

ANALISIS KERUGIAN TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH (JTR) 380/220 VOLT GARDU DISTRIBUSI POLITEKNIK NEGERI AMBON

Hamles L. Latupeirissa¹⁾, Halamoan M. Muskita²⁾, Critter A, Leihitu³⁾

^{1,2,3)} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ambon

¹⁾Leo.lidya.6475@gmail.com, ²⁾h.m.muskita@gmail.com, ³⁾critterleihitu@gmail.com

ABSTRACT

The type of distribution network on the campus of the State Polytechnic of Ambon is a radial type, with 17 load points. Has an installed capacity of 200 kVA with the length and width of the wire cross section varying at each load point. The opposite load points and the size of the cross-sectional area are not ideal such as (i) the hall building, (ii) the building of Electrical Engineering, and (iii) the Civil Engineering building. As a result of that viewpoint as well as the size of the cross-sectional area. The aims of this study are, (i) the large amounts that occur in the secondary network; (ii) Increased speed on secondary networks. Types of data required to perform calculations, (i) standard data types and channel / cable size; (ii) type and number of bus and length of distribution channels; (iii) data substations and distribution transformers; (iv) loading data. While the stress drop calculation analysis in this study, focused on (i) determining the presentation of voltage drop; (ii) determining the ideal cross-sectional area and (iii) calculating the value of each bus, the current on the inter-bus channel, after the channel change. Result of analysis to regulation of voltage (VR), it can be seen that bus load 16 (8,21%) and 17 (8,56%) happened voltage regulation passing 4% This is due to the length of conductor and the size of the small conducting cross-section (16 mm²). But after that, the larger cross-sectional area (70 mm²), then the voltage quality, where load regulation at bus load 16 decreases to 2.5% and the bus load 17 decreases to 2.6%.

ABSTRAK

Tipe jaringan distribusi pada kampus Politeknik Negeri Ambon merupakan tipe radial, dengan 17 titik beban. Memiliki kapasitas terpasang 200 kVA dengan ukuran panjang dan luas penampang kawat yang bervariasi pada setiap titik beban. Titik-titik beban yang berjarak jauh dan ukuran luas penampang tidak ideal seperti (i) gedung aula, (ii) gedung Teknik Elektro, dan (iii) gedung Teknik Sipil. Akibat dari jauhnya titik-titik beban tersebut dan juga ukuran luas penampang, maka mengakibatkan terjadinya jatuh tegangan. Tujuan penelitian ini adalah, (i) menghitung seberapa besar jatuh tegangan yang terjadi pada jaringan sekunder; (ii) menghitung perbaikan jatuh tegangan pada jaringan sekunder. Jenis data yang diperlukan untuk melakukan analisa perhitungan, (i) data standar jenis-jenis dan ukuran saluran/kabel; (ii) jenis serta jumlah bus dan panjang saluran distribusi; (iii) data gardu dan trafo distribusi; (iv) data pembebanan. Sedangkan analisa perhitungan drop tegangan pada penelitian ini, difokuskan pada (i) penentuan presentasi drop tegangan; (ii) penentuan luas penampang saluran yang ideal dan (iii) perhitungan nilai tegangan tiap bus, arus pada saluran antar bus, setelah penggantian saluran. Hasil analisa terhadap regulasi tegangan (V_R), terlihat bahwa *load bus* 16 (8,21 %) dan 17 (8,56 %) terjadi regulasi tegangan yang melewati batas maksimum 4 %. Hal ini diakibatkan dari panjang penghantar dan ukuran luas penampang penghantar yang kecil (16 mm²). Namun setelah mengganti ukuran luas penampang penghantar dengan yang lebih besar (70 mm²), maka terlihat adanya perbaikan kualitas tegangan, dimana regulasi tegangan pada *load bus* 16 turun menjadi 2,5 % dan pada *load bus* 17 turun menjadi 2,6 %.

Kata kunci : rugi tegangan; jaringan tegangan rendah; gardu distribusi

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu persyaratan keandalan sistem penyaluran tenaga listrik yang harus dipenuhi untuk pelayanan kepada konsumen adalah kualitas tegangan yang baik dan stabil, karena meskipun kelangsungan catu daya dapat diandalkan, namun belum mungkin untuk mempertahankan tegangan tetap pada sistem distribusi karena tegangan jatuh akan terjadi disemua bagian sistem dan akan berubah dengan adanya perubahan beban. Beban sebagian besar memiliki faktor daya tertinggal, pada dasarnya saat beban puncak daya reaktif yang dibutuhkan beban meningkat dan dapat lebih besar dari yang dibangkitkan oleh sistem. Penambahan daya reaktif dan luas penampang saluran pada sistem memungkinkan diperoleh perbaikan pada sistem berupa profil tegangan yang baik, dan *losses* daya yang lebih kecil. Perubahan tegangan pada dasarnya disebabkan oleh adanya

hubungan antara tegangan dan daya reaktif. Jatuh tegangan dalam penghantar sebanding dengan daya reaktif yang mengalir dalam penghantar tersebut.

Tipe jaringan distribusi pada kampus Politeknik Negeri Ambon merupakan tipe radial, dengan 17 titik beban. Memiliki kapasitas terpasang 200 kVA dengan ukuran panjang dan luas penampang kawat saluran yang bervariasi pada setiap titik beban.

Titik-titik beban yang berjarak jauh dan ukuran luas penampang tidak ideal seperti (i) gedung Aula, (ii) gedung Teknik Elektro, (iii) gedung Teknik Sipil dan gedung Teknik Mesin. Akibat dari jauhnya titik-titik beban tersebut dan juga ukuran luas penampang, maka mengakibatkan terjadinya jatuh tegangan dan rugi daya.

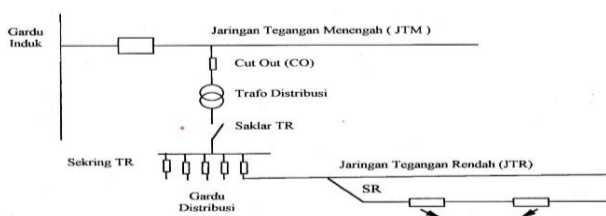
Data pengukuran per 27 Juli 2016 yang dilakukan, terlihat bahwa jatuh tegangan sebesar 17 volt atau 8%. Dari data tersebut nampak bahwa *losses* pada sisi beban cukup besar. Hal ini bila dibiarkan terus-menerus akan

mengakibatkan dampak buruk bagi penyaluran tenaga listrik seperti keandalan sistem menurun, *overload* pada saluran, dan rugi daya yang besar pada penghantar. Jarak yang jauh dan luas penampang saluran yang kecil ini akan menyebabkan penurunan tegangan pada ujung penerimaan dimana konsumen terhubung. Apabila penurunan tegangan yang terjadi melebihi batas toleransi yang diijinkan, maka secara teknis akan mengakibatkan terganggunya kinerja peralatan listrik konsumen.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi

Jaringan setelah keluar dari GI biasa disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui distribusi primer, kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah, kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan melalui sambungan rumah.



Sumber : Basri Hasan. 1990

Gambar 1. Jaringan Distribusi

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20kV sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/380 V.

Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian sistem yaitu :

1. Sistem Distribusi Primer

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah meliputi tegangan menengah 20kV, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah.

2. Sistem Distribusi Sekunder

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah 220/380 volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah. Sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem safu fasa dengan dua kawat maupun sistem tiga fasa dengan empat kawat.

2.2 Tegangan Jatuh (Voltage Drop)

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam

besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.

Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh V pada penghantar semakin besar jika arus I di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar Rℓ semakin besar pula.

Sesuai dengan standar tegangan yang ditentukan oleh PLN (SPLN), perancangan jaringan dibuat agar jatuh tegangan di ujung diterima 2%. Tegangan jatuh pada jaringan disebabkan adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik (R) dan reaktansi (X). Jatuh tegangan Vd pada suatu penghantar yang mempunyai impedansi (Z) dan membawa arus (I) dapat dirumuskan :

$$V_d = IZ \dots\dots\dots (1)$$

Dalam pembahasan ini yang dimaksudkan dengan jatuh tegangan (ΔV) adalah selisih antara tegangan kirim (V_s) dengan tegangan terima (V_r), maka jatuh tegangan dapat didefinisikan adalah :

$$\Delta V = (V_s) - (V_r) \dots\dots\dots (2)$$

Karena adanya resistansi pada penghantar maka tegangan yang diterima konsumen (V_r) akan lebih kecil dari tegangan kirim (V_s), sehingga tegangan jatuh (*Vdrop*) merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (*sending end*) dan tegangan pada ujung penerimaan (*receiving end*) tenaga listrik. Tegangan jatuh relatif dinamakan regulasi tegangan V_R (*voltage regulation*) dan dinyatakan oleh rumus :

$$V_R = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

V_s = tegangan pada pangkal pengiriman

V_r = tegangan pada ujung penerimaan

Dalam penyederhanaan perhitungan, diasumsikan beban-bebannya merupakan beban fasa tiga yang seimbang dan faktor dayanya ($\cos \phi$) antara 0,6 s/d 0,85. Jatuh tegangan dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut :

$$\Delta V = I (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi) L \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

I = Arus beban (Ampere)

R = Tahanan rangkaian (Ohm)

X = Reaktansi rangkaian (Ohm)

L = Panjang penghantar (m)

2.3 Penyebab Terjadinya Tegangan Jatuh

Besar kecilnya jatuh tegangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, (i) tahanan saluran; (ii) arus saluran; (iii) Faktor daya ($\cos \phi$).

1. Panjang saluran

Akibat adanya impedansi saluran dan beban maka antara tegangan sumber (V_s) dan tegangan penerima (V_r) ada perbedaan. Dimana tegangan penerima akan selalu lebih kecil dari tegangan sumber ($V_s > V_r$). Selisih tegangan tersebut disebut jatuh tegangan (ΔV). Secara umum jatuh tegangan adalah $\Delta V = V_s - V_r$.

1. Besar beban pada suatu titik (tiang) tidak sama pada fasa yang satu dengan fasa yang lainnya, walaupun dilihat dari gardu, beban tiap fasanya mungkin sama besar diantaranya disebabkan oleh perilaku beban konsumen yang tidak teratur.
2. Beban dilihat dari gardu tidak sama untuk masing – masing fasa, sudah pasti beban di tiap tiang tidak sama.
3. Pembagian atau penempatan beban di masing- masing fasa tidak sama.

2.4 Pengaturan Tegangan dan Jatuh Tegangan

Menurut standar perusahaan umum listrik Negara (SPLN) 72 tahun 1987, jatuh tegangan yang diijinkan pada masing-masing jenis sambungan, sebagai berikut :

1. Jatuh tegangan pada jaringan tegangan menengah (JTM) dibolehkan:
 - a. 2% dari tegangan kerja sebagaimana tercantum pada ayat 22 bagi sistem yang tidak memanfaatkan STB (yaitu sistem Spindel dan Gugus).
 - b. 5% dari tegangan kerja bagi sistem yang memanfaatkan STB yaitu sistem radial di atas tanah dan sistem simpul.
2. Jatuh tegangan pada transformator distribusi dibolehkan 3% dari tegangan kerja.
3. Jatuh tegangan pada sambungan tegangan rendah (STR) dibolehkan sampai 4% dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.
4. Jatuh tegangan pada sambungan rumah (SR) dibolehkan 1% dari tegangan nominal.

2.5 Perhitungan Arus Beban Penuh Trafo

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3}.V.I \text{ (VA)} \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

- S = Daya transformator (kVA)
- V = Tegangan sisi primer transformator (kV)
- I = Arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*), dapat menggunakan rumus :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}.V} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

- I_{FL} = Arus beban penuh (A)
- S = Daya transformator (kVA)
- V = Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

3. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di kampus Politeknik Negeri Ambon, khususnya pada gardu dan jaringan distribusi tegangan rendah 380/220 volt, dengan jenis penelitian *Survey Research* (penelitian survei), dimana tidak dilakukan perubahan atau tidak ada perlakuan khusus terhadap variabel yang diteliti.

Untuk lebih mempermudah pemahaman dalam mempelajari dan melakukan penganalisaan, maka diperlukan suatu kerangka pemikiran yang jelas. Algoritma kerangka pemikirannya dibuat sebagai berikut :

1. Penentuan *drop* tegangan diawali dengan menentukan pangkal pengirim (*slack bus*) dan pangkal penerima (*load bus*).

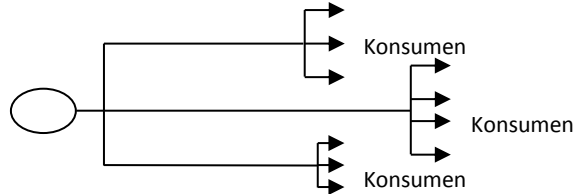
2. Menentukan single line diagram jaringan distribusi.
3. Menghitung jatuh tegangan (ΔV) masing-masing *load bus* sesuai dengan data hasil penelitian, yakni arus saluran, tegangan *slack bus*, panjang penghantar impedansi penghantar sesuai luas penampang penghantar dan faktor beban ($\cos \phi$).
4. Menghitung tegangan pada pangkal penerima (V_r) pada masing-masing *load bus*.
5. Menghitung presentasi jatuh tegangan atau regulasi tegangan (V_R) tiap saluran.
6. Membandingkan regulasi tegangan tiap saluran dengan ketentuan 4 %.
7. Tentukan luas penampang yang ideal.
8. Menghitung jatuh tegangan (ΔV) *load bus* yang regulasi tegangannya melebihi 4% dengan menggunakan luas penampang ideal.
9. Menghitung presentasi jatuh tegangan atau regulasi tegangan (V_R) saluran yang regulasi tegangannya melebihi 4%.
10. Selesai.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

1. Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan pada Politeknik Negeri Ambon merupakan sistem radial. Sistem Radial atau sistem terbuka adalah sistem yang berhubungan satu pembangkit listrik dengan gardu induk (GI) dan kemudian kesaluran distribusinya seperti terlihat pada gambar 2 dibawah ini.



Sumber : Hadi, Abdul. 1991

Gambar 2 Sistem Radial

- a. Keuntungan
Keuntungan dari sistem radial ini adalah:
 1. Sangat sederhana dan mudah menyalurkan tenaga listrik dari satu tempat ke tempat yang lain.
 2. Biaya operasinya sangat murah
- b. Kerugian
Kerugian-kerugian yang kemungkinan terjadi pada sistem Radial ini adalah:
 1. Kontinuitas penyaluran tenaga listrik kurang baik
 2. Apabila sistem ini digunakan pada daerah yang luas, maka kerjanya menjadi mahal.

2. Gardu Distribusi

Gardu Politeknik merupakan salah satu gardu distribusi (GD) dari penyulang (*feeder*) Hative Besar, yang memperoleh catu daya dari gardu induk (GI) PLTD Poka.

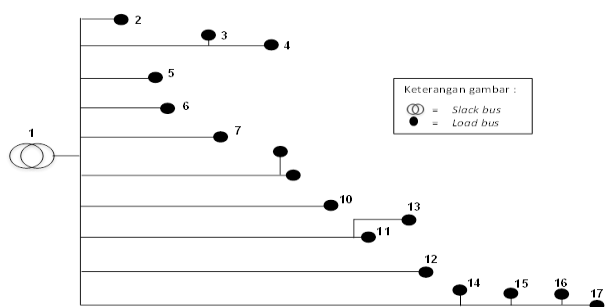
Gardu Politeknik Negeri Ambon memiliki sebuah trafo distribusi (step-down) yang berlokasi di sebelah barat kampus. Trafo distribusi dengan daya terpasang 200 kVA dan tegangan 400/220 Volt dengan panjang penghantar ± 2,820 km, melayani 16 (enam belas) pusat beban yang terdiri dari 4 bengkel, 5 laboratorium, 3 gedung jurusan, 1 fasilitas loker dan kolam renang, 1

gedung aula, 1 gudang dan administrasi MR dan 1 gedung pusat administrasi. Sedangkan gedung jurusan Mesin dicatu dari sumber di luar gardu Politeknik, serta jurusan Niaga dan Akuntansi merupakan 1 bus beban (*load bus*).

4.2 Diskripsi Variabel Penelitian

Untuk menyelesaikan perhitungan aliran daya terlebih dahulu ditetapkan diagram satu garis yang akan dianalisa. Selanjutnya *node-node* yang ada diklasifikasikan, yaitu busbar GD Politeknik diasumsikan sebagai *slack bus*, sedangkan *node-node* yang lain sepanjang saluran dipandang sebagai *load bus*. Dalam hal ini tidak ada bus generator, karena sepanjang saluran tidak terdapat pembangkitan.

1. Single Diagram



Sumber : Politeknik Negeri Ambon, 2016

Gambar 3 Single Line Diagram gardu Politeknik

2. Data Saluran

Sistem jaringan distribusi gardu Politeknik menggunakan kabel penghantar tipe XLPE (kabel tanah berisolasi) 70 mm² dan AAAC (kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium) 16 mm² dan 70 mm².

Tabell Data impedansi penghantar

Luas Penampang (mm ²)	Jari ² (mm)	Urat	GMR (mm)	Impedansi urutan positif (Ohm/km)	Impedansi urutan nol (Ohm/km)
16	2,2563	7	1,6380	1,8328 + j 0,4035	1,9862 + j 1,4910
25	2,8203	7	2,0475	1,1755 + j 0,3895	1,3245 + j 1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,8403 + j 0,3791	0,9883 + j 1,6666
50	3,9886	7	2,8957	0,5882 + j 0,3677	0,7362 + j 1,6552
70	4,7193	7	3,4262	0,4202 + j 0,3572	0,5682 + j 1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3096 + j 0,3464	0,4576 + j 1,6339
120	6,1791	19	4,6837	0,2451 + j 0,3375	0,3931 + j 1,6250
150	6,9084	19	5,2365	0,1961 + j 0,3305	0,3441 + j 1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1590 + j 0,3239	0,3070 + j 1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1225 + j 0,3157	0,2705 + j 1,6032

Sumber : SPLN 64 : 1987

Tabel 2 Data impedansi penghantar

Σ penghantar	Penghantar		Tahanan maks pada DC temp 20 ⁰ C	Tahanan pada AC temp 90 ⁰ C	saat operasi		Maks kapasitas arus temp 30 ⁰ C	Arus hub singkat selama 1 detik	Teg nom. pcrbn	
	Luas pnmppg	Cu /Al	Ohm/km	Ohm/km	Induktansi (L)	Kapasitansi (C)	dlm tanah			diludara
	mm ²		Ohm/km	Ohm/km	mH/km	mF/km	Amp	Amp	kA	kv/5 min
3	70	Cu	0,2680	0,3420	0,467	0,162	236	257	10,01	30
		Al	0,4430	0,5680	0,467	0,162	179	204	6,58	30

Sumber : SPLN 64 : 1987

Tabel 3 Data panjang saluran distribusi Politeknik

No. Saluran	Dari Bus	Ke Bus	Panjang (m)	Jenis Penghantar	Luas Penampang (mm ²)
1	1	2	65	XLPE	70
2	1	3	104	AAAC	70
3	3	4	52	AAAC	70
4	1	5	130	XLPE	70
5	1	6	156	XLPE	70
6	1	7	195	XLPE	70
7	9	8	26	XLPE	70
8	1	9	260	XLPE	70
9	1	10	312	XLPE	70
10	1	11	351	XLPE	70
11	1	12	390	XLPE	70
12	11	13	78	XLPE	70
13	1	14	507	AAAC	16
14	14	15	93	AAAC	16
15	15	16	50	AAAC	16
16	16	17	25	AAAC	16

Sumber : Politeknik Negeri Ambon 2016

3. Data Pembebanan

Data pembebanan diperoleh dari trafo distribusi, dimana besarnya beban pada masing-masing fasa diasumsikan seimbang. Trafo distribusi merupakan pusat pengirim (*sending end*) dan gedung-gedung merupakan pusat penerima (*receiving end*). Dalam perhitungan, pengirim disebut *Slack Bus*, sedang pusat penerima disebut *Load Bus*. Adapun data pembebanan seperti pada tabel 4

Tabel 4 Data pembebanan

No. Bus	Type Bus	V (V)	I (A)	Pembebanan		
				P (W)	Q (VAR)	S (VA)
1	Slack	220	202	35552	26664	44440
2	Load	219,7	18,0	3163,4	2372,5	3954,2
3	Load	219,7	5,0	878,8	659,1	1098,5
4	Load	218,2	20,0	3490,9	2618,2	4363,6
5	Load	219,3	20,0	3508,6	2631,5	4385,8
6	Load	219,1	20,0	3506,3	2629,8	4382,9
7	Load	218,1	36,0	6280,7	4710,5	7850,9
8	Load	219,9	1,0	175,9	132,0	219,9
9	Load	218,9	15,0	2627,2	1970,4	3284,0
10	Load	219,6	5,0	878,3	658,7	1097,9
11	Load	219,3	7,0	1228,2	921,2	1535,3
12	Load	219,5	5,0	877,9	658,4	1097,3
13	Load	218,8	10,0	1750,6	1313,0	2188,3
14	Load	212,5	8,0	1359,8	1019,9	1699,8
15	Load	217,8	2,0	348,4	261,3	435,5
16	Load	201,9	15,0	2423,0	1817,2	3028,7
17	Load	201,2	15,0	2414,6	1811,0	3018,3

Sumber : Politeknik Negeri Ambon, 2016

4.3 Analisis Hasil Penelitian

1. Arus Beban Penuh Trafo (I_{FL})

Perhitung arus beban penuh (*full load*) trafo distribusi, menggunakan persamaan (6) :

S = 200 kVA

V = 0,4 kV fasa - fasa

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}.V} = \frac{200000}{\sqrt{3}.400} = 288,68 \text{ A}$$

2. Jatuh Tegangan (ΔV)

Dengan menggunakan persamaan (2.4), jatuh tegangan atau kerugian tegangan pada setiap *load bus* dapat diketahui besarnya. Ukuran luas penampang penghantar yang digunakan (i) saluran 1, 4 s/d 12 adalah XLPE 70 mm², (ii) saluran 2s/d 3 adalah AAAC 70 mm² dan (iii) saluran 13 s.d 16 adalah AAAC 16 mm².

• Perhitungan jatuh tegangan pada load bus 2

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

Dimana :

I = 18 A

R = 0,3420 Ω/km

Cos φ = 0,8

X = 0 Ω/km

Sin φ = 0,6

L = 0,065 km

$$\Delta V = 18 \times (0,3420 \times 0,8 + 0,00 \times 0,6) \times 0,065 = 0,32 \text{ Volt}$$

Perhitungan jatuh tegangan pada *load bus* selanjutnya (3 s/d 17), dapat dilihat pada tabel 5 :

Tabel 5 Hasil perhitungan jatuh tegangan

Load Bus	I (A)	R (Ω/km)	cos φ	X (Ω/km)	sin φ	L (km)	ΔV (volt)
2	18	0,3420	0,8	0	0,6	0,065	0,32
3	5	0,4608	0,8	0,3572	0,6	0,104	0,30
4	20	0,4608	0,8	0,3572	0,6	0,156	1,82
5	20	0,3420	0,8	0	0,6	0,130	0,71
6	20	0,3420	0,8	0	0,6	0,156	0,85
7	36	0,3420	0,8	0	0,6	0,195	1,92
8	1	0,3420	0,8	0	0,6	0,286	0,08
9	15	0,3420	0,8	0	0,6	0,260	1,07
10	5	0,3420	0,8	0	0,6	0,312	0,43
11	7	0,3420	0,8	0	0,6	0,351	0,67
12	5	0,3420	0,8	0	0,6	0,390	0,53
13	10	0,3420	0,8	0	0,6	0,429	1,17
14	8	2,0161	0,8	0,4036	0,6	0,507	7,52
15	2	2,0161	0,8	0,4036	0,6	0,600	2,23
16	15	2,0161	0,8	0,4036	0,6	0,650	18,09
17	15	2,0161	0,8	0,4036	0,6	0,675	18,78

Sumber : Hamles L. Latupeirissa, 2016

3. Regulasi Tegangan (V_R)

Dengan menggunakan persamaan (2.3), regulasi tegangan atau presentasi kerugian tegangan pada setiap *load bus* dapat dihitung besarnya sebagai berikut :

• Perhitungan regulasi tegangan load bus 2

$$V_R = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \text{ atau } V_R = \frac{\Delta V}{V_r} \times 100\%$$

Dimana :

ΔV = 0,32 Volt

V_r = V_s - ΔV

= 220 - 0,32 = 219,68 Volt

$$V_R = \frac{0,32}{219,68} \times 100\% = 0,15 \%$$

Perhitungan regulasi tegangan pada *load bus* selanjutnya (3 s/d 17), dapat dilihat pada tabel 6 :

Tabel 6 Perhitungan regulasi tegangan

Load Bus	ΔV (volt)	V _s (volt)	V _r (volt)	V _R (%)
2	0,32	220	219,68	0,15
3	0,30	220	219,70	0,14
4	1,82	220	218,18	0,83
5	0,71	220	219,29	0,32
6	0,85	220	219,15	0,39
7	1,92	220	218,08	0,88
8	0,08	220	219,92	0,04
9	1,07	220	218,93	0,49
10	0,43	220	219,57	0,19
11	0,67	220	219,33	0,31
12	0,53	220	219,47	0,24
13	1,17	220	218,83	0,54
14	7,52	220	212,48	3,54
15	2,23	220	217,77	1,02
16	18,09	220	201,91	8,96
17	18,78	220	201,22	9,33

Sumber : Hamles L. Latupeirissa, 2016

4. Perhitungan Perbaikan Tegangan

Pada perhitungan regulasi tegangan (V_R) pada point 4.3.3, terlihat bahwa pada *load bus* 16 dan 17 terjadi regulasi tegangan yang lebih besar dari ketentuan 4 %, yakni *load bus* 16 sebesar 8,96 % dan *load bus* 17 sebesar 9,33 %. Hal ini diakibatkan dari panjang penghantar dan ukuran luas penampang penghantar yang kecil (16 mm²).

Dengan demikian untuk memperbaiki kualitas tegangan, maka harus mengganti ukuran luas penampang penghantar dengan yang lebih besar (70 mm²).

a. Jatuh Tegangan (ΔV)

• Load bus 16

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

Dimana :

I = 15 A

R = 0,4608 Ω/km

Cos φ = 0,8

X = 0,3572 Ω/km

Sin φ = 0,6

L = 0,650 km

$$\Delta V = 15 \times (0,4608 \times 0,8 + 0,3572 \times 0,6) \times 0,650 = 5,68 \text{ Volt}$$

• Load bus 17

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

Dimana :

I = 15 A

R = 0,4608 Ω/km

$$\begin{aligned}\cos \phi &= 0,8 \\ X &= 0,3572 \Omega/\text{km} \\ \sin \phi &= 0,6 \\ L &= 0,675 \text{ km}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V &= 15 \times (0,4608 \times 0,8 + 0,3572 \times 0,6) \times 0,675 \\ &= 5,90 \text{ Volt}\end{aligned}$$

b. Regulasi Tegangan (V_R)

• **Load bus 16**

$$V_R = \frac{\Delta V}{V_r} \times 100\%$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\Delta V &= 5,68 \text{ Volt} \\ V_r &= V_s - \Delta V \\ &= 220 - 5,68 = 214,32 \text{ Volt}\end{aligned}$$

$$V_R = \frac{5,68}{214,32} \times 100\% = 2,65 \%$$

• **Load bus 17**

$$V_R = \frac{\Delta V}{V_r} \times 100\%$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\Delta V &= 5,90 \text{ Volt} \\ V_r &= V_s - \Delta V \\ &= 220 - 5,90 = 214,10 \text{ Volt}\end{aligned}$$

$$V_R = \frac{5,90}{214,10} \times 100\% = 2,76 \%$$

4.4 Pembahasan

Hasil analisis terhadap kualitas tegangan pada jaringan tegangan rendah gardu Politeknik Negeri Ambon, terlihat bahwa ukuran panjang dan luas penampang suatu penghantar sangat mempengaruhi besar-kecilnya presentasi jatuh tegangan atau regulasi tegangan pada saluran penghantar tersebut. Hal tersebut dikarenakan semakin panjang suatu penghantar dan semakin kecil ukuran luas penampangnya, maka akan semakin besar hambatan atau resistansi pada penghantar tersebut.

Jarak yang jauh dan luas penampang saluran yang kecil ini akan menyebabkan penurunan tegangan pada ujung penerimaan dimana konsumen terhubung. Apabila penurunan tegangan yang terjadi melebihi batas toleransi yang diijinkan, maka secara teknis akan mengakibatkan terganggunya kinerja peralatan listrik konsumen.

Pada perhitungan regulasi tegangan (V_R), terlihat bahwa *load bus* 16 (8,96 %) dan 17 (9,33 %) terjadi regulasi tegangan yang melewati batas maksimum 4 %. Hal ini diakibatkan dari panjang penghantar dan ukuran luas penampang penghantar yang kecil (16 mm²). Namun setelah mengganti ukuran luas penampang penghantar dengan yang lebih besar (70 mm²), maka terlihat adanya

perbaikan kualitas tegangan, dimana regulasi tegangan pada *load bus* 16 turun menjadi 2,65 % dan pada *load bus* 17 turun menjadi 2,76 %.

Dengan menurunnya regulasi tegangan dibawah batas maksimum ketentuan 4%, maka semakin baik kualitas tegangan yang diterima pada *load bus* atau konsumen,

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data di atas, terlihat bahwa pengaruh luas penampang penghantar terhadap jatuh tegangan dan regulasi tegangan pada jaringan distribusi gardu Politeknik Negeri Ambon dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Besarnya regulasi tegangan terjadi pada *load bus* 16 dan 17, sebesar 18,09 volt atau 8,96% dan 18,78 Volt atau 9,33%.
2. Mengatasi presentasi jatuh tegangan yang telah melebihi batas maksimum ketentuan SPLN sebesar 4% untuk sambungan tegangan rendah (STR), maka dilakukan penggantian ukuran luas penampang penghantar dari 16 mm² menjadi 70 mm² dan hasilnya presentasi jatuh tegangan menurun sebesar 2,65% pada *load bus* 16 dan 2,76% pada *load bus* 17.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa dan pembahasan hasil penelitian serta kesimpulan, maka disarankan sebagai berikut:

1. Untuk mengurangi drop tegangan dapat dilakukan usaha dengan menaikkan tegangan sumber sehingga tegangan ujung terima otomatis akan naik.
2. Dapat melakukan penggantian penghantar saluran dari 16 mm² dan 70 mm² menjadi 120 mm² atau 150 mm², sehingga impedansi saluran akan turun dan tegangan ujung pada bus-bus beban akan naik.

DAFTAR PUSTAKA

Basri Hasan. 1990. "Sistem Distribusi Tenaga Listrik".
 Hadi, Abdul. 1991. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga
 Hutauruk. 1993. *Tranmisi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga
 Kelompok Pembakuan Bidang Distribusi, 1987, *SPLN 72:1987*. Departemen Pertambangan dan Energi, Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta
 Pabla, A.S. Hadi, Abdul [penerj.], 1994, *Sistem distribusi daya listrik*. Erlangga. Jakarta.
 Stevenson William D., Jr., 1983, *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat*, Erlangga, Jakarta.
 Zuhail. 1998. *Dasar Teknik Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta : Gramedia