

ANALISA RUGI DAYA DAN JATUH TEGANGAN PADA SISTEM DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH AREA BTN HAMZY DAN BTN ANTARA

Kurniawati Naim¹⁾

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penyebab rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi jaringan tegangan rendah dan untuk meminimalisir rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi jaringan tegangan rendah. Metode yang digunakan dalam penelitian evaluasi rugi daya dan jatuh tegangan adalah metode studi literatur, wawancara/interview dan metode analisa data. Kemudian dengan metode tersebut didapatkan hasil perhitungan untuk meminimalisir penyebab rugi daya dan jatuh tegangan. Berdasarkan hasil penelitian maka Rerata jatuh tegangan sebelum beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 46,61 volt atau 20,09%. dan pada perumahan BTN Antara adalah 35,49 volt atau 15,29 %. Adapun Rerata rugi daya sebelum beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 19,896 kW atau 22,35% dan pada BTN Antara sebesar 13,47 kW atau 16,98%. Untuk meminimalisir rugi daya dan jatuh tegangan pada perumahan BTN Hamzy dan BTN Antara yaitu dengan menyeimbangkan beban. Setelah beban diseimbangkan maka diperoleh Rerata jatuh tegangan setelah beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 36,70 volt atau 15,82 % dan pada perumahan BTN Antara adalah 28,11 volt atau 12,12 %. Adapun Rerata rugi daya setelah beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 18,838 kW atau 20,84 % dan pada perumahan BTN Antara adalah 12,712 kW atau 15,96%.

Kata Kunci: Rugi Daya, Jatuh Tegangan, Distribusi Tegangan Rendah, BTN Hamzy, BTN Antara.

PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan merupakan hal yang penting dalam kehidupan pada saat ini. Pemadaman listrik tentu sangatlah merugikan, terutama dalam pelayanan masyarakat. Oleh karena itu, kualitas kelistrikan sangatlah penting. Rugi-rugi daya yang terjadi harus diminimalisir sehingga kualitas dapat dioptimalkan. Begitu juga dengan jatuh tegangan, jatuh tegangan dapat mengakibatkan pihak PLN selaku produsen dan masyarakat selaku konsumen merugi karena bagi pihak PLN, jatuh tegangan akan mengakibatkan penurunan daya sehingga dalam hal kualitas dan keuntungan akan menurun dan bagi pihak konsumen,

dapat merusak peralatan-peralatan elektronik. Rugi-rugi daya dan jatuh tegangan seringkali terjadi pada sistem distribusi tegangan rendah khususnya pada rumah-rumah tinggal. Hal ini disebabkan perbedaan tegangan pada jaringan distribusi dimana tegangan yang berada di dekat trafo berbeda dengan tegangan yang berada di ujung jaringan distribusi dan terutama pemakaian beban dari konsumen khususnya perumahan yang berlebihan. Rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan tegangan rendah biasanya karena timbulnya panas pada trafo dan penghantar sehingga kemungkinan kerusakan alat akan jauh lebih tinggi. Kemudian hal yang

¹⁾ adalah dosen Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10, Tamalanrea Makassar 90245

biasa terjadi pada kompleks perumahan khususnya area BTN Hamzy dan BTN Antara adalah jatuh tegangan. Jatuh tegangan yang terjadi ini dapat menyebabkan kerusakan pada alat-alat listrik karena jatuh tegangan dapat menurunkan tegangan pada beban sehingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan. Tegangan jatuh juga dapat menyebabkan kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban. baik pihak pln maupun pihak konsumen pasti dirugikan dengan adanya rugi daya dan jatuh tegangan ini. Rugi daya dan jatuh tegangan ini tidak bisa dihilangkan, hanya bisa diminimalisir sehingga mencapai batas toleransi yang diizinkan. Oleh karena peristiwa di atas, maka peneliti akan meneliti tentang rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi tegangan rendah.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka bisa dirumuskan masalah yaitu

1. Bagaimana mengevaluasi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi jaringan tegangan rendah area BTN Hamzy dan BTN Antara?
2. Bagaimana meminimalisir rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi jaringan tegangan rendah area BTN Hamzy dan BTN Antara?

Batasan Masalah

1. Sistem daya listrik yang akan dibahas adalah sistem daya listrik yang dikelola oleh PT.

PLN (Persero) Rayon Timur pada perumahan BTN Hamzy dan BTN Antara.

2. Sistem tenaga listrik dalam keadaan mantap (*steady state*)

Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan) dan sebagai sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan *transformator step up* menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV. Kemudian disalurkan melalui saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan *transformator step down* pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut, penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya oleh transformator distribusi menjadi sistem tegangan rendah yaitu 220/380 volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini,

jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Rugi-Rugi Daya

Rugi Daya (*losses*) dalam sistem kelistrikan merupakan sesuatu yang sudah pasti terjadi. Pada dasarnya, rugi daya adalah selisih antara jumlah energi listrik yang dibangkitkan dengan jumlah energi listrik yang sampai ke konsumen. Menurut Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 431/KMK.06/2002 (2002:4), “Rugi daya adalah gangguan dalam sistem dimana sejumlah energi yang hilang dalam proses pengaliran listrik mulai dari gardu induk sampai ke konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, rugi daya dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen”

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik utama ke suatu beban seperti ke rumah-rumah, ke gedung-gedung dan lain sebagainya. Dalam setiap penyaluran daya listrik ke beban, terdapat rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh faktor-faktor tertentu seperti jarak saluran listrik ke beban yang terlalu jauh, yang juga akan berakibat bertambah besarnya tahanan saluran kabel yang digunakan. Perhitungan besar dapat dilihat sebagai berikut :

$$P = \frac{20000}{\sqrt{3}} x (I_1 + I_2 + I_3) x \cos \theta \quad (1)$$

Analisis rugi daya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta P = I_{beban}^2 x R \quad (2)$$

Dengan

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (3)$$

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} x 100\% \quad (4)$$

Dimana :

ΔP : Rugi-rugi daya total (watt)

I_{beban} : Arus (A)

R : Resistansi Saluran (Ω)

L : Panjang Penghantar (m)

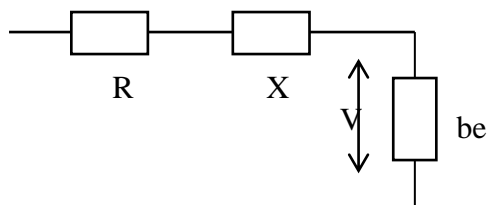
Cos θ : faktor daya beban 0,85

Jatuh Tegangan

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 batas bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. PT. PLN mengatur standar jatuh tegangan dalam SPLN no. 72 tahun 1987 yaitu turun tegangan yang diperbolehkan pada JTM dan JTR adalah 2 % dari tegangan kerja untuk sistem spindel dan 5% dari tegangan kerja untuk sistem radial di atas tanah dan sistem simpul tergantung kepadatan beban. 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 kapasitansi diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.

Untuk saluran udara yang kapasitansinya dapat diabaikan disebut dengan saluran pendek. Secara umum, hal ini diterapkan

pada sistem yang tegangannya sampai dengan 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 di bawah ini :



Gambar 1 Rangkaian Ekivalen Saluran Jarak Pendek

Jatuh tegangan pada sistem distribusi mencakup jatuh tegangan pada penyulang tegangan menengah, transformator distribusi, penyulang jaringan tegangan rendah, sambungan rumah, dan Instalasi rumah. Sesuai dengan definisi jatuh tegangan adalah :

$$\Delta V = |V_k| - |V_t| \quad (5)$$

Dimana :

V_k = nilai mutlak tegangan ujung kirim

V_t = nilai mutlak tegangan ujung terima

Jadi, ΔV pada persamaan di atas merupakan perbedaan secara ilmu hitung antara tegangan pengirim dan tegangan penerima. Sebagai dasar dalam menghitung ΔV , kita misalkan suatu rangkaian fasa tunggal dua kawat, dimana tahanan dan reaktansinya masing-masing dinyatakan dengan R dan X dan pada ujung saluran terdapat sebuah beban.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) Rayon Makassar Timur. Adapun tahapan-tahapan penelitiannya sebagai berikut :

1. Melakukan survei lapangan di PT. PLN (Persero) Rayon timur
2. Mengambil data-data teknis yang diperlukan untuk mengevaluasi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi tegangan rendah.
3. Melakukan evaluasi untuk meminimalisasi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi tegangan rendah.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Observasi/pengamatan langsung
Pengambilan data dengan metode observasi (pengamatan langsung) dilakukan dengan cara mencari data teknis secara langsung ke lapangan. Data tersebut berupa panjang penyulang dan jarak antar trafo distribusi dengan trafo distribusi lainnya.
2. Dokumentasi
Pengambilan data terkait analisa jatuh tegangan dan rugi daya yang dimiliki oleh PT. PLN (Persero) Rayon Makassar Timur.

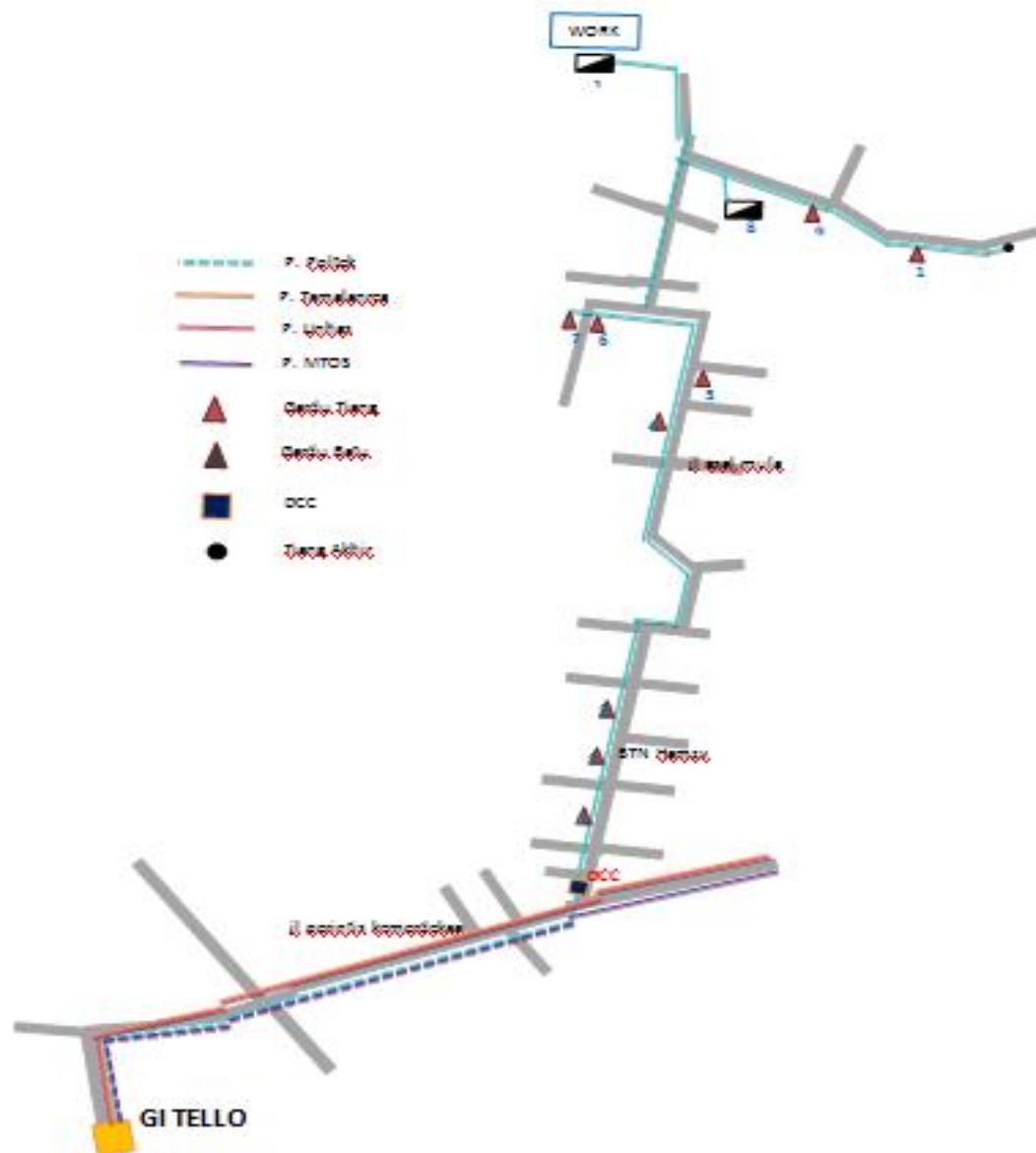
Dari data yang telah terkumpul, maka dilakukan pengelompokan data sesuai identifikasi permasalahannya sehingga diperoleh analisa dan pemecahan masalah yang efektif dan terarah. Data yang diperoleh akan dianalisa menggunakan rumus-rumus jatuh tegangan dan rugi daya dan

diproses di excel. Dari data tersebut, akan dihitung rugi daya dan jatuh tegangan. Setelah itu, rugi daya dan jatuh tegangan akan diminimalisir dengan menyeimbangkan beban.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi listrik yang digunakan pada sistem kelistrikan PT PLN (Persero) Rayon Timur disuplai dari Gardu Induk Tello. Gardu Induk

Tello 150 kV terdiri dari tiga buah unit transformator yaitu satu unit transformator daya (150/20 kV) dengan daya 30 MVA melayani sebanyak 12 *feeder* dan dua unit transformator IBT (*Inter Bus Transformator*) 150/70 kV yang dayanya masing-masing 31,5 MVA. Berikut adalah *single line diagram feeder* Politeknik.



Gambar 2 *Single line diagram feeder* Poltek

Tabel 1 Data Transformator distribusi di perumahan BTN Hamzy & BTN Antara

NO / GARDU		GT. IPT 001	GT. IPT 002
LOKASI		Jl. P. KEM 3 BTN HAMZY BLOK B	PR. ANTARA
KAPASITAS TRANSFORMATOR 3F (kVA)		400	315
TANGGAL PENGUKURAN		25-Mar-15	25-Mar-15
PUKUL		19:40	19:30
ARUS	(R) (A)	550	393
	(S) (A)	567	398
	(T) (A)	506	452
	(N) (A)	167	170
TEGANGAN	PHB (F-N)	232	231
	PHB (F-F)	405	408
BEBAN (kVA)	(R)	127,6	90,8
	(S)	131,5	91,9
	(T)	117,4	104,4

Jatuh Tegangan pada Perumahan BTN Hamzy dan BTN Antara

Jatuh tegangan merupakan selisih antara tegangan kirim dengan tegangan yang diterima. Perhitungan jatuh tegangan berdasarkan data pengukuran yang dihitung dari titik sumber ke titik yang dihitung (titik beban) sesuai dengan panjang penghantarnya.

a. Jatuh Tegangan pada GT.IPT 001 (BTN Hamzy)

Dik :

Resistansi Jenis Al (ρ) = 28,25 $\Omega\text{mm}^2/\text{km}$

Reaktansi Jenis Al = 0,1 Ω/km

A = 70 mm^2

L = 710 m = 0,71 km

X = 0,1 \times 0,71 = 0,071 Ω

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$= 28,25 \frac{0,71}{70}$$

$$= 0,286 \Omega$$

$$\begin{aligned} \Delta V &= I (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \\ &= 110 (0,286 \times 0,8 + 0,071 \times 0,6) \\ &= 110 (0,2288 + 0,0426) \\ &= 110 (0,2714) \\ &= 29,85 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \\ &= \frac{29,85}{232} \times 100\% \\ &= 12,86\% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, hasil perhitungan jatuh tegangan yang terjadi di perumahan BTN Hamzy lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan di perumahan BTN Hamzy

Kode Gardu	I (A)	R (Ω)	Cos ϕ	X (Ω)	Sin ϕ	ΔV (V)	V (V)	% ΔV
GT.IPT 001 Line A	110	0,286	0,8	0,071	0,6	29,85	232	12,87
GT.IPT 001 Line B	203	0,286	0,8	0,071	0,6	55,09	232	23,75
GT.IPT 001 Line C	108	0,286	0,8	0,071	0,6	29,31	232	12,63
GT.IPT 001 Line D	266	0,286	0,8	0,071	0,6	72,19	232	31,12

- b. Jatuh Tegangan pada GT. IPT 002 (BTN Antara)

Dik : Resistansi Jenis Al
(ρ) = 28,25 mm²/km

Reaktansi Jenis Al
= 0,1 Ω /km

$$A = 70 \text{ mm}^2$$

$$L = 710 \text{ m} = 0,71 \text{ km}$$

$$X = 0,1 \times 0,71 = 0,071 \Omega$$

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$= 28,25 \frac{0,71}{70}$$

$$= 0,286 \Omega$$

$$\begin{aligned} \Delta V &= I (R \cos \phi + X \sin \phi) \\ &= 240 (0,286 \times \\ &0,8 + 0,071 \times 0,6) \\ &= 240 (0,2288 + \\ &0,0426) \\ &= 240 (0,2714) \\ &= 65,13 \text{ V.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \\ &= \frac{65,13}{231} \times 100\% \\ &= 28,19\%. \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama hasil perhitungan jatuh tegangan yang terjadi di perumahan BTN Antara lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan di perumahan BTN Antara.

Kode Gardu	I (A)	R (Ω)	Cos ϕ	X (Ω)	Sin ϕ	ΔV (V)	V (V)	% ΔV
GT.IPT 002 Line A	240	0,286	0,8	0,071	0,6	65,14	232	28,08
GT.IPT 002 Line B	16	0,286	0,8	0,071	0,6	4,34	232	1,87
GT.IPT 002 Line C	122,0	0,286	0,8	0,071	0,6	33,11	232	14,27
GT.IPT 002 Line D	145,0	0,286	0,8	0,071	0,6	39,35	232	16,96

Rugi Daya pada Perumahan BTN Hamzy dan BTN Antara

Rugi-rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik utama ke suatu beban

seperti ke rumah-rumah, ke gedung-gedung dan lain sebagainya. Dalam setiap penyaluran daya listrik ke beban terdapat rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh faktor-faktor

tertentu seperti jarak saluran listrik ke beban yang terlalu jauh, yang juga akan berakibat bertambah besarnya tahanan saluran kabel yang digunakan. Untuk menghitung Rugi daya, terlebih dahulu dihitung besarnya resistansi pada jaringan listrik.

a. Rugi Daya pada GT. IPT 001 (BTN Hamzy)

$$\begin{aligned} \text{Daya yang tersalurkan} &= V (I_R + I_S + I_T) \text{ Cos } \phi \\ &= 232 (110 + 84 + 49) 0,8 \\ &= 232 (243) 0,8 \\ &= 45100,8 \text{ W} \\ \Delta p &= (I_R^2 + I_S^2 + I_T^2) R \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (110^2 + 84^2 + 49^2) 0,286 \\ &= (12100 + 7056 + 2401) 0,286 \\ &= (21557) 0,286 \\ &= 6165,3 \text{ W} \\ \% \text{ Rugi Daya} &= \frac{\text{Rugi Daya}}{\text{Daya yang tersalurkan}} \times 100\% \\ &= \frac{6165,3}{45100,8} \times 100\% \\ &= 13,67 \% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, hasil perhitungan rugi daya yang terjadi di perumahan BTN Hamzy lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4 Perhitungan Rugi Daya di perumahan BTN Hamzy (GT.IPT 001)

Kode Gardu	I _R (A)	I _S (A)	I _T (A)	R (Ω)	ΔP (Watt)	Daya yg tersalurkan (KW)	Teg (V)	Cosφ	% ΔP
GT.IPT 001 Line A	110	84	49	0,286	6165,30	45,101	232	0,8	13,67
GT.IPT 001 Line B	148	164	203	0,286	25742,57	95,584	232	0,8	26,93
GT.IPT 001 Line C	26	84	108	0,286	5547,26	40,461	232	0,8	13,71
GT.IPT 001 Line D	266	235	146	0,286	42126,94	120,083	232	0,8	35,08

b. Rugi Daya pada GT. IPT 002 (PR BTN Antara)

$$\begin{aligned} \text{Daya yang tersalurkan} &= 231 (I_R + I_S + I_T) \text{ Cos } \phi \\ &= 231 (240 + 138 + 210) 0,8 \\ &= 231 (588) 0,8 \\ &= 108662,4 \text{ W} \\ \Delta p &= (I_R^2 + I_S^2 + I_T^2) R \\ &= (240^2 + 138^2 + 210^2) 0,286 \\ &= (57600 + 19044 + 44100) 0,286 \\ &= (120744) 0,286 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 34532,7 \text{ W} \\ \% \text{ Rugi Daya} &= \frac{\text{Rugi Daya}}{\text{Daya yang tersalurkan}} \times 100\% \\ &= \frac{34532,7}{108662,4} \times 100\% \\ &= 31,77 \% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, hasil perhitungan rugi daya yang terjadi di perumahan BTN Antara lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Perhitungan Rugi Daya di perumahan BTN Antara (GT.IPT 002)

Kode Gardu	I _r (A)	I _s (A)	I _t (A)	R (Ω)	ΔP (Watt)	Teg (V)	Cosφ	Daya yg tersalurkan (KW)	%ΔP
GT.IPT 002 Line A	240	138	210	0,286	34532,78	231	0,8	108,66	31,78
GT.IPT 002 Line B	15	15	16	0,286	201,916	231	0,8	8,501	2,38
GT.IPT 002 Line C	88	100	122	0,286	9331,608	231	0,8	57,288	16,29
GT.IPT 002 Line D	50	145	104	0,286	9821,526	231	0,8	55,255	17,77

Perbaikan Jatuh tegangan pada perumahan BTN Hamzy dan BTN Antara

- a. Perbaikan Jatuh tegangan pada perumahan BTN Hamzy

Jatuh tegangan pada perumahan BTN Hamzy dapat diminimalisir salah satunya dengan cara menyeimbangkan beban R, S, dan T. Cara ini ditempuh karena cara ini yang paling memungkinkan karena analisa yang digunakan sederhana.

Jika beban diseimbangkan maka

$$I_{tot} = \frac{IR + IS + IT}{3}$$

Contoh : Line A

$$I_{tot} = \frac{IR + IS + IT}{3} \\ = \frac{110 + 84 + 49}{3} \\ = 81 \text{ A}$$

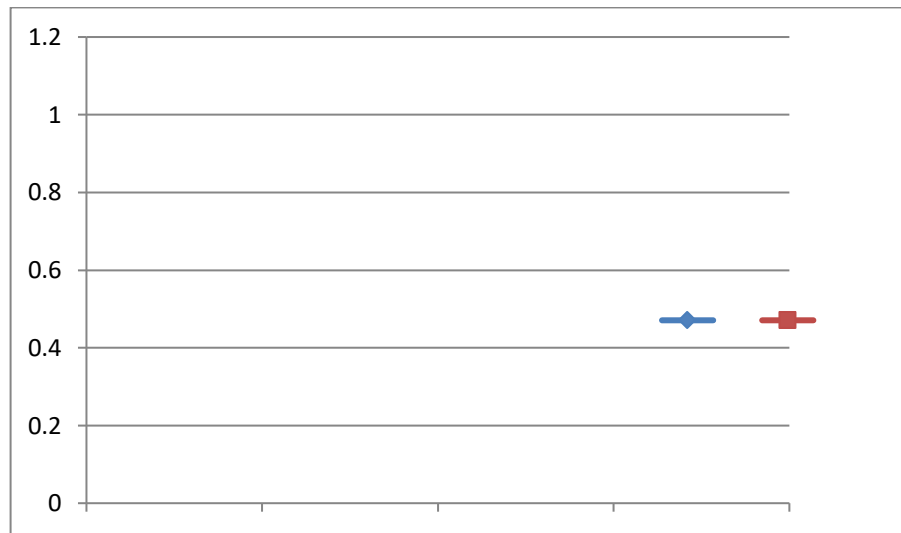
$$\Delta V = I (R \cos \phi + X \sin \phi) \\ = 81 (0,286 \times 0,8 + 0,071 \times 0,6) \\ = 81 (0,2288 + 0,0426) \\ = 81 (0,2714) \\ = 21,98 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \\ = \frac{21,98}{232} \times 100\% \\ = 9,47 \%$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, hasil perhitungan jatuh tegangan yang terjadi di perumahan BTN Hamzy lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Hasil Perhitungan jatuh tegangan di perumahan BTN Hamzy setelah beban diseimbangkan pada masing-masing fasa.

Kode Gardu	I (A)	R (Ω)	Cos φ	X (Ω)	Sin φ	ΔV (V)	V (V)	%ΔV
GT.IPT 001 Line A	81	0,286	0,8	0,071	0,6	21,9834	232	9,48
GT.IPT 001 Line B	171,6	0,286	0,8	0,071	0,6	46,57224	232	20,07
GT.IPT 001 Line C	72,66	0,286	0,8	0,071	0,6	19,71992	232	8,49
GT.IPT 001 Line D	215,66	0,286	0,8	0,071	0,6	58,53012	232	25,23



Gambar 3. Grafik perbandingan Jatuh Tegangan di perumahan BTN Hamzy

Jatuh tegangan yang terjadi di perumahan BTN hamzy akibat dari kelebihan dan ketidakseimbangan beban. Rerata jatuh tegangan sebelum beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 46,61 volt atau 20,09 %. Rerata jatuh tegangan setelah beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 36,70 volt atau 15,82 %. Dari grafik terlihat bahwa setelah beban diseimbangkan, jatuh tegangan berkurang meskipun masih keluar dari toleransi jatuh tegangan yang diizinkan yaitu -10% sampai dengan +5% dari tegangan nominal.

- b. Perbaikan Jatuh tegangan pada perumahan BTN Antara
Jatuh tegangan pada perumahan BTN Antara dapat diminimalisir salah

satunya dengan cara menyeimbangkan beban R, S, dan T.

Jika beban diseimbangkan maka

$$I_{tot} = \frac{IR + IS + IT}{3}$$

Contoh : Line A

$$\begin{aligned} I_{tot} &= \frac{IR + IS + IT}{3} \\ &= \frac{240 + 138 + 210}{3} \\ &= 196 \text{ A} \end{aligned}$$

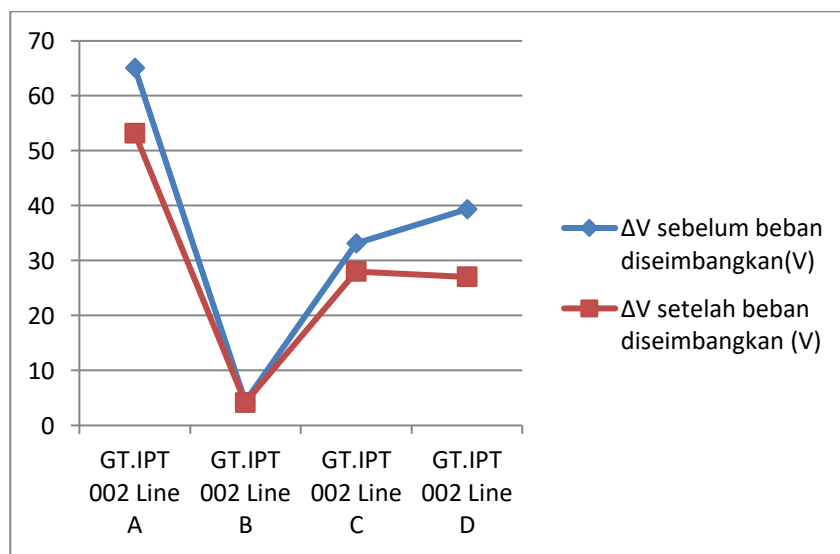
$$\begin{aligned} \Delta V &= I (R \cos \phi + X \sin \phi) \\ &= 196 (0,286 \times 0,8 + 0,071 \times 0,6) \\ &= 196 (0,2288 + 0,0426) \\ &= 53,19 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \\ &= \frac{53,19}{231} \times 100\% \\ &= 23,02\% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, hasil perhitungan jatuh tegangan yang terjadi di perumahan BTN Antara lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7 Perhitungan jatuh tegangan di perumahan BTN Antara setelah beban diseimbangkan.

Kode Gardu	I (A)	R (Ω)	Cos ϕ	X (Ω)	Sin ϕ	ΔV (V)	V (V)	% ΔV
GT.IPT 002 Line A	196	0,286	0,8	0,071	0,6	53,19	232	22,93
GT.IPT 002 Line B	15,33	0,286	0,8	0,071	0,6	4,16	232	1,79
GT.IPT 002 Line C	103,33	0,286	0,8	0,071	0,6	28,05	232	12,09
GT.IPT 002 Line D	99,67	0,286	0,8	0,071	0,6	27,05	232	11,66



Gambar 4. Grafik perbandingan Jatuh Tegangan di perumahan BTN Antara

Jatuh tegangan yang terjadi di perumahan BTN Antara juga akibat dari kelebihan dan ketidakseimbangan beban. Rerata jatuh tegangan sebelum beban diseimbangkan pada perumahan BTN Antara adalah 35,49 volt atau 15,29 %. Rerata jatuh tegangan setelah beban diseimbangkan pada perumahan BTN Antara adalah 28,11 volt atau 12,12 %. Dari grafik terlihat bahwa setelah beban diseimbangkan, jatuh tegangan berkurang meskipun masih keluar dari toleransi jatuh tegangan yang diizinkan yaitu -10% sampai dengan +5% dari tegangan nominal.

Perbaikan rugi daya pada perumahan BTN Hamzy dan BTN Antara

- Perbaikan rugi daya pada perumahan BTN Hamzy

Rugi daya pada perumahan BTN Hamzy diminimalisir juga dengan menyeimbangkan beban. Jika beban diseimbangkan maka

$$\begin{aligned}
 I_{tot} &= \frac{IR + IS + IT}{3} \\
 &= \frac{110 + 84 + 49}{3} \\
 &= 81 \text{ A}
 \end{aligned}$$

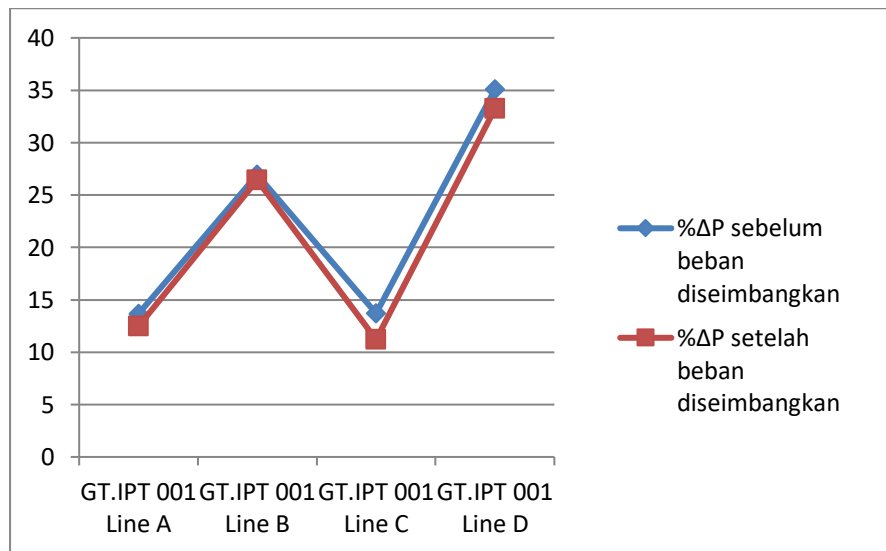
$$\begin{aligned} \Delta p &= m \times I^2 \times R && = \\ &= 3 \times 81^2 \times 0,286 && 12,48 \% \\ &= 3 \times 6561 \times 0,286 \\ &= 5629,3 \text{ W} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, hasil perhitungan rugi daya yang terjadi di perumahan BTN Hamzy lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 8

$$\begin{aligned} \% \text{ Rugi Daya} &= \frac{\text{Rugi Daya}}{\text{Daya yang tersalurkan}} \times 100\% \\ &= \frac{5629,3}{45100,8} \times 100\% \end{aligned}$$

Tabel 8 Perhitungan rugi daya di perumahan BTN Hamzy setelah beban diseimbangkan.

Kode Gardu	I _{total} (A)	R (Ω)	ΔP (Wat)	Daya yg tersalurkan (kW)	%ΔP
GT.IPT 001 Line A	81	0,286	5629,338	45,10	12,48
GT.IPT 001 Line B	171,67	0,286	25284,78	95,58	26,45
GT.IPT 001 Line C	72,67	0,286	4530,621	40,46	11,19
GT.IPT 001 Line D	215,67	0,286	39907,39	120,08	33,23



Gambar 5. Grafik perbandingan Rugi daya di perumahan BTN Hamzy

Rugi daya yang terjadi di perumahan BTN Hamzy akibat dari kelebihan dan ketidakseimbangan beban sehingga mengakibatkan panas berlebih. Panas berlebih akan meningkatkan rugi daya. Rerata rugi daya sebelum beban diseimbangkan

pada perumahan BTN Hamzy adalah 19,896 kW atau 22,35 %. Rerata rugi daya setelah beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 18,838 kW atau 20,84 %. Dari grafik terlihat bahwa setelah beban diseimbangkan, rugi daya berkurang.

b. Perbaikan Rugi daya pada perumahan BTN Antara

Rugi daya pada perumahan BTN Antara diminimalisir juga dengan menyeimbangkan beban. Jika beban diseimbangkan maka

$$I_{tot} = \frac{IR + IS + IT}{3}$$

$$= \frac{240 + 138 + 210}{3}$$

$$= 196 \text{ A}$$

$$\Delta p = m \times I^2 \times R$$

$$= 3 \times 196^2 \times 0,286$$

$$= 3 \times 38416 \times 0,286$$

$$= 32960,9 \text{ W}$$

$$\% \text{ Rugi Daya} = \frac{\text{Rugi Daya}}{\text{Daya yang tersalurkan}} \times 100\%$$

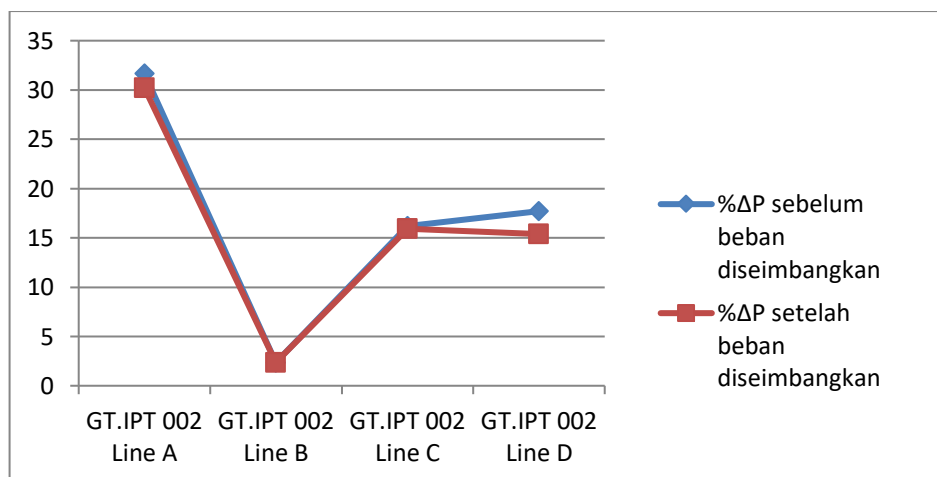
$$= \frac{32960,9}{108662,4} \times 100\%$$

$$= 30,33 \%$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, hasil perhitungan rugi daya yang terjadi di perumahan BTN Antara lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 9

Tabel 9. Perhitungan rugi daya di perumahan BTN Antara setelah beban diseimbangkan.

Kode Gardu	I _{total} (A)	R (Ω)	ΔP (W)	Daya yg tersalurkan (kW)	%ΔP
GT.IPT 002 Line A	196	0,286	32960,93	109,13	30,20
GT.IPT 002 Line B	15,33	0,286	201,7253	8,54	2,36
GT.IPT 002 Line C	103,33	0,286	9161,533	57,54	15,92
GT.IPT 002 Line D	99,67	0,286	8522,895	55,49	15,36



Gambar 6. Grafik perbandingan Rugi daya di perumahan BTN Antara

Rugi daya yang terjadi di perumahan BTN Antara akibat dari kelebihan dan ketidakseimbangan beban sehingga mengakibatkan panas berlebih. Panas berlebih akan meningkatkan rugi daya. Rerata rugi daya sebelum beban diseimbangkan pada perumahan BTN Antara adalah 13,47 kW atau 16,98%. Rerata rugi daya setelah beban diseimbangkan pada perumahan BTN Antara adalah 12,712 kW atau 15,96 %. Dari grafik terlihat bahwa setelah beban diseimbangkan, rugi daya berkurang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dari perhitungan yang diperoleh, Rerata jatuh tegangan sebelum beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 46,61 volt atau 20,09%. dan pada perumahan BTN Antara adalah 35,49 volt atau 15,29 %. Adapun Rerata rugi daya sebelum beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 19,896 kW atau 22,35% dan pada BTN Antara sebesar 13,47 kW atau 16,98%.
2. Untuk meminimalisir rugi daya dan jatuh tegangan pada perumahan BTN Hamzy dan BTN Antara yaitu dengan menyeimbangkan beban. Setelah beban diseimbangkan maka diperoleh Rerata jatuh tegangan setelah beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 36,70 volt atau 15,82 % dan pada perumahan BTN Antara adalah 28,11 volt atau 12,12 %. Adapun Rerata rugi daya setelah beban diseimbangkan pada perumahan BTN Hamzy adalah 18,838 kW

atau 20,84 % dan pada perumahan BTN Antara adalah 12,712 kW atau 15,96 %

Saran

1. Jika dilihat dari masing-masing *line* pada *feeder* BTN Hamzy dan BTN Antara, masing-masing sudah kelebihan beban. Oleh karena itu, perlu ada penambahan *line* atau dalam skala yang lebih besar perlu diadakan penambahan *feeder*.
2. Bagi yang ingin melanjutkan penelitian ini, sebaiknya meneliti tentang penambahan *feeder* terhadap rugi daya dan jatuh tegangan

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional. Hadi, Abdul. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- PT. PLN. 2010. *Keputusan Direksi PT.PLN (Persero) Nomor : 475K/DIR/2010 tentang Kriteria Desain Enjiniring Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta : Buku 1
- _____. 2010. *Keputusan Direksi PT.PLN (Persero) Nomor : 474K/DIR/2010 tentang Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik*. Jakarta : Buku 3
- Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik jilid 1 dan 2*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.