  $\rho^*$  = (2,8947) dapat dilihat pada tabel 4.2. maka jatuh/susut tegangan dapat dihitung dengan Microsoft Excel pada Microsoft dengan mengasumsikan beban seimbang dan pemakaian beban didasarkan pengukuran pada saat beban puncak, sedangkan perkiraan pembebanan tiap tiang didasarkan pada jumlah daya terpasang pada asumsi jumlah pemakaian pada saat beban puncak, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Titik	No. Tiang	Jarak antar Tiang	Daya Beban (kW)	Total Daya di Tiang (kW)	Susut Tegangan (%)	Tegangan di Tiang
	Trafo 92 (sumber)					220
<b>Lyne D</b>						
1	D00	6	2.880	115.560	0.201	219.6
2	D01	26	3.240	112.680	0.848	217.7
3	D02	32	2.160	109.440	1.014	215.5
4	D03	48	2.880	107.280	0.040	215.4
5	D04	30	2.880	104.400	0.907	213.5
6	D05	34	4.320	101.520	0.999	211.3
7	D05C01	24	2.520	97.200	0.675	209.9
8	D05C02	38	2.160	94.680	1.041	207.7

9	D05C03	43	2.880	92.520	1.152	205.3
10	D05C04	40	2.160	74.880	0.867	203.5
11	D05C05	40	3.600	72.720	0.842	201.8
12	D05C06	45	1.800	69.120	0.900	200.0
13	D05C06D01	43	2.880	67.320	0.838	198.3
14	D05C06D02	46	3.240	64.440	0.858	196.6
15	D05C06D02C01	39	3.600	61.200	0.691	195.3
16	D05C06D02C02	43	2.880	57.600	0.717	193.9
17	D05C06D02C03	33	2.520	54.720	0.523	192.9
18	D05C06D02C04	37	2.160	52.200	0.559	191.8
19	D05C06D02C05	39	2.880	50.040	0.565	190.7
20	D05C06D02C05B01	42	2.160	47.160	0.573	189.6
21	D05C06D02C06	39	2.880	45.000	0.508	188.6
22	D05C06D02C07	50	1.800	42.120	0.610	187.5
23	D05C06D02C08	40	2.160	40.320	0.467	186.6
24	D05C06D02C09	35	3.240	38.160	0.387	185.9
25	D05C06D02C10	40	2.520	34.920	0.404	185.1
26	D05C06D02C10B01	38	2.160	2.160	0.024	185.1
27	D05C06D02C10B02	43	2.880	2.880	0.036	185.0
28	D05C06D02C10B03	39	2.160	2.160	0.024	185.0
29	D05C06D02C11	38	4.320	4.320	0.048	184.9
30	D05C06D02C11D01	30	3.600	20.880	0.181	184.8
31	D05C06D02C11D02	36	2.520	14.040	0.146	184.5
32	D05C06D02C11D02C01	40	3.240	11.520	0.133	184.3
33	D05C06D02C11D02C02	42	3.600	3.600	0.044	184.2
34	D05C06D02C11D02C03	36	2.520	2.520	0.026	184.2
35	D05C06D02C11D02C04	37	2.160	2.160	0.023	184.1
36	D05C06D02C11D02C05	45	3.240	3.240	0.042	184.0
37	D05C06D02C11D02C06	68	2.160	14.760	0.291	183.5
38	D05C06D02C11D02C07	47	2.880	12.600	0.171	183.2
39	D05C06D02C11D02C08	52	1.800	9.720	0.146	182.9
40	D05C06D02C11D02C09	36	2.520	7.920	0.083	182.8
41	D05C06D02C11D02C09D01	37	3.240	5.400	0.058	182.7
42	D05C06D02C11D02C09D02	48	2.160	2.160	0.030	182.6
43	D05C06D02C11D02C09D03	39	1.800	1.800	0.020	182.6
44	D05C06D02C11D02C09D04	38	2.520	2.520	0.028	182.5
45	D05C06D02C10B04	30	2.160	2.160	0.019	184.9
46	D05C06D02C10B05	36	2.880	2.880	0.030	184.9
47	D05C06D02C10B06	40	2.160	2.160	0.025	184.8
48	D05C06D02C10B07	42	3.240	3.240	0.039	184.8
49	D05C06D02C10B08	36	1.800	1.800	0.019	184.7
50	D05C06D02C10B08C01	37	2.880	2.880	0.031	184.7
51	D05C06D02C10B08C02	45	2.520	2.520	0.033	184.6
52	D05C06D02C10B08C02B01	68	2.160	2.160	0.043	184.5
53	D05C06D02C10B08C02B02	47	2.880	2.880	0.039	184.5
54	D05C06D02C10B09	52	2.160	2.160	0.033	184.7
55	D05C06D02C10B10	36	2.880	2.880	0.030	184.6
56	D05C06D02C10B11	37	2.160	2.160	0.023	184.6
57	D05C06D02C10B11C01	48	2.880	2.880	0.040	184.5
58	D06	48	2.880	2.880	0.040	211.2

59	D07	47	2.160	2.160	0.029	211.2
60	D08	48	3.600	3.600	0.050	211.1
61	D09	48	2.160	2.160	0.030	211.0
62	D10	48	2.880	2.880	0.040	210.9
63	D11	48	2.160	2.160	0.030	210.9
64	D12	49	2.880	2.880	0.041	210.8
65	D13	49	3.240	3.240	0.046	210.7
66	D14	50	3.600	3.600	0.052	210.6
67	D15	49	2.520	2.520	0.036	210.5
68	D16	50	2.880	2.880	0.042	210.4
	Jumlah		183.600	1892.880	19.579	
<b>Lyne B</b>						
	Trafo 92 (sumber)					220
1	B00	6	3.240	55.440	0.096	219.8
2	B01	26	2.880	52.200	0.393	218.9
3	B02	26	3.600	49.320	0.371	218.1
4	B03	38	3.600	45.720	0.503	217.0
5	B04	42	2.160	42.120	0.512	215.9
6	B05	33	3.600	39.960	0.382	215.1
7	B06	34	5.040	36.360	0.358	214.3
8	B06C01	32	5.760	31.320	0.290	213.7
9	B06C02	38	3.240	25.560	0.281	213.1
10	B06C03	42	4.680	22.320	0.271	212.5
11	B06C03B01	48	3.600	17.640	0.245	212.0
12	B07	27	3.240	14.040	0.110	214.1
13	B08	28	3.600	10.800	0.088	213.9
14	B09	30	2.880	7.200	0.063	213.8
15	B10	35	4.320	4.320	0.044	213.7
	Jumlah		55.440	454.320	4.0062	

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh tegangan paling rendah pada tiang D05C06D02C11D02C09D04 ( 5 tiang arah barat, 6 tiang ke selatan, 2 tiang ke barat, 11 tiang ke selatan, 2 tiang ke barat, 9 tiang ke selatan dan 4 tiang ke barat) dengan tegangan ujung 182,5 Volt. Dari hasil perhitungan diatas pula kita bisa lihat trafo daya tambahan yang harus diberikan yaitu sebesar 100 kVA.

Dengan adanya analisa perhitungan diatas dapat kita rencanakan pemberian trafo sisipan pada tiang D05C06. Sehingga akan diharapkan tegangan yang memadai, yaitu sebagai berikut pada table 4.4:

Tabel 4.4 Data Beban Tiap Tiang Setelah Adanya Trafo Sisipan

Titik	No. Tiang	Jarak antar Tiang	kWh Terpasang			Daya Beban Puncak (kW)
			Jml Plngn	Arus (A)	Daya (VA)	
Trafo 92 (sumber)						
<b>Lyne D</b>						
1	D00	6	8	16	3,600	2.880
2	D01	26	9	18	4,050	3.240
3	D02	32	6	12	2,700	2.160
4	D03	48	8	16	3,600	2.880

5	D04	30	8	16	3,600	2.880
6	D05	34	12	25	5,400	4.320
7	D05C01	24	7	14	3,150	2.520
8	D05C02	38	6	12	2,700	2.160
9	D05C03	43	8	16	3,600	2.880
10	D05C04	40	6	12	2,700	2.160
11	D05C05	40	10	20	4,500	3.600
12	D05C06	45	5	10	2,250	1.800
58	D06	48	8	16	3,600	2.880
59	D07	47	6	12	2,700	2.160
60	D08	48	10	20	4,500	3.600
61	D09	48	6	12	2,700	2.160
62	D10	48	8	16	3,600	2.880
63	D11	48	6	12	2,700	2.160
64	D12	49	8	16	3,600	2.880
65	D13	49	9	18	4,050	3.240
66	D14	50	10	20	4,500	3.600
67	D15	49	7	14	3,150	2.520
68	D16	50	8	16	3,600	2.880
			179	366	80,550	64.440
<b>Lyne B</b>						
	Trafo 92 (sumber)					
1	B00	6	9	18	4,050	3.240
2	B01	26	8	16	3,600	2.880
3	B02	26	10	20	4,500	3.600
4	B03	38	10	20	4,500	3.600
5	B04	42	6	12	2,700	2.160
6	B05	33	10	20	4,500	3.600
7	B06	34	14	29	6,300	5.040
8	B06C01	32	8	33	7,200	5.760
9	B06C02	38	9	18	4,050	3.240
10	B06C03	42	13	27	5,850	4.680
11	B06C03B01	48	10	20	4,500	3.600
12	B07	27	9	18	4,050	3.240
13	B08	28	10	20	4,500	3.600
14	B09	30	8	16	3,600	2.880
15	B10	35	12	25	5,400	4.320
	Jumlah		146	315	69,300	55.440

Dengan cara yang sama pula diperoleh tegangan tiap-tiap tiang pada trafo sisipan sebagai berikut pada table 4.6.

Table 4.6 Hasil perhitungan tegangan trafo sisipan T. 166 Ds. Selorejo Kecamatan Mojoagung Kabupaten Jombang

Titik	No. Tiang	Jarak antar Tiang	Daya Beban (kW)	Total Daya di Tiang (kW)	Susut Tegangan (%)	Tegangan di Tiang
						220
13	D05C06D01	43	2.880	67.320	0.838	218.2
14	D05C06D02	46	3.240	64.440	0.858	216.3

15	D05C06D02C01	39	3.600	61.200	0.691	214.8
16	D05C06D02C02	43	2.880	57.600	0.717	213.3
17	D05C06D02C03	33	2.520	54.720	0.523	212.1
18	D05C06D02C04	37	2.160	52.200	0.559	210.9
19	D05C06D02C05	39	2.880	50.040	0.565	209.8
20	D05C06D02C05B01	42	2.160	47.160	0.573	208.6
21	D05C06D02C06	39	2.880	45.000	0.508	207.5
22	D05C06D02C07	50	1.800	42.120	0.610	206.2
23	D05C06D02C08	40	2.160	40.320	0.467	205.3
24	D05C06D02C09	35	3.240	38.160	0.387	204.5
25	D05C06D02C10	40	2.520	34.920	0.404	203.6
26	D05C06D02C10B01	38	2.160	2.160	0.024	203.6
27	D05C06D02C10B02	43	2.880	2.880	0.036	203.5
28	D05C06D02C10B03	39	2.160	2.160	0.024	203.5
29	D05C06D02C11	38	4.320	4.320	0.048	203.6
30	D05C06D02C11D01	30	3.600	20.880	0.181	203.3
31	D05C06D02C11D02	36	2.520	14.040	0.146	203.3
32	D05C06D02C11D02C01	40	3.240	11.520	0.133	203.3
33	D05C06D02C11D02C02	42	3.600	3.600	0.044	203.4
34	D05C06D02C11D02C03	36	2.520	2.520	0.026	203.5
35	D05C06D02C11D02C04	37	2.160	2.160	0.023	203.2
36	D05C06D02C11D02C05	45	3.240	3.240	0.042	203.2
37	D05C06D02C11D02C06	68	2.160	14.760	0.291	202.7
38	D05C06D02C11D02C07	47	2.880	12.600	0.171	203.0
39	D05C06D02C11D02C08	52	1.800	9.720	0.146	203.2
40	D05C06D02C11D02C09	36	2.520	7.920	0.083	203.1
41	D05C06D02C11D02C09D01	37	3.240	5.400	0.058	203.1
42	D05C06D02C11D02C09D02	48	2.160	2.160	0.030	202.6
43	D05C06D02C11D02C09D03	39	1.800	1.800	0.020	203.0
44	D05C06D02C11D02C09D04	38	2.520	2.520	0.028	203.1
45	D05C06D02C10B04	30	2.160	2.160	0.019	203.4
46	D05C06D02C10B05	36	2.880	2.880	0.030	203.4
47	D05C06D02C10B06	40	2.160	2.160	0.025	203.3
48	D05C06D02C10B07	42	3.240	3.240	0.039	203.2
49	D05C06D02C10B08	36	1.800	1.800	0.019	203.2
50	D05C06D02C10B08C01	37	2.880	2.880	0.031	203.1
51	D05C06D02C10B08C02	45	2.520	2.520	0.033	203.1
52	D05C06D02C10B08C02B01	68	2.160	2.160	0.043	203.0
53	D05C06D02C10B08C02B02	47	2.880	2.880	0.039	202.9
54	D05C06D02C10B09	52	2.160	2.160	0.033	203.1
55	D05C06D02C10B10	36	2.880	2.880	0.030	203.1
56	D05C06D02C10B11	37	2.160	2.160	0.023	203.0
57	D05C06D02C10B11C01	48	2.880	2.880	0.040	203.0
	Jumlah		183.600	881.640	9.657	

Dari semua perhitungan dapat diperoleh tegangan ujung yang baik, yaitu 202,6 Volt pada tegangan ujung trafo sisipan dan 217,1 volt pada jaringan Ds. Selorejo Kecamatan Mojoagung Kabupaten Jombang. Dengan kata lain semua konsumen akan mendapatkan tegangan yang cukup baik.

## 5. PENUTUP

Dari perhitungan sebelum adanya trafo sisipan dan perbaikan sistem jaringan didapatkan perbedaan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan tegangan pada tiang ujung : Pada Trafo 017 dengan suplay Fasa R = 231 ; S = 230 ; T = 228 dengan tegangan ujung line B Fasa R = 226.4 ; S = 225.4 ; T = 226.1 dan pada line D Fasa R = 229.1 ; S = 228.1 ; T = 226.1. Sedangkan pada trafo sisipan T.416 diperoleh suplay Fasa R = 230 ; S = 231 ; T = 230 dengan tegangan ujung line B Fasa R = 228.6 ; S = 227.9 ; T = 225.9 dan pada line D Fasa R = 227.8 ; S = 227.1 ; T = 225.1. Perbedaan ini menunjukkan adanya kurang sempurnanya sambungan, maka diperlukan pembenahan dengan mengecek dan memperbaiki tiap-tiap sambungan.

Jika dilihat dari sisi pembebanan terdapat pembatas beban pada konsumen dengan total sebesar 1525 Amper atau sejumlah 335 kVA atau , padahal trafo yang terpasang 250 kVA. Hal ini bisa mengakibatkan seringnya tripnya pengaman bahkan bila beban secara bersamaan menggunakan daya listrik yang maksimal akan mengakibatkan kerusakan pada Trafo. Untuk mengatasinya diperlukan trafo sisipan sebesar 100 kVA pada Line D dan perbaikan jaringan dengan menyempurnakan sambungan-sambungan dan penyaluran.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Haikal and M. Ali, “Studi Hubung Singkat 3 Fasa Simetri (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kV Sulawesi Selatan),” *J. Intake*, vol. 4, no. 1, pp. 10–19, 2013.
- [2] M. A. Ali, D. Ajiatmo, and H. Nurohmah, “Analisa Kontrol Daya Induction Furnace Pada Industri Peleburan Logam,” *J. Intake*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2011.
- [3] H. Nurohmah and M. Ali, “Performansi Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC) Pada Saluran Transmisi Menggunakan Bahasa Pemrograman PSAT,” *J. Intake*, vol. 4, no. 2, pp. 62–74, 2013.
- [4] Muhlasin and M. Ali, “Analisa Perencanaan Trafo Sisipan T. 416 Pada Trafo HL. 017 Di Jaringan Tegangan Rendah Desa Guyangan Kecamatan Bagor Kabupaten Jombang,” *J. Intake*, vol. 3, no. 1, pp. 48–60, 2012.
- [5] A. Raikhani, M. Ali, D. Ajiatmo, and Budiman, “Desain Optimal Automatic Voltage Regulator Pada Pembangkit Listrik Mikro Hidro Menggunakan Fuzzy Logic Controller,” *J. Intake*, vol. 7, no. 1, pp. 30–39, 2016.
- [6] Agus Jamaludin, “Perawatan dan Perbaikan Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) UPJ Wiradesa”, Laporan Kerja Praktek, Politeknik Negeri Semarang, Semarang, 2011.
- [7] Djiteng Marsudi, *Operasi Sistem tenaga Listrik*, Balai Penerbit & Humas ISTN, Bumi Srengseng Indah, Jakarta selatan, 1990
- [8] Daryanto, Koko Budi, “*Jaringan Distribusi Listrik*”, Penerbit Angkasa Bandung, 1999.
- [9] Gonen, Turan. 1987. “*Electric Power Distribution System Engineering*”. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- [10] Grainger, Stevenson, 1994, *Power System Analysis*, McGraw-Hill Series In Electrical and Computer Engineering.

- [11] Hasan Basri, Dasar-dasar Sistem Distribusi tenaga Listrik, Meteri kursus “Pengembangan” Dalam Rangka Penyetaraan PJT Golongan C Bidang. Elektrikal dan Mekanikal, APEI Jatim, 2003.