



## Analisis Tegangan Drop Jaringan Tegangan Rendah Dengan Metode Pembagian Beban

Suganda<sup>1</sup>, Iriandi Ilyas, Sugianto, Hendra Yulianto<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jl. Moh. Kahfi II, Bumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640

E-mail : [sugandaalihasan@gmail.com](mailto:sugandaalihasan@gmail.com), [iriandi@istn.ac.id](mailto:iriandi@istn.ac.id), [sugiantoistn13@gmail.com](mailto:sugiantoistn13@gmail.com),  
[hendrayulianto636@gmail.com](mailto:hendrayulianto636@gmail.com)

### ABSTRAK

Secara umum, baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama adalah ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi yaitu dengan mengurangi rugi daya dan meminimalkan tegangan drop pada jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan drop yang terjadi di gardu PJXS PT. PLN ULP Bogor Timur diakibatkan oleh dua permasalahan utama, yang pertama yaitu dari jarak lokasi tersebut yang berada jauh dari gardu distribusi dan di sekitar lokasi tersebut memiliki beban-beban yang tinggi. Sebelum dilaksanakannya pecah beban, besarnya tegangan drop yang terjadi di gardu PJXS PT. PLN ULP Bogor Timur sudah melewati dari batas ideal pelayanan yang telah ditetapkan oleh PT PLN persero yaitu minimum 10% atau sebesar 198 volt dari tegangan nominal jaringan tegangan rendah yaitu 220 volt. Hasil jurusan yang baru ini memiliki nilai tegangan yang baik tidak dibawah standar voltage drop yang ditetapkan PLN yaitu nilai tegangan pelayanan memiliki nilai maksimum 5% dan minimum 10% dari tegangan nominal 220 Volt.

**Kata kunci :** Tegangan drop, Jaringan Tegangan Rendah, Pecah Beban

### ABSTRACT

*In general, the good or bad of the distribution and distribution system of electric power is mainly in terms of the quality of the voltage received by consumers. One way to increase efficiency is to reduce power loss and minimize voltage drop on the network. The results showed that the voltage drop that occurred at the PJXS substation PT. PLN ULP Bogor Timur is caused by two main problems, the first is that the location is far from the distribution substation and around the location has high loads. Prior to the implementation of the load rupture, the magnitude of the voltage drop that occurred at the PJXS substation PT. PLN ULP Bogor Timur has passed the ideal service limit set by PT PLN Persero, which is a minimum of 10% or 198 volts from the nominal voltage of the low-voltage network, which is 220 volts. The results of this new department have a good voltage value that is not below the standard voltage drop set by PLN, namely the service voltage value has a maximum value of 5% and a minimum of 10% of the nominal voltage of 220 Volts.*

**Keywords:** Voltage drop, Low Voltage Network, Load Break

### 1. PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan bentuk energi sekunder yang dibangkitkan, ditransmisikan dan didistribusikan kepada pelanggan/konsumen dan dimanfaatkan untuk segala macam keperluan. Sistem tenaga listrik merupakan rangkaian instalasi tenaga listrik yang terdiri dari

sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi yang saling terintegrasi dan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi semua orang (SPLN-1, 1995).

Tegangan drop sendiri pada jaringan tegangan rendah atau JTR disebabkan oleh beberapa kondisi, contohnya seperti

sambungan antara kabel SR (Sambungan Rumah) dan kabel JTR nya tidak sempurna, jauhnya jarak antara gardu distribusi dengan rumah pelanggan yang disuplay, beban yang tinggi pada suatu jaringan, dan juga luas penampang penghantarnya yang terlalu kecil (Setiadji, 2006). Berdasarkan SPLN No.1 tahun 1978, tegangan pelayanan memiliki nilai maksimum yaitu diangka 5% atau 230 volt dan minimum 10% atau 198 Volt dari tegangan nominal jaringan tegangan rendah yaitu 220V.

## 2. SISTEM KELISTRIKAN

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan penyaluran energi listrik dari suatu tempat ke tempat lainnya atau dari pembangkit listrik ke gardu induk. Sebelum energi listrik ditransmisikan, hal pertama yang harus dilakukan adalah menaikkan tegangan yang disuplai dari generator menjadi 70 kV, 150 kV atau 500 kV, sebab tegangan yang dikeluarkan dari generator hanya berkisar antara 6,6 kV sampai 24 kV. Menaikkan tegangan berfungsi untuk mengurangi rugi daya pada saluran transmisi dan untuk mengimbangi jauhnya jarak saluran transmisi. Energi listrik ditransmisikan melalui saluran udara tegangan tinggi (SUTT) atau melalui saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET).



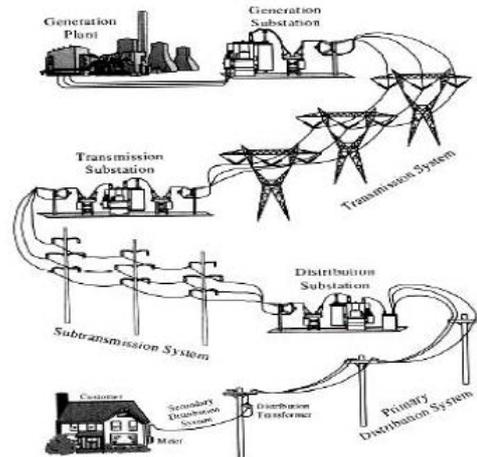
**Gambar 1.** Sistem Tenaga Listrik

Pada sistem tenaga listrik, terdapat 3 (tiga) bagian utama yaitu :

1. Pusat pembangkit tenaga listrik
2. Saluran transmisi

## 3. Saluran distribusi

Gambar 2, Memperlihatkan saluran distribusi berfungsi menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk ke kelompok beban berupa gardu distribusi dan konsumen dengan mutu yang handal dan memadai.

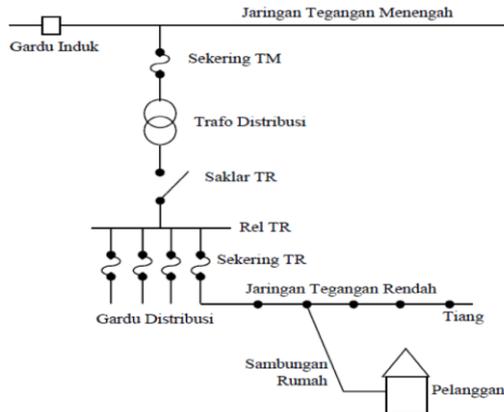


**Gambar 2.** Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik

Saluran transmisi dan distribusi dihubungkan dengan gardu induk. Jadi gardu induk ini merupakan tempat pemutusan dari tenaga yang dibangkitkan dari inter koneksi dari sistem transmisi dan distribusi kepada para pelanggan. Saluran transmisi dan distribusi ini di hubungkan dengan ril (bus) melalui transformator utama

### 2.1 Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (JDTR) merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen (Gambar 3). Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder 230/400 V. Tegangan 230 V merupakan tegangan antara fasa dengan netral, sedangkan tegangan 400 V merupakan tegangan fasa dengan fasa.



**Gambar 3.** Jaringan Distribusi Sekunder

## 2.2 Losses pada Jaringan Distribusi

Dalam mendistribusikan energi listrik ke konsumen, PT. PLN (Persero) sering mengalami susut/losses energi yang dapat menyebabkan kerugian. Yang dimaksud losses adalah perbedaan antara energi listrik yang disalurkan ( $P_x$ ) dengan energi listrik terpakai ( $P_p$ ).

$$Losses = \frac{P_x - P_p}{P_x} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- Losses = Rugi-rugi
- $P_x$  = Energi listrik yang disalurkan
- $P_p$  = Energi listrik terpakai

## 2.3 Rugi-rugi Sistem Distribusi

### 2.3.1 Rugi-rugi Transformator

Rugi-rugi transformator terdiri dari rugi-rugi inti dan rugi-rugi tembaga. Disebabkan oleh perubahan arus beban, sedangkan rugi-rugi inti disebabkan oleh fluksi pada inti. Rugi-rugi inti dapat dikelompokkan dalam dua bagian yaitu rugi histeris dan rugi karena arus pusar. Sumber rugi yang lain adalah kerugian dielektrik pada isolasi, tetapi biasanya kerugian ini kecil dan dapat diabaikan.

### 2.3.2 Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator pada umumnya dihitung berdasarkan daya keluar dibagi dengan daya masuk, atau dalam bentuk persamaan adalah:

$$h = \frac{P_0}{P_1} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- $h$  = Efisiensi transformator
- $P_0$  = Daya keluar
- $P_1$  = Daya masuk

Pada umumnya pabrikan transformator sudah menentukan efisiensi dari transformator yang dijualnya, yaitu sekitar 99%. Sehingga rugi daya transformator untuk segala beban adalah 1% dari beban yang ditanggungnya.

Faktor-faktor luas penampang ( $A$ ) dan panjang kawat ( $l$ ) pada suatu penghantar jaringan.

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- $R$  = besarnya tahanan kawat ( $\Omega$ )
- $\rho$  = nilai tahanan jenis kawat ( $m/mm^2$ )
- $L$  = panjang kawat penghantar ( $m$ )
- $A$  = luas penampang kawat ( $mm^2$ )

Pada fasa yang berbeban berat, nilai jatuh tegangan akan lebih besar dibandingkan dengan fasa yang berbeban ringan.

Untuk memperkecil nilai rugi tersebut selalu diupayakan langkah-langkah pengukuran beban secara real time, terutama pada saat beban puncak, untuk dasar pelaksanaan pemerataan beban.

Dengan keseimbangan beban maka dapat dihasilkan

1. Arus pada setiap fasa akan mendekati harga yang sama.
2. Susut tegangan masing-masing fasa akan mendekati sama.

### 2.3.4 Memperbesar Penampang Penghantar

Memperbesar penampang penghantar saluran berarti mengurangi besarnya nilai impedansi saluran tersebut. Sehingga untuk beban yang sama pada masing-masing fasa, nilai susut tegangannya akan menjadi semakin kecil. Hal diatas dinyatakan dalam perhitungan sebagai berikut:

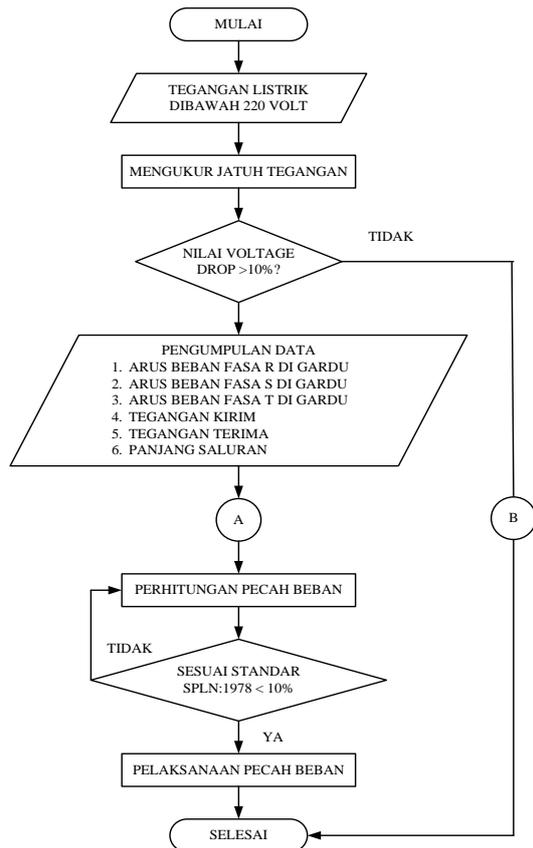
$$V = I \times Z \text{ dimana } Z = R + jXL \dots\dots\dots (4)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (5)$$

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Tempat yang digunakan sebagai objek untuk melakukan penelitian yaitu gardu PJXS PT. PLN ULP Bogor Timur. Waktu pelaksanaan dimulai dari penyusunan laporan hingga pengumpulan yaitu mulai 1 September – 30 November 2022.



Gambar 4. Flowchart Penelitian

#### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pencarian landasan-landasan teori serta rumus-rumus yang diperoleh dari berbagai buku, jurnal dan lain-lain untuk melengkapi konsep dan teori, sehingga memiliki landasan dan keilmuan yang baik dan sesuai.

1. Observasi Lapangan
2. Pengumpulan Data
3. Pengolahan Data
4. Pembuatan Laporan

#### 3.3 Rumus Voltage Drop

Besarnya jatuh tegangan yang terjadi pada penghantar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta V = V_s - V_r \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

$V_s$  = Tegangan Kirim (Volt)

$V_r$  = Tegangan Terima (Volt)

Besarnya jatuh tegangan pada suatu jaringan dipengaruhi oleh hambatan, arus, dan jarak.

maka jatuh tegangan pun dapat dicari dengan rumus berikut :

$$\Delta V = I.L (R \text{ Cos } \phi + X \text{ Sin } \phi) \dots\dots\dots (7)$$

Rumusan untuk menghitung jatuh tegangan sebagai berikut :

$$\frac{\Delta v}{v_s} (\%) = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

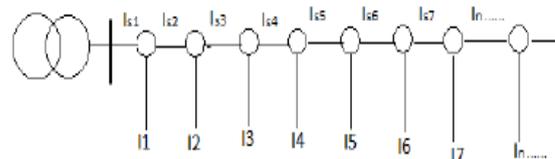
Dimana:

$V_r$  = Tegangan Terima

$V_s$  = Tegangan Kirim

#### 3.4 Saluran Dengan beban-beban Berkelompok

Pada setiap saluran terdapat arus-arus yang ada pada titik-titik/tiang-tiang seperti Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Arus Saluran dan Arus Tiap Tiang  
 Maka arus-arus tiap tiang adalah :

$$I_1 = \frac{\text{Daya tiap tiang}}{\text{Daya total/fasa}} \times \text{Arus terukur} \dots\dots\dots (9)$$

Arus saluran adalah :

$$I_{s2} = I_{s1} - I_1 \dots\dots\dots (10)$$

#### 3.5 Daya Listrik

Dalam system kelistrikan daya daya listrik dibagi menjadi 3 macam antara lain :

1. Daya aktif

Rumus dari daya aktif adalah :

$$P = V.I \text{ Cos } \phi \text{ (kW)} \dots\dots\dots (11)$$

2. Daya reaktif

rumus daya reaktif adalah :

$$Q = V.I \text{ Sin } \phi \text{ (Var)} \dots\dots\dots (12)$$

3. Daya semu

Satuan daya semu adalah VA. Rumusnya adalah :

$$S = V \cdot I \text{ (VA)} \dots \dots \dots (13)$$

#### 4. PENGUKURAN PADA GARDU

##### 4.1 Data Pengukuran Gardu PJXS PT. PLN ULP Bogor Timur

Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran di Gardu PJXS PT. PLN ULP Bogor Timur

Tegangan (V)						Arus (A)			
R	S	T	R-S	S-T	R-T	R	S	T	N
228	229	226	395	394	393	125	115	130	13

Daya total yang tersambung pada tiap-tiap tiang pelanggan dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2** Total Daya Tersambung Tiap Tiang

Tiang	Daya Tersambung (VA)		
	R	S	T
T1	0	0	0
T2	0	0	0
T3	1300	1300	1300
T4	0	0	0
T5	700	600	800
T6	450	400	450
T7	700	600	700
T8	450	450	450
T9	200	200	350
T10	800	750	800
T11	750	650	750
T12	300	300	300
T13	650	550	650
T14	1300	1300	1300
T15	650	500	650
T16	700	600	700
T17	500	450	550
T18	650	600	650
T19	550	500	600
T20	800	750	900
T21	0	0	0
T22	400	400	550
T23	900	900	900
T24	0	0	0
T25	1300	1300	1300
T26	4400	4400	4400
T27	400	400	550
T28	850	850	850
T29	900	650	900
T30	900	700	900
T31	900	800	900
T32	900	500	900
T33	900	750	900
T34	550	500	900
T35	700	600	700
T36	450	450	450
T37	1150	1150	1150
T38	450	450	450
<b>Daya Total</b>	<b>27500</b>	<b>25300</b>	<b>28600</b>

##### 4.2 Perhitungan Jatuh Tegangan Fasa R, S, dan T di Tiap Tiang pada Saat Beban Puncak

Jarak antar tiang (L) memiliki rata-rata 29 meter (0,029 km) daya total fasa R adalah 27500 VA dan arus yang terukur adalah 125 A. Arus tiap tiang fasa R dihitung dengan menggunakan Persamaan 9

$$I_1 = \frac{\text{Daya tiap tiang}}{\text{Daya total/fasa}} \times \text{Arus terukur}$$

$$I_1 = \frac{0}{27500} \times 125 \text{ A} = 0 \text{ A}$$

Arus saluran dengan Persamaan 10

$$I_{s2} = I_{s1} - I_t = 125 \text{ A} - 0,000 = 125,00$$

Perhitungan jatuh tegangan tiap tiang dengan Persamaan 7

$$\Delta V = I \cdot L (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

$$\Delta V_1 = I_{s1} \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

$$\Delta V_1 = 125 \times 0,005 \times (0,443 \times 0,85 + 0,1 \times 0,5)$$

$$\Delta V_1 = 0,267 \text{ V}$$

Selanjutnya menghitung tegangan pada masing-masing tiang dengan Persamaan 6 berikut :

Tegangan pada Tiang 1

$$V_1 = V_s - \Delta V_1 = 228 - 0,267 = 227,73 \text{ V}$$

Untuk menghitung persentase jatuh tegangan pada masing-masing tiang dapat dihitung dengan Persamaan 8 berikut :

%  $\Delta V_{T-1}$  Tiang 1 =

$$\frac{V - V_1}{V} \times 100\% = \frac{228 - 227,73}{228} \times 100\% = 0,12\%$$

Dari  $\Delta V_{T-1}$  Drop tegangan pada tiang 1 dengan persamaan yang sama dapat dibuat dalam Tabel 3 berikut.

**Tabel 3**

Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan pada Fasa R Tiap Tiang JTR saat Beban Puncak

Fasa R						
Tiang	Daya Tersambung (VA)	Arus Pada Tiang (A)	Arus Saluran (A)	Jatuh Tegangan (V)	Tegangan (V)	Persentase Jatuh Tegangan (%ΔV)
T1	0	0,000	125,00	0,267	227,73	0,12%
T2	0	0,000	125,00	2,133	225,60	1,05%
T3	1300	3,909	125,00	1,346	224,03	1,73%
T4	0	0,000	119,09	1,473	222,58	2,38%
T5	700	3,182	119,09	1,473	221,11	3,02%
T6	450	2,045	115,91	1,434	219,67	3,65%
T7	700	3,182	113,86	1,408	218,27	4,27%
T8	450	2,045	110,88	1,368	216,90	4,87%
T9	200	0,909	108,84	1,344	215,55	5,46%
T10	800	3,636	107,73	1,333	214,22	6,04%
T11	750	3,409	104,09	1,288	212,93	6,61%
T12	300	1,364	100,88	1,245	211,69	7,15%
T13	650	2,955	99,32	1,229	210,46	7,69%
T14	1300	3,909	96,36	1,192	209,27	8,22%
T15	650	2,955	90,45	1,119	208,13	8,71%
T16	700	3,182	87,50	1,082	207,07	9,18%
T17	500	2,273	84,32	1,043	206,02	9,64%
T18	650	2,955	82,05	1,015	205,01	10,08%
T19	550	2,500	79,09	0,978	204,03	10,51%
T20	800	3,636	76,39	0,947	203,08	10,93%
T21	0	0,000	72,95	0,902	202,18	11,32%
T22	400	1,818	72,95	0,902	201,28	11,72%
T23	900	4,091	71,14	0,880	200,40	12,11%
T24	0	0,000	67,05	0,829	199,57	12,47%
T25	1300	3,909	67,05	0,829	198,74	12,83%
T26	4400	20,000	61,14	0,756	197,98	13,17%
T27	400	1,818	41,14	0,509	197,47	13,39%
T28	850	3,864	39,32	0,486	196,99	13,60%
T29	900	4,091	35,45	0,439	196,55	13,79%
T30	900	4,091	31,38	0,388	196,16	13,96%
T31	900	4,091	27,27	0,337	195,82	14,11%
T32	900	4,091	23,18	0,287	195,54	14,24%
T33	900	4,091	19,09	0,236	195,30	14,34%
T34	550	2,500	15,00	0,186	195,11	14,42%
T35	700	3,182	12,50	0,155	194,96	14,48%
T36	450	2,045	9,32	0,115	194,84	14,54%
T37	1150	5,227	7,27	0,090	194,75	14,58%
T38	450	2,045	2,05	0,025	194,73	14,59%

Dari tabel diatas apabila tiang yang dekat dengan sumber hasil tegangan tersebut 228 volt, apabila tiang berada jauh dari sumber maka tegangan tersebut akan turun dan tegangan ditingkatkan akhir yaitu 194,73 Volt dengan presentase 14,59% diatas standar SPLN yaitu 10%.

Perhitungan jatuh tegangan pada fasa S dengan daya total 25300 VA dan arus yang terukur adalah 115 A, maka dengan data tersebut dapat dihitung arus pada tiang, arus saluran, jatuh tegangan, tegangan, dan persentase jatuh tegangan seperti perhitungan untuk fasa R. Berdasarkan perhitungan-perhitungan tersebut, dapat dilihat perhitungan jatuh tegangan pada Fasa S.

Persamaan 9

$$I_1 = \frac{\text{Daya tiap tiang}}{\text{Daya total/fasa}} \times \text{Arus terukur}$$

$$I_1 = \frac{0}{25300} \times 115 A = 0 A$$

Arus saluran dengan persamaan 10

$$I_{s2} = I_{s1} - I_l = 115 A - 0,000 = 115,00$$

Perhitungan jatuh tegangan tiap tiang dengan Persamaan 7

$$\Delta V = I.L (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

$$\Delta V_l = I_{s1} \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

$$\Delta V_l = 115 \times 0,005 \times (0,443 \times 0,85 + 0,1 \times 0,5)$$

$$\Delta V_l = 0,245 V$$

Selanjutnya menghitung tegangan pada masing-masing tiang dengan Persamaan 6 berikut :

Tegangan pada Tiang 1

$$V_l = V_s - \Delta V_l = 229 - 0,245 = 228,75 V$$

Untuk menghitung persentase jatuh tegangan pada masing-masing tiang dapat dihitung dengan Persamaan 8 berikut :

%  $\Delta V_{T-1}$  Tiang 1 =

$$\frac{V - V_1}{V} \times 100\% = \frac{229 - 228,75}{229} \times 100\% = 0,11\%$$

Dari  $\Delta V_{T-1}$  Drop tegangan pada Tiang 1 dengan persamaan yang sama dapat dibuat dalam Tabel 4

**Tabel 4**

Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan pada Fasa S Tiap Tiang JTR saat Beban Puncak

Fasa S						
Tiang	Daya Tersambung (VA)	Arus Pada Tiang (A)	Arus Saluran (A)	Jatuh Tegangan (V)	Tegangan (V)	Persentase Jatuh Tegangan (%ΔV)
T1	0	0,000	115,00	0,245	228,75	0,11%
T2	0	0,000	115,00	1,962	226,79	0,96%
T3	1300	3,909	115,00	1,423	225,37	1,59%
T4	0	0,000	109,09	1,349	224,02	2,17%
T5	600	2,727	109,09	1,349	222,67	2,76%
T6	400	1,818	106,36	1,316	221,36	3,34%
T7	600	2,727	104,55	1,293	220,06	3,90%
T8	450	2,045	101,82	1,259	218,80	4,45%
T9	300	0,909	99,77	1,234	217,57	4,99%
T10	750	3,409	95,86	1,203	216,38	5,53%
T11	650	2,955	92,43	1,181	215,16	6,04%
T12	300	1,364	92,50	1,144	214,02	6,54%
T13	550	2,500	91,14	1,127	212,89	7,03%
T14	1300	3,909	88,64	1,096	211,80	7,51%
T15	500	2,273	82,73	1,023	210,77	7,96%
T16	600	2,727	80,45	0,995	209,78	8,39%
T17	450	2,045	77,73	0,961	208,82	8,81%
T18	600	2,727	75,68	0,936	207,88	9,22%
T19	500	2,273	72,95	0,902	206,98	9,62%
T20	750	3,409	70,68	0,874	206,10	10,00%
T21	0	0,000	67,27	0,832	205,27	10,36%
T22	400	1,818	67,27	0,832	204,44	10,73%
T23	900	4,091	63,45	0,810	203,63	11,08%
T24	0	0,000	61,36	0,759	202,87	11,41%
T25	1300	3,909	61,36	0,759	202,11	11,74%
T26	4400	20,000	55,45	0,686	201,43	12,04%
T27	400	1,818	35,45	0,439	200,96	12,23%
T28	350	3,364	33,64	0,416	200,57	12,41%
T29	650	2,955	29,77	0,368	200,20	12,58%
T30	700	3,182	26,82	0,332	199,87	12,75%
T31	800	3,636	23,64	0,292	199,58	12,89%
T32	500	2,273	20,00	0,247	199,33	12,96%
T33	750	3,409	17,73	0,219	199,11	13,03%
T34	500	2,273	14,32	0,177	198,93	13,13%
T35	600	2,727	12,03	0,149	198,79	13,19%
T36	450	2,045	9,32	0,115	198,67	13,24%
T37	1150	5,227	7,27	0,090	198,58	13,28%
T38	450	2,045	2,05	0,025	198,56	13,29%

Dari tabel diatas apabila tiang yang dekat dengan sumber hasil tegangan tersebut 229 Volt, apabila tiang berada jauh dari sumber

maka tegangan tersebut akan turun dan tegangan ditiang akhir yaitu 198,56 volt dengan presentase 13,29% diatas standar SPLN yaitu 10%.

Perhitungan jatuh tegangan pada fasa T dengan daya total 28600 VA dan arus yang terukur adalah 130 A, maka dengan data tersebut dapat dihitung arus pada tiang, arus saluran, jatuh tegangan, tegangan, dan persentase jatuh tegangan seperti perhitungan untuk fasa R dan S. Berdasarkan perhitungan-perhitungan tersebut, dapat dilihat perhitungan jatuh tegangan pada Fasa T

Persamaan 9

$$I_1 = \frac{\text{Daya tiap tiang}}{\text{Daya total/fasa}} \times \text{Arus terukur}$$

$$I_1 = \frac{0}{28600} \times 130 \text{ A} = 0 \text{ A}$$

Arus saluran dengan Persamaan 10

$$I_{s2} = I_{s1} - I_1 = 130 \text{ A} - 0,000 = 130,00$$

Perhitungan jatuh tegangan tiap tiang dengan Persamaan 7

$$\Delta V = I.L (R \text{ Cos } \varphi + X \text{ Sin } \varphi)$$

$$\Delta V_1 = I_{s1} \times L \times (R \text{ Cos } \varphi + X \text{ Sin } \varphi)$$

$$\Delta V_1 = 130 \times 0,005 \times (0,443 \times 0,85 + 0,1 \times 0,5)$$

$$\Delta V_1 = 0,277 \text{ V}$$

Selanjutnya menghitung tegangan pada masing-masing tiang dengan Persamaan 6 berikut :  
 Tegangan pada tiang 1

$$V_1 = V_s - \Delta V_1 = 226 - 0,277 = 225,72 \text{ V}$$

Untuk menghitung persentase jatuh tegangan pada masing-masing tiang dapat dihitung dengan Persamaan 8 berikut:

$$\% \Delta V_{T-1} \text{ Tiang 1} =$$

$$\frac{V - V_1}{V} \times 100\% = \frac{226 - 225,72}{226} \times 100\% = 0,12\%$$

Dari  $\Delta V_{T-1}$  Drop tegangan pada Tiang 1 dengan persamaan yang sama dapat dibuat dalam Tabel 5

**Tabel 5**

Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan pada Fasa T Tiap Tiang JTR saat Beban Puncak

Fasa T						
Tiang	Daya Tambung (VA)	Arus Pada Tiang (A)	Arus Saluran (A)	Jatuh Tegangan (V)	Tegangan (V)	Persentase Jatuh Tegangan (%ΔV)
T1	0	0,000	130,00	0,277	225,72	0,12%
T2	0	0,000	130,00	2,218	223,50	1,10%
T3	1300	5,909	130,00	1,608	221,90	1,32%
T4	0	0,000	124,00	1,535	220,36	2,49%
T5	300	3,636	124,00	1,333	218,33	3,17%
T6	450	2,045	120,45	1,490	217,34	3,33%
T7	700	3,182	113,41	1,465	215,87	4,48%
T8	450	2,045	115,23	1,425	214,45	5,11%
T9	350	1,591	113,18	1,400	213,05	5,73%
T10	300	3,636	111,59	1,380	211,67	6,34%
T11	750	3,409	107,95	1,333	210,33	6,93%
T12	300	1,364	104,55	1,293	209,04	7,31%
T13	650	2,955	103,18	1,276	207,76	8,07%
T14	1300	5,909	100,23	1,240	206,52	8,62%
T15	650	2,955	94,32	1,167	205,35	9,14%
T16	700	3,182	91,36	1,130	204,22	9,64%
T17	350	2,300	88,13	1,091	203,13	10,12%
T18	650	2,955	85,63	1,060	202,07	10,59%
T19	600	2,727	82,73	1,023	201,05	11,04%
T20	900	4,091	80,00	0,990	200,06	11,48%
T21	0	0,000	75,91	0,939	199,12	11,89%
T22	350	2,300	75,91	0,939	198,18	12,31%
T23	900	4,091	73,41	0,908	197,27	12,71%
T24	0	0,000	69,32	0,857	196,42	13,09%
T25	1300	5,909	69,32	0,857	195,56	13,47%
T26	4400	20,000	63,41	0,784	194,78	13,82%
T27	350	2,300	43,41	0,537	194,24	14,05%
T28	350	3,636	40,91	0,506	193,73	14,28%
T29	900	4,091	37,05	0,453	193,27	14,48%
T30	900	4,091	32,95	0,403	192,87	14,66%
T31	900	4,091	28,36	0,357	192,51	14,82%
T32	900	4,091	24,77	0,306	192,20	14,95%
T33	900	4,091	20,63	0,256	191,95	15,07%
T34	900	4,091	16,59	0,205	191,74	15,16%
T35	700	3,182	12,30	0,153	191,59	15,23%
T36	450	2,045	9,32	0,113	191,47	15,28%
T37	1150	5,227	7,27	0,090	191,38	15,32%
T38	450	2,045	2,05	0,023	191,36	15,33%

Dari tabel diatas apabila tiang yang dekat dengan sumber hasil tegangan tersebut 226 Volt, apabila tiang berada jauh dari sumber maka tegangan tersebut akan turun dan tegangan ditiang akhir yaitu 191,36 Volt dengan presentase 15,33% diatas standar SPLN yaitu 10%.

## 5. Rencana Pecah Beban

### 5.1 Pengukuran Fasa R, S, dan T Setelah Pecah Beban

Jarak antar tiang (L) yang ditunjukkan dari Gambar 1 sebesar 29 meter (0,029 km) daya total fasa R adalah 17400 VA dan arus yang terukur adalah 79,09 A. Arus disetiap tiang fasa R dihitung dengan menggunakan Persamaan 9

$$I_1 = \frac{\text{Daya tiap tiang}}{\text{Daya total/fasa}} \times \text{Arus terukur}$$

$$I_1 = \frac{550}{17400} \times 79,09 \text{ A} = 2,500 \text{ A}$$

Arus saluran dengan Persamaan 10

$$I_{s2} = I_{s1} - I_1 = 79,09 \text{ A} - 2,500 = 76,59$$

Perhitungan jatuh tegangan tiap tiang dengan Persamaan 7

$$\Delta V = I.L (R \text{ Cos } \varphi + X \text{ Sin } \varphi)$$

$$\Delta V_1 = I_{s1} \times L \times (R \text{ Cos } \varphi + X \text{ Sin } \varphi)$$

$$\Delta V_1 = 79,09 \times 0,005 \times (0,443 \times 0,85 + 0,1 \times 0,5)$$

$$\Delta V_1 = 0,169 \text{ V}$$

Selanjutnya menghitung tegangan pada masing-masing tiang dengan Persamaan 6 berikut:

Tegangan pada Tiang 19

$$V_1 = V_s - \Delta V_1 = 230 - 0,169 = 229,83 \text{ V}$$

Untuk menghitung jatuh tegangan dalam % (% $\Delta$ ) pada masing-masing tiang dapat dihitung dengan Persamaan 8 berikut:

% $\Delta V_{T-19}$  Tiang 19 =

$$\frac{V - V_1}{V} \times 100\% = \frac{230 - 229,83}{230} \times 100\% = 0,07\%$$

Dari  $\Delta V_{T-19}$  Drop tegangan pada Tiang 19 dengan persamaan yang sama dapat dibuat dalam Tabel 6

**Tabel 6**  
 Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan Setelah Pecah Beban pada Fasa R

Fasa R						
Tiang	Daya Tersambung (VA)	Arus Pada Tiang (A)	Arus Saluran (A)	Jatuh Tegangan (V)	Tegangan (V)	Persentase Jatuh Tegangan (% $\Delta V$ )
T19	550	2,500	79,09	0,169	230,00	0,00%
T20	800	3,636	76,59	0,947	229,83	0,07%
T21	0	0,000	72,95	0,902	228,88	0,49%
T22	400	1,818	72,95	0,902	227,98	0,88%
T23	900	4,091	71,14	0,880	227,08	1,27%
T24	0	0,000	67,04	0,829	226,20	1,65%
T25	1300	5,909	67,04	0,829	225,37	2,01%
T26	4400	20,000	61,14	0,756	224,54	2,37%
T27	400	1,818	41,14	0,509	223,78	2,70%
T28	850	3,864	39,32	0,486	223,28	2,92%
T29	900	4,091	35,45	0,439	222,79	3,14%
T30	900	4,091	31,36	0,388	222,35	3,33%
T31	900	4,091	27,27	0,337	221,96	3,49%
T32	900	4,091	23,18	0,287	221,63	3,64%
T33	900	4,091	19,09	0,236	221,34	3,77%
T34	550	2,500	15,00	0,186	221,10	3,87%
T35	700	3,182	12,50	0,155	220,92	3,95%
T36	450	2,045	9,32	0,115	220,76	4,02%
T37	1150	5,227	7,27	0,090	220,65	4,07%
T38	450	2,045	2,05	0,025	220,56	4,11%

Maka hasil dari tabel diatas setelah pecah beban dari tiang yang dekat dengan sumber 230 Volt maka tegangan tersebut berada di bawah 10% dengan tegangan ditiang akhir 220,56 Volt dalam persentase yaitu 4,11 %.

## 5.2 Perhitungan Arus dan Rrugi2 Ttegangan

Perhitungan jatuh tegangan pada fasa S dengan daya total 16050 VA dan arus yang terukur adalah 72,95 A, maka dengan data tersebut dapat dihitung arus pada tiang, arus saluran, jatuh tegangan, tegangan, dan persentase jatuh tegangan seperti perhitungan untuk fasa R. Berdasarkan perhitungan-perhitungan tersebut, dapat dilihat perhitungan jatuh tegangan pada Fasa S.

Menggunakan Persamaan 9

$$I_1 = \frac{\text{Daya tiap tiang}}{\text{Daya total/fasa}} \times \text{Arus terukur}$$

$$I_1 = \frac{500}{16050} \times 72,95 \text{ A} = 2,273 \text{ A}$$

Arus saluran dengan Persamaan 10

$$I_{s2} = I_{s1} - I_1 = 72,95 \text{ A} - 2,273 = 70,68$$

Perhitungan jatuh tegangan tiap tiang dengan Persamaan 7

$$\Delta V = I L (R \text{ Cos } \varphi + X \text{ Sin } \varphi)$$

$$\Delta V_1 = I_{s1} \times L \times (R \text{ Cos } \varphi + X \text{ Sin } \varphi)$$

$$\Delta V_1 = 72,95 \times 0,005 \times (0,443 \times 0,85 + 0,1 \times 0,5)$$

$$\Delta V_1 = 0,156 \text{ V}$$

Selanjutnya menghitung tegangan pada masing-masing tiang dengan Persamaan 6 berikut:

Tegangan pada tiang 19

$$V_1 = V_s - \Delta V_1 = 230 - 0,156 = 229,13 \text{ V}$$

Untuk menghitung persentase jatuh tegangan pada masing-masing tiang dapat dihitung dengan Persamaan 8 berikut:

% $\Delta V_{T-19}$  Tiang 19 =

$$\frac{V - V_1}{V} \times 100\% = \frac{230 - 229,13}{230} \times 100\% = 0,38\%$$

Dari  $\Delta V_{T-19}$  Drop tegangan pada Tiang 19 dengan persamaan yang sama dapat dibuat dalam Tabel 7

**Tabel 7**  
 Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan Setelah Pecah Beban pada Fasa S

Fasa S						
Tiang	Daya Tersambung (VA)	Arus Pada Tiang (A)	Arus Saluran (A)	Jatuh Tegangan (V)	Tegangan (V)	Persentase Jatuh Tegangan (% $\Delta V$ )
T19	500	2,273	72,95	0,156	230,00	0,00%
T20	750	3,409	70,68	0,874	229,13	0,38%
T21	0	0,000	67,27	0,832	228,29	0,74%
T22	400	1,818	67,27	0,832	227,46	1,10%
T23	900	4,091	65,45	0,810	226,65	1,46%
T24	0	0,000	61,36	0,759	225,89	1,79%
T25	1300	5,909	61,36	0,759	225,13	2,12%
T26	4400	19,999	55,45	0,686	224,45	2,41%
T27	400	1,818	35,45	0,439	224,01	2,60%
T28	850	3,863	33,63	0,416	223,59	2,79%
T29	650	2,954	29,77	0,368	223,23	2,95%
T30	700	3,182	26,82	0,332	222,89	3,09%
T31	800	3,636	23,63	0,292	222,60	3,22%
T32	500	2,273	20,00	0,247	222,35	3,32%
T33	750	3,409	17,73	0,219	222,13	3,42%
T34	500	2,273	14,32	0,177	221,96	3,50%
T35	600	2,727	12,04	0,149	221,81	3,56%
T36	450	2,045	9,32	0,115	221,69	3,61%
T37	1150	5,227	7,27	0,090	221,60	3,65%
T38	450	2,045	2,05	0,025	221,58	3,66%

Maka hasil dari tabel diatas setelah pecah beban dari tiang yang dekat dengan sumber 230 Volt maka tegangan tersebut berada di bawah 10% dengan tegangan ditiang akhir 221,58 Volt dalam persentase yaitu 3,66 %.

Perhitungan jatuh tegangan pada fasa T dengan daya total 18200 VA dan arus yang terukur adalah 82,73, maka dengan data tersebut dapat dihitung arus pada tiang, arus saluran, jatuh tegangan, tegangan, dan persentase jatuh tegangan seperti perhitungan untuk fasa R dan S. Berdasarkan perhitungan-perhitungan tersebut, dapat dilihat perhitungan jatuh tegangan pada Fasa T.

Menggunakan Persamaan 9

$$I_1 = \frac{\text{Daya tiap tiang}}{\text{Daya total/fasa}} \times \text{Arus terukur}$$

$$I_1 = \frac{600}{18200} \times 82,73 \text{ A} = 2,727 \text{ A}$$

Arus saluran dengan Persamaan 10

$$I_{s2} = I_{s1} - I_1 = 82,73 \text{ A} - 2,727 = 82,73$$

Perhitungan jatuh tegangan tiap tiang dengan Persamaan 7

$$\Delta V = I.L (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

$$\Delta V_1 = I_{s1} \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

$$\Delta V_1 = 82,73 \times 0,005 \times (0,443 \times 0,85 + 0,1 \times 0,5)$$

$$\Delta V_1 = 0,176 \text{ V}$$

Selanjutnya menghitung tegangan pada masing-masing tiang dengan Persamaan 6 berikut:

Tegangan pada Tiang 19

$$V_1 = V_s - \Delta V_1 = 230 - 0,176 = 229,01 \text{ V}$$

Untuk menghitung persentase jatuh tegangan pada masing-masing tiang dapat dihitung dengan Persamaan 8 berikut:

$$\% \Delta V_{T-19} \text{ Tiang 19} = \frac{V - V_1}{V} \times 100\% = \frac{230 - 229,01}{230} \times 100\% = 0,43\%$$

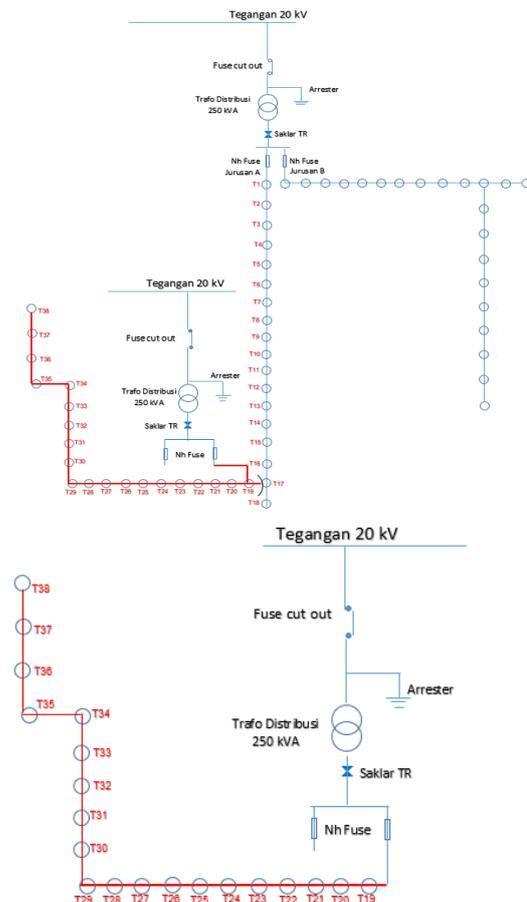
Dari  $\Delta V_{T-19}$  Drop tegangan pada Tiang 19 dengan persamaan yang sama dapat dibuat dalam Tabel 8

**Tabel 8**  
 Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan Setelah Pecah Beban pada Fasa T

Fasa T						
Tiang	Daya Tersambung (VA)	Arus Pada Tiang (A)	Arus Saluran (A)	Jatuh Tegangan (V)	Tegangan (V)	Persentase Jatuh Tegangan (% $\Delta V$ )
T19	600	2,727	82,73	0,176	230,00	0,00%
T20	900	4,091	80,00	0,990	229,01	0,43%
T21	0	0,000	75,91	0,939	228,07	0,84%
T22	550	2,500	75,91	0,939	227,13	1,25%
T23	900	4,091	73,41	0,908	226,22	1,64%
T24	0	0,000	69,32	0,857	225,37	2,01%
T25	1300	5,909	69,32	0,857	224,51	2,39%
T26	4400	20,001	63,41	0,784	223,72	2,73%
T27	550	2,500	43,41	0,537	223,19	2,96%
T28	850	3,864	40,91	0,506	222,68	3,18%
T29	900	4,091	37,05	0,458	222,22	3,38%
T30	900	4,091	32,96	0,408	221,82	3,56%
T31	900	4,091	28,86	0,357	221,46	3,71%
T32	900	4,091	24,77	0,306	221,15	3,85%
T33	900	4,091	20,68	0,256	220,90	3,96%
T34	900	4,091	16,59	0,205	220,69	4,05%
T35	700	3,182	12,50	0,155	220,54	4,11%
T36	450	2,046	9,32	0,115	220,42	4,16%
T37	1150	5,227	7,27	0,090	220,33	4,20%
T38	450	2,046	2,05	0,025	220,31	4,21%

Maka hasil dari tabel diatas setelah pecah beban dari tiang yang dekat dengan sumber 230 Volt maka tegangan tersebut berada di bawah 10% dengan tegangan ditiang akhir 220,31 Volt dalam persentase yaitu 4,21 %.

Single line diagram setelah diadakannya pecah beban dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



**Gambar 6.** Single Line Setelah Pecah Beban

## 6. KESIMPULAN

### 6.1 Simpulan

Dari hasil pembahasan skripsi di atas mengenai tegangan drop pada jaringan tegangan rendah dengan menggunakan metode pecah beban, dapat disimpulkan bahwa sebelum dilaksanakan pecah beban hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa besaran nilai tegangan pada tiang terakhir fasa R 194,73 Volt, fasa S 198,56 Volt, dan fasa T 191,36 Volt. Setelah dilakukannya pecah beban hasil ukur tegangan di tiang terakhirnya yaitu fasa R 220,56 Volt, fasa S 221,58 Volt, dan juga fasa T 220,31 Volt. Bisa dilihat bahwa hasilnya jurusan yang baru ini memiliki nilai tegangan yang baik tidak dibawah standar voltage drop yang ditetapkan PLN yaitu nilai tegangan pelayanan memiliki nilai maksimum 5% dan minimum 10% dari tegangan nominal 220 Volt.

## DAFTAR PUSTAKA

- SPLN-1, 1995, *Tegangan Tegangan Standar.*** Jakarta.
- SPLN-59, 1985, *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV,*** Jakarta.
- Pulungan, Ali Basrah, Sukardi dan Dahlan Prinando Tambun. 2012.** Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Di Wilayah Area Pelayanan Jaringan (APJ) Padang PT. PLN (Persero) Cabang Padang. *Jurnal Nasional Teknik Elektro* No.1 Vol:1 September 2012, ISSN: 2302-2949.
- Setiadji, Julius Sentosa, Tabrani Machmudsyah dan Yanuar Isnanto. 2006.** Pengaruh Ketidak seimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Trafo Distribusi. *Jurnal Teknik Elektro* Vol.6, No.1, Maret 2006: 68-73.
- Abadi Akbar dan Syafii. 2015.** Analisa Perbaikan Profil Tegangan System Tenaga Listrik Sumba Menggunakan Kapasitor Bank dan Tap Transformator. *Jurnal Nasional Teknik Elektro* Vol:4, No.2 September 2015, ISSN: 2302-2949.