

## **Analisa Perencanaan Trafo Sisipan T. 416 Pada Trafo HL. 017 Di Jaringan Tegangan Rendah Desa Guyangan Kecamatan Bagor Kabupaten Jombang**

Oleh:

**Muhlasin, Machrus Ali**

Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum, Jombang

[muhlasin.ttg@gmail.com](mailto:muhlasin.ttg@gmail.com), [machrus7@gmail.com](mailto:machrus7@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 : Pada Trafo 017 dengan suplay Phasa R = 231; S = 230 ; T = 228 dengan line B Phasa R = 226.4, S = 225.4, T = 226.1 dan pada line D Phasa R = 229.1, S = 228.1, T = 226.1. Pada trafo sisipan T.416 diperoleh suplai Phasa R = 230 ; S = 231 ; T = 230 dengan tegangan line B Phasa R = 228.6 ; S = 227.9 ; T = 225.9 dan pada line D Phasa R = 227.8 ; S = 227.1 ; T = 225.1. Perbedaan ini menunjukkan kurang sempurnanya sambungan, atau penyambungan yang illegal. Beban pada konsumen sebesar 1525 Amper atau sejumlah 335 kVA, trafo yang terpasang 250 kVA. Maka diperlukan trafo sisipan sebesar 100 kVA pada Line D dan perbaikan sambungan dan penyaluran.*

*Kata kunci : Rugi Tegangan, Sistem Distribusi*

### **1. PENDAHULUAN**

Peningkatan kebutuhan akan energi listrik dari suatu pembangkit sampai pada konsumen akhir melalui sistem penyaluran daya berkapasitas besar dengan kerugian sekecil mungkin merupakan kebutuhan mutlak. Efisiensi tenaga listrik sangatlah diperlukan agar tidak terjadi pemadaman karena gangguan ataupun pemadaman bergiliran karena kurangnya pasokan 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.

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.

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 :

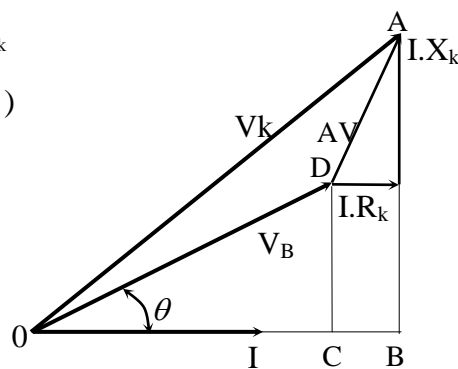
- a. I . Rs yaitu rugi tegangan akibat tahanan saluran.
- b. I . Xs yaitu rugi tegangan akibat reaktansi induktif saluran.

Sehingga kerugian tegangan saluran distribusi dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

$$= I.R_k + j I.X_k$$

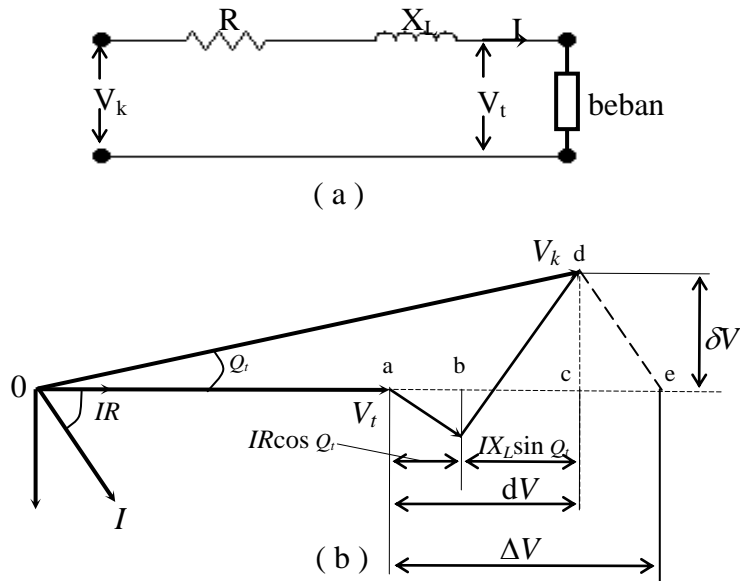
$$= I(R_k + J X_k)$$



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 :

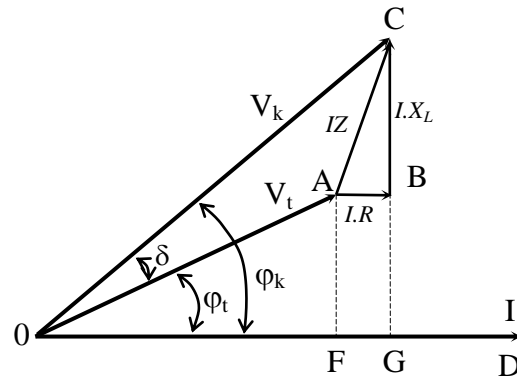
$$\Delta V = |V_k| - |V_t| \dots\dots\dots(2.2)$$

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.

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. Arur  $I = OD$  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 :

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

dapat juga ditulis bentuk lain, yaitu :

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

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  $\Delta V = |V_k| - |\Delta V_t|$ , 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 :

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

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

**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.r ohm; X = L.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<sup>2</sup>, g = daya hantar jenis dalam mho-meter per mm<sup>2</sup>, r = tahanan dalam ohm per fasa per km, x = reaktansi dalam ohm per fasa per km

### 3.2.1. Dalam system arus AC 1 phasa

Rugi tegangan dalam prosen

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

Rugi tegangan dalam volt

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

Dimana : P = Beban dalam Watt, f = Tegangan antar 2 saluran ( phasa – netral), q = Penampang saluran ( mm<sup>2</sup> ), E = Tegangan Sumber (Volt), ΔV = Rugi tegangan (Volt), U = Daya beban (Watt), ΔU = Rugi tegangan dalam %, L = Panjang Rute saluran, λ = Daya hantar jenis tembaga = 56, besi = 7, aluminium = 32,7, I = Arus Beban (Ampere)

### 3.2.2. Dalam system arus AC 3 phasa

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

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

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

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

Dimana: P = Beban dalam Watt, f = Tegangan antar 2 saluran ( phasa – netral), q = Penampang saluran ( mm<sup>2</sup> ), ΔV = Rugi tegangan (Volt), E = Tegangan Sumber (Volt), ΔU = 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 Dusun Bagor Desa Guyangan Kec. Nganjuk Kab. Jombang Pada Trafo HL.017**

Pada JTR Dusun Bagor Desa Guyangan terdapat dua sisi (sisi kanan dan sisi kiri), dalam pembahasan ini akan dianalisa susut tegangan pada sisi kanan dan sisi kiri 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 :

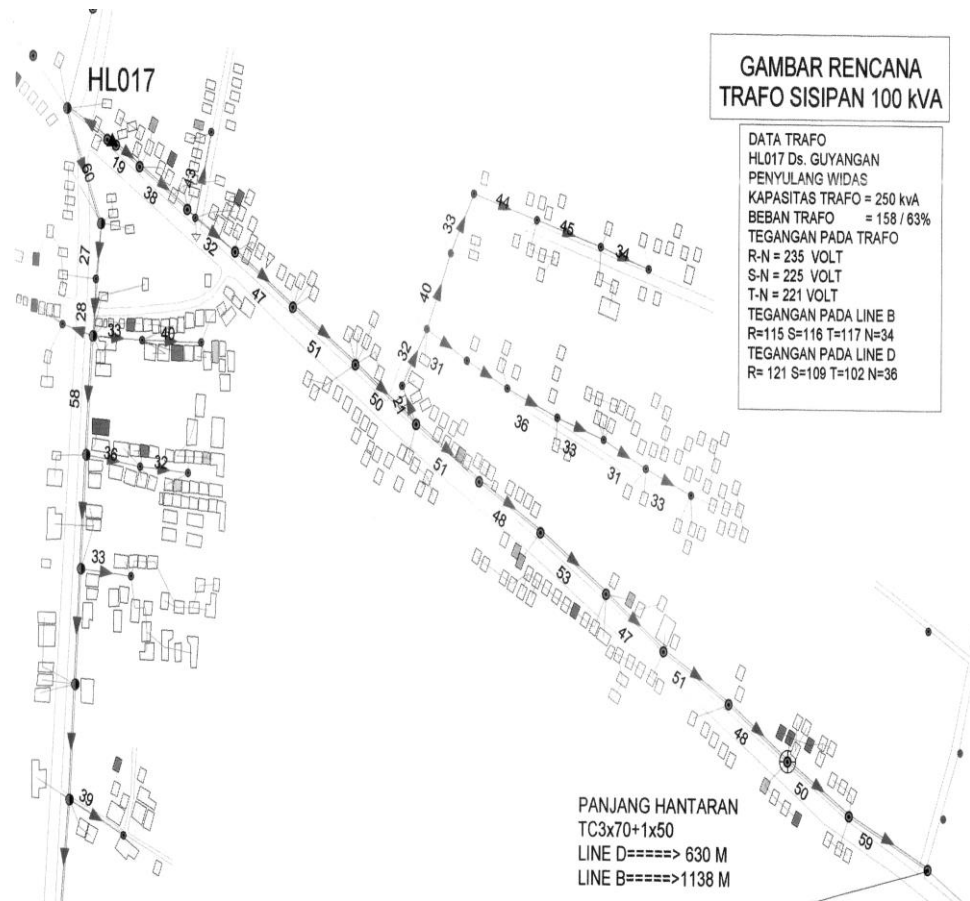
$(\Delta V)\% = P \times L \times \rho \times 10^{-4}\%$  dimana: P = dalam kW; V = dalam Volt;  $\Delta V$  = dalam % ; L = dalam meter. Data Beban dan bentuk jaringan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1

Tabel 4.1 Data Beban Tiap Tiang Sebelum Sisipan

Titik	No. Tiang	Jarak antar Tiang	kWh Terpasang		Daya Beban Puncak(kW)
			Arus (A)	Daya (W)	
<i>HL017</i>					
1	A00	31	10	2.250	0,978
2	B01	44	36	8.100	3,857
3	B02	56	36	8.100	3,857
4	B03	48	22	4.950	2,357
5	B03A01	53	54	12.150	5,786
6	B04	31	26	5.850	2,786
7	B05	46	26	5.850	2,786
8	B06	40	64	14.400	6,857
9	B07	27	74	16.650	7,929
10	B07A01	39	6	1.350	0,643
11	B07A02	47	8	1.800	0,857
12	B07A02B01	35	6	1.350	0,643
13	B07A02B02	43	10	2.250	1,071
14	B07A02B03	40	14	3.150	1,500
15	B07A02B04	51	22	4.950	2,357
16	B07A02B05	29	34	7.650	3,643
17	B07A02B06	48	50	11.250	5,357
18	B07A03	32	8	1.800	0,857
19	B07A04	43	4	900	0,429
20	B07A04B01	36	28	6.300	3,000
21	B07A04B02	43	14	3.150	1,500
22	B07A04B03	37	26	5.850	2,786
23	B08	47	64	14.400	6,857
24	B09	39	20	4.500	2,143
25	B10	31	60	13.500	6,429
26	B11	41	60	13.500	6,429
27	B12	30	1612	362.700	172,714
28	B13	41	34	7.650	3,643
29	B14	41	18	4.050	1,929
30	D01	39	36	8.100	3,857
31	D01C01	32	24	5.400	2,571
32	D01C02	23	4	900	0,429
33	D01C03	44	60	13.500	6,429
34	D01C03B01	40	24	5.400	2,571
35	D01C03B02	33	16	3.600	1,714
36	D01C03D01	38	30	6.750	3,214
37	D01C04	29	18	4.050	1,929
38	D01C04B01	38	2	450	0,214
39	D01C04B02	32	6	1.350	0,643
40	D01C05	41	12	2.700	1,286
41	D01C05B01	43	34	7.650	3,643
42	D01C06	46	16	3.600	1,714
43	D01C07	48	32	7.200	3,429
44	D01C07B01	43	8	1.800	0,857
45	D01C08	41	12	2.700	1,286
46	B00	48	10	2.250	1,071
47	B01	50	24	5.400	2,571
48	B02	12	0	-	0,000



49	B02A01	44	22	4.950	2,357
50	B02A02	35	18	4.050	1,929
51	B02A02D01	35	28	6.300	3,000
52	B02A02D02	34	46	10.350	4,929
53	B03	50	42	9.450	4,500
54	B04	49	26	5.850	2,786
55	B05	49	32	7.200	3,429
56	B06	50	44	9.900	4,714
57	B07	50	8	1.800	0,857
58	D01	50	24	5.400	2,571
59	D01C01	36	74	16.650	7,929
60	D02	50	26	5.850	2,786
61	D03	50	6	1.350	0,643
62	D04	12	54	12.150	5,786
63	D04A01	35	42	9.450	4,500
64	D04A02	26	36	8.100	3,857
65	D04A02D01	45	48	10.800	5,143
66	D04A03	30	8	1.800	0,857
67	D04A04	41	36	8.100	3,857
68	D04A05	38	10	2.250	1,071
69	D04A06	37	8	1.800	0,857
70	D04A07	31	48	10.800	5,143
71	D04A07D01	31	46	10.350	4,929
72	D04A08	23	32	7.200	3,429



Gambar 4.1. Single Line Jaringan Trafo HL. 017

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 ; 9°

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
9°	10,1012	6,7567	5,048	3,760	2,8947	2,3134	1,9740

**4.2. Susut Tegangan Yang terjadi pada JTR Ds. Guyangan dalam prosen.**

Susut tegangan dalam prosen, didasarkan rumus :

$$(\Delta V)\% = P \times L \times 9^\circ \times 10^{-4}\%$$

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

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

Nilai 9° = (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:

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Tiap Tiang Sebelum Sisipan

Titik	No. Tiang	Jarak antar Tiang	Daya Beban (kW)	Total Daya di Tiang (kW)	Susut Tegangan (%)	Tegangan di Tiang		
						R-N	S-N	T-N
	<b>HL.017</b>					<b>231</b>	<b>231</b>	<b>233</b>
1	A00	31	0,978	268,835	2,412	225,4	225,4	227,4
2	B01	44	3,857	261,000	3,324	217,9	217,9	219,8
3	B02	56	3,857	257,143	4,168	208,8	208,8	210,7
4	B03	48	2,357	253,286	3,519	201,5	201,5	203,2
5	B03A01	53	5,786	5,786	0,089	201,3	201,3	203,1
6	B04	31	2,786	245,143	2,200	196,9	196,9	198,6
7	B05	46	2,786	242,357	3,227	190,5	190,5	192,2
8	B06	40	6,857	239,571	2,774	185,3	185,3	186,9
9	B07	27	7,929	232,714	1,819	181,9	181,9	183,5
10	B07A01	39	0,643	24,643	0,278	181,4	181,4	182,9
11	B07A02	47	0,857	24,000	0,327	180,8	180,8	182,3
12	B07A02B01	35	0,643	0,643	0,007	180,8	180,8	182,3
13	B07A02B02	43	1,071	13,929	0,173	225,0	225,0	227,0
14	B07A02B03	40	1,500	12,857	0,149	224,7	224,7	226,6
15	B07A02B04	51	2,357	11,357	0,168	224,3	224,3	226,3
16	B07A02B05	29	3,643	9,000	0,076	224,2	224,2	226,1
17	B07A02B06	48	5,357	5,357	0,074	224,0	224,0	225,9
18	B07A03	32	0,857	8,571	0,079	223,8	223,8	225,7
19	B07A04	43	0,429	7,714	0,096	223,6	223,6	225,5
20	B07A04B01	36	3,000	7,286	0,076	223,4	223,4	225,4
21	B07A04B02	43	1,500	4,286	0,053	223,3	223,3	225,2
22	B07A04B03	37	2,786	2,786	0,030	223,2	223,2	225,2
23	B08	47	6,857	200,143	2,723	217,2	217,2	219,0
24	B09	39	2,143	193,286	2,182	212,4	212,4	214,3
25	B10	31	6,429	191,143	1,715	208,8	208,8	210,6
26	B11	41	6,429	184,714	2,192	204,2	204,2	206,0
27	B12	30	172,714	178,286	1,548	201,0	201,0	202,8
28	B13	41	3,643	5,571	0,066	200,9	200,9	202,6
29	B14	41	1,929	1,929	0,023	200,9	200,9	202,6
30	D01	39	3,857	6,857	0,077	200,7	200,7	202,4
31	D01C01	32	2,571	3,000	0,028	200,7	200,7	202,4
32	D01C02	23	0,429	0,429	0,003	200,6	200,6	202,4
33	D01C03	44	6,429	28,929	0,368	199,9	199,9	201,6
34	D01C03B01	40	2,571	22,500	0,261	199,4	199,4	201,1
35	D01C03B02	33	1,714	19,929	0,190	199,0	199,0	200,7
36	D01C03D01	38	3,214	18,214	0,200	198,6	198,6	200,3

37	D01C04	29	1,929	15,000	0,126	198,4	198,4	200,1
38	D01C04B01	38	0,214	13,071	0,144	198,1	198,1	199,8
39	D01C04B02	32	0,643	12,857	0,119	197,8	197,8	199,5
40	D01C05	41	1,286	12,214	0,145	197,5	197,5	199,3
41	D01C05B01	43	3,643	3,643	0,045	197,5	197,5	199,2
42	D01C06	46	1,714	6,000	0,080	197,3	197,3	199,0
43	D01C07	48	3,429	4,286	0,060	197,2	197,2	198,9
44	D01C07B01	43	0,857	0,857	0,011	197,2	197,2	198,9
45	D01C08	41	1,286	1,286	0,015	197,1	197,1	198,8
46	B00	48	1,071	85,500	1,188	194,8	194,8	196,5
47	B01	50	2,571	84,429	1,222	192,4	192,4	194,1
48	B02	12	0,000	81,857	0,284	191,9	191,9	193,5
49	B02A01	44	2,357	12,214	0,156	191,6	191,6	193,2
50	B02A02	35	1,929	9,857	0,100	191,4	191,4	193,0
51	B02A02D01	35	3,000	7,929	0,080	191,2	191,2	192,9
52	B02A02D02	34	4,929	4,929	0,049	191,1	191,1	192,8
53	B03	50	4,500	69,643	1,008	189,2	189,2	190,8
54	B04	49	2,786	65,143	0,924	187,5	187,5	189,1
55	B05	49	3,429	62,357	0,884	185,8	185,8	187,4
56	B06	50	4,714	58,929	0,853	184,2	184,2	185,8
57	B07	50	0,857	54,214	0,785	182,8	182,8	184,3
58	D01	50	2,571	53,357	0,772	181,4	181,4	182,9
59	D01C01	36	7,929	7,929	0,083	181,2	181,2	182,8
60	D02	50	2,786	22,714	0,329	180,6	180,6	182,2
61	D03	50	0,643	19,929	0,288	180,1	180,1	181,6
62	D04	12	5,786	19,286	0,067	180,0	180,0	181,5
63	D04A01	35	4,500	13,500	0,137	179,7	179,7	181,3
64	D04A02	26	3,857	9,000	0,068	179,6	179,6	181,2
65	D04A02D01	45	5,143	5,143	0,067	179,5	179,5	181,0
66	D04A03	30	0,857	16,714	0,145	179,2	179,2	180,8
67	D04A04	41	3,857	15,857	0,188	178,9	178,9	180,4
68	D04A05	38	1,071	12,000	0,132	178,6	178,6	180,2
69	D04A06	37	0,857	10,929	0,117	178,4	178,4	180,0
70	D04A07	31	5,143	10,071	0,090	178,3	178,3	179,8
71	D04A07D01	31	4,929	4,929	0,044	178,2	178,2	179,7
72	D04A08	23	3,429	3,429	0,023	178,2	178,2	179,7

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Tiap Tiang Setelah Ada Trafo Sisipan

Titik	No. Tiang	Jarak antar Tiang	Daya Beban (kW)	Total Daya di Tiang (kW)	Susut Tegangan (%)	Tegangan di Tiang		
						R-N	S-N	T-N
<b>HL.017</b>						<b>231</b>	<b>230</b>	<b>228</b>
	<b>Line B</b>							
1	A00	31	0,637	159,877	1,435	227,7	226,7	224,7
2	B01	44	2,293	155,164	1,976	223,2	222,2	220,3
3	B02	56	2,293	152,871	2,478	217,7	216,7	214,8
4	B03	48	1,401	150,577	2,092	213,1	212,2	210,3
5	B03A01	53	3,440	3,440	0,053	213,0	212,1	210,2
6	B04	31	1,656	145,737	1,308	210,2	209,3	207,5
7	B05	46	1,656	144,080	1,919	206,2	205,3	203,5
8	B06	40	4,077	142,424	1,649	202,8	201,9	200,1
9	B07	27	4,714	138,348	1,081	200,6	199,7	198,0
10	B07A01	39	0,382	14,650	0,165	200,2	199,4	197,6
11	B07A02	47	0,510	14,268	0,194	199,9	199,0	197,3
12	B07A02B01	35	0,382	0,382	0,004	199,9	199,0	197,3
13	B07A02B02	43	0,637	8,280	0,103	227,5	226,5	224,5
14	B07A02B03	40	0,892	7,644	0,089	227,2	226,3	224,3
15	B07A02B04	51	1,401	6,752	0,100	227,0	226,0	224,1
16	B07A02B05	29	2,166	5,350	0,045	226,9	225,9	224,0
17	B07A02B06	48	3,185	3,185	0,044	226,8	225,8	223,9
18	B07A03	32	0,510	5,096	0,047	226,7	225,7	223,8
19	B07A04	43	0,255	4,586	0,057	226,6	225,6	223,6
20	B07A04B01	36	1,783	4,331	0,045	226,5	225,5	223,5
21	B07A04B02	43	0,892	2,548	0,032	226,4	225,4	223,5
22	<b>B07A04B03</b>	<b>37</b>	<b>1,656</b>	<b>1,656</b>	<b>0,018</b>	<b>226,4</b>	<b>225,4</b>	<b>223,4</b>
23	B08	47	4,077	118,984	1,619	222,7	221,7	219,8
24	B09	39	1,274	114,908	1,297	219,8	218,9	217,0
25	B10	31	3,822	113,634	1,020	217,6	216,6	214,7
26	B11	41	3,822	109,812	1,303	214,7	213,8	212,0
27	B12	30	102,678	105,990	0,920	212,8	211,8	210,0
28	B13	41	2,166	3,312	0,039	212,7	211,8	209,9
29	B14	41	1,147	1,147	0,014	212,7	211,7	209,9
	<b>Line D</b>							
30	D01	39	2,293	4,077	0,046	230,9	229,9	227,9
31	D01C01	32	1,529	1,783	0,017	230,9	229,9	227,9
32	D01C02	23	0,255	0,255	0,002	230,9	229,9	227,9
33	D01C03	44	3,822	17,198	0,219	230,5	229,5	227,5
34	D01C03B01	40	1,529	13,376	0,155	230,1	229,1	227,1

35	D01C03B02	33	1,019	11,847	0,113	229,9	228,9	226,9
36	D01C03D01	38	1,911	10,828	0,119	229,9	228,9	226,9
37	D01C04	29	1,147	8,917	0,075	229,7	228,7	226,7
38	D01C04B01	38	0,127	7,771	0,085	229,5	228,5	226,5
39	D01C04B02	32	0,382	7,644	0,071	229,5	228,5	226,5
40	D01C05	41	0,764	7,261	0,086	229,3	228,3	226,4
41	D01C05B01	43	2,166	6,497	0,081	229,1	228,2	226,2
42	D01C06	46	1,019	4,331	0,058	229,2	228,2	226,2
43	D01C07	48	2,038	3,312	0,046	229,1	228,1	226,1
44	D01C07B01	43	0,510	1,274	0,016	229,1	228,1	226,1
<b>45</b>	<b>D01C08</b>	<b>41</b>	<b>0,764</b>	<b>0,764</b>	<b>0,009</b>	<b>229,1</b>	<b>228,1</b>	<b>226,1</b>
<b>HL416</b>						<b>230,0</b>	<b>231,0</b>	<b>230,0</b>
46	B00	48	1,184	1,184	0,016	230,0	231,0	230,0
47	B01	50	2,842	2,842	0,041	229,9	230,9	229,9
48	B02	12	0,000	0,000	0,000	229,9	231,0	230,0
49	B02A01	44	2,605	2,605	0,033	229,8	230,8	229,8
50	B02A02	35	2,132	2,132	0,022	229,7	230,9	229,9
51	B02A02D01	35	3,316	3,316	0,034	229,7	230,8	229,8
52	B02A02D02	34	5,447	5,447	0,054	229,5	230,8	229,8
53	B03	50	4,974	4,974	0,072	229,0	228,0	226,1
54	B04	49	3,079	3,079	0,044	228,9	230,7	229,7
55	B05	49	3,789	3,789	0,054	228,8	227,9	225,9
56	B06	50	5,211	5,211	0,075	228,6	230,5	229,5
<b>57</b>	<b>B07</b>	<b>50</b>	<b>0,947</b>	<b>0,947</b>	<b>0,014</b>	<b>228,6</b>	<b>227,9</b>	<b>225,9</b>
58	D01	50	2,842	2,842	0,041	228,5	230,4	229,4
59	D01C01	36	8,763	8,763	0,091	228,4	227,7	225,7
60	D02	50	3,079	3,079	0,045	228,4	230,3	229,3
61	D03	50	0,711	0,711	0,010	228,4	227,7	225,7
62	D04	12	6,395	6,395	0,022	228,4	230,3	229,3
63	D04A01	35	4,974	4,974	0,050	228,3	227,5	225,6
64	D04A02	26	4,263	4,263	0,032	228,3	230,2	229,2
65	D04A02D01	45	5,684	5,684	0,074	228,1	227,4	225,4
66	D04A03	30	0,947	0,947	0,008	228,3	230,2	229,2
67	D04A04	41	4,263	4,263	0,051	228,0	227,3	225,3
68	D04A05	38	1,184	1,184	0,013	228,3	230,1	229,1
69	D04A06	37	0,947	0,947	0,010	228,0	227,2	225,3
70	D04A07	31	5,684	5,684	0,051	228,2	230,0	229,0
<b>71</b>	<b>D04A07D01</b>	<b>31</b>	<b>5,447</b>	<b>5,447</b>	<b>0,049</b>	<b>227,8</b>	<b>227,1</b>	<b>225,1</b>
72	D04A08	23	3,789	3,789	0,025	228,1	230,0	229,0

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.

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil perhitungan tegangan pada tiang ujung seperti pada table 4.4

Tabel 4.4. Hasil perhitungan tegangan

HL. 017		R	S	T
Tegangan Input		231,0	230,0	228,0
Line B	B07A04B03	226,4	225,4	223,4
Line D	D01C08	229,1	228,1	226,1
T. 416		R	S	T
Line B	B07	228,6	227,9	225,9
Line D	D04A07D01	227,8	227,1	225,1

Dari hasil pengukuran dan perhitungan saat beban puncak sudah cukup baik yaitu susut tegangan kurang dari 5 %.

## 5. KESIMPULAN

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 Phasa R = 231 ; S = 230 ; T = 228 dengan tegangan ujung line B Phasa R = 226.4 ; S = 225.4 ; T = 226.1 dan pada line D Phasa R = 229.1 ; S = 228.1 ; T = 226.1. Sedangkan pada trafo sisipan T.416 diperoleh suplay Phasa R = 230 ; S = 231 ; T = 230 dengan tegangan ujung line B Phasa R = 228.6 ; S = 227.9 ; T = 225.9 dan pada line D Phasa 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

- Agus Jamaludin, *“Perawatan dan Perbaikan Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) UPJ Wiradesa”*, Laporan Kerja Praktek, Politeknik Negeri Semarang, Semarang, 2011.
- Djiteng Marsudi, *Operasi Sistem tenaga Listrik*, Balai Penerbit & Humas ISTN, Bhumi Srengseng Indah, Jakarta selatan, 1990
- Daryanto, Koko Budi, *“Jaringan Distribusi Listrik”*, Penerbit Angkasa Bandung, 1999.
- Gonen, Turan. 1987. *“Electric Power Distribution System Engineering”*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Grainger, Stevenson, 1994, *Power System Analysis*, McGraw-Hill Series In Electrical and Computer Engineering.
- Hasan Basri, *Dasar-dasar Sistem Distribusi tenaga Listrik*, Meteri kursus “Pengembangan” Dalam Rangka Penyetaraan PJT Golongan C Bidang. Elektrikal dan Mekanikal, APEI Jatim, 2003.
- Pai. MA, 1979, *Computer Techniques In Power System Analysis*, Tata McGraw-Hill Publishing Company.
- Pansini, Anthony J. 1986. *“Electrical Distribution Engineering”*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Uppal, S.L 1981. *“Electrical Power”* New Delhi : Khanna Phublishers.
- Rusiyanto, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik dan Gardu Distribusi*, Banyuwangi, 2010.
- Suhadi, *Distribusi Arus Bolak-balik*, IKIP negeri Surabaya, 1986
- Wahyudi Sarimun, *Buku Saku Pelayanan Teknik*, Garamond, Bekasi, 2011.
- Zuhal. 1991. *“Dasar Tenaga Listrik. Bandung”*: Penerbit ITB.