

ANALISIS RUGI DAYA INSTALASI JARINGAN TEGANGAN RENDAH LABORATORIUM RISET TERPADU LAHAN KERING KEPULAUAN UNDANA

Agusthinus S. Sampeallo¹, Wellem F. Galla², Romulus Mamung Sare³

^{1,2,3} *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains Dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto-Penfui*

Kupang-NTT, Telp. (0380) 881557, HP.081239898101

E-mail : agusthinus_sampealo@yahoo.com

E-mail : wfridzg@yahoo.co.id

E-mail : romulussare@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada instalasi JTR saluran penghubung Lahan I dan Lahan II Laboratorium Lahan Kering Terpadu UNDANA. Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah observasi yaitu dengan melakukan pengukuran besar arus dan tegangan pada saluran penghubung JTR Laboratorium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan UNDANA. Sumber data yang digunakan adalah berupa data primer dan data sekunder. Data akan diolah dengan perhitungan dan analisis.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data diperoleh bahwa besar rugi daya yang terjadi pada JTR Lahan I adalah 92.766053 Watt atau 0.882994 %. Drop tegangan terbesar pada JTR Lahan I terjadi di Saluran E1 pada fasa R = 3.823206 Volt atau 1.859536 % sedangkan drop tegangan terkecil pada JTR Lahan I terjadi pada Saluran H, pada fasa R = 0.000429 Volt atau 0.000264 %, fasa S = 0.0000795 volt atau 0.0000428 %, dan fasa T = 0.0000795 Volt atau 0.0000442 %. Besar rugi daya yang terjadi pada JTR Lahan II adalah 3.433982 Watt atau 0.163271 %. Drop tegangan terbesar pada JTR Lahan II terjadi pada Saluran B2, fasa R = 0.364115 Volt atau 0.174552 %, fasa S = 0.40394 Volt atau 0.169154 %, dan fasa T = 0.121372 Volt atau 0.054525 %. Drop tegangan terkecil terjadi pada Saluran D, fasa R = 0.000254 Volt atau 0.000122 %, fasa S = 0.0000716 Volt atau 0.0000299%, dan Fasa T = 0.0000848 Volt atau 0.0000381%. Rugi daya dan drop tegangan yang terjadi pada JTR Laboratorium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan UNDANA di pengaruhi oleh besarnya arus, panjang saluran, dan jenis serta luas penampang penghantar yang digunakan.

Kata kunci : Rugi Daya, Jaringan Tegangan Rendah, Jatuh Tegangan.

1. PENDAHULUAN

Panjang sebuah jaringan distribusi dapat didesain dengan mempertimbangkan jatuh tegangan (*Voltage Drop*). Jatuh tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Jatuh tegangan selalu terjadi pada jaringan, baik pada pelanggan maupun pada perusahaan listrik. Jatuh tegangan pada saluran distribusi adalah selisih antara tegangan pada sisi kirim (*sending end*) dan tegangan pada sisi terima (*receiving end*). Dengan semakin besar pula perbedaan nilai tegangan yang ada pada sisi kirim dengan yang ada pada sisi terima. Apabila perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar yang ditentukan, maka mutu penyaluran tersebut rendah. Di dalam saluran distribusi persoalan tegangan sangat penting, baik dalam keadaan operasi maupun dalam perencanaan sehingga harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran (Abdul Kadir, 2000).

1.1 Impedansi Jaringan

Saluran yang digunakan untuk mendistribusikan daya listrik memiliki besaran resistansi dan impedansi yang mempengaruhi aliran arus listrik. Impedansi saluran ini memiliki nilai yang diperlukan untuk perhitungan *drop* tegangan, aliran daya, hubung singkat, serta rugi-rugi saluran.

Berikut adalah rumusan untuk menentukan nilai impedansi pada penghantar berdasarkan panjang penghantar tersebut (Turan Gonen, 1986).

$$Z = (R + jX)L \dots\dots\dots 1.1$$

Dimana :

L = Panjang Penghantar (Km)

R = Resistansi (Ω/Km)

X = Reaktansi (Ω/Km)

Rumus diatas juga dapat ditulis sebagai berikut :

$$Z = (R \cos \theta + X \sin \theta) \dots\dots\dots 1.2$$

Dari rumusan tersebut dapat diperoleh nilai sudut (θ) maksimum sebagai berikut :

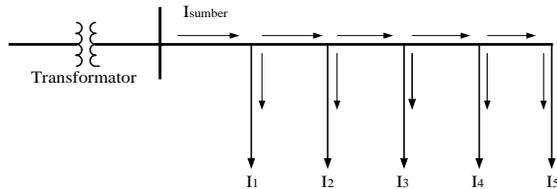
$$\frac{X}{R} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta \dots\dots\dots 1.3$$

$$\tan \theta = \frac{X}{R} \dots\dots\dots 1.4$$

$$\theta_{maks} = \tan^{-1} \frac{X}{R} \dots\dots\dots 1.5$$

1.2 Arus Jaringan

Menghitung arus jaringan tiap cabang digunakan hukum Kirchoff yang mengatur tentang arus (KCL) yaitu besarnya arus yang masuk pada suatu titik sama besarnya dengan arus yang keluar dari titik tersebut, dalam perhitungan ini diperlukan data arus beban dan arus sumber (Turan Gonen, 1986).



Gambar 1.1 Arus Jaringan Perphasa

Besarnya arus jaringan perphasa ditiap cabang adalah:

- $I_{12} = I_{sumber} \dots\dots\dots 1.6$
- $I_{23} = I_{12} - I_2 \dots\dots\dots 1.7$
- $I_{34} = I_{23} - I_3 \dots\dots\dots 1.8$
- $I_{45} = I_{34} - I_4 \dots\dots\dots 1.9$

Dimana :

- $I_{sumber} = \text{Arus Sumber}$
- $I_{12} = I_{23} = I_{34} = I_{45} = \text{Arus Percabangan}$

1.3 Jatuh Tegangan Pada Jaringan Distribusi

Jatuh tegangan didefinisikan sebagai selisih tegangan pada ujung pengirim dan tegangan pada ujung penerima. Besar jatuh tegangan yang terjadi pada penghantar saluran ditentukan oleh panjang saluran, konstanta jaringan dan besar daya yang disalurkan.

Sebagai contoh dengan menanggapi rangkaian pada gambar 1.1 direpresentasikan sebagai saluran satu fasa, jika variabel dimensi yang digunakan itu mewakili saluran tiga fasa seimbang jika variabel per unit yang digunakan $R+jX$ mewakili total impedansi dari saluran atau transformator.

Drop tegangan saluran adalah :
 $(\Delta V) = I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) \dots\dots\dots 1.10$

Dengan mengambil turunan parsialnya dan dihubungkan dengan sudut φ , dan menyamakan hasilnya ke nol, maka :

$$\frac{\partial(\Delta V)}{\partial \varphi} = I(R \sin \varphi + X \cos \varphi) = 0$$

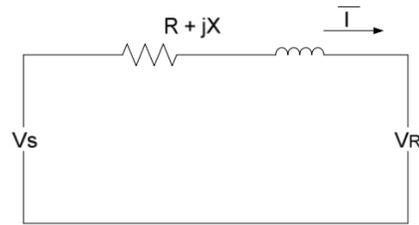
$$-IR \sin \varphi + IX \cos \varphi = 0$$

$$IR \sin \varphi = IX \cos \varphi$$

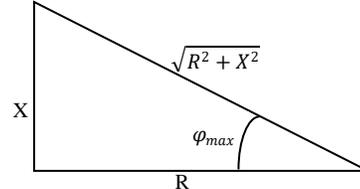
$$\frac{X}{R} = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}$$

$$\frac{X}{R} = \tan \varphi$$

$$\varphi_{max} = \tan^{-1} \frac{X}{R} \dots\dots\dots 1.11$$



Gambar 1.2 Rangkaian kivalen Saluran Distribusi



Gambar 1.3 Vektor Arus pada Saluran Distribusi

Dari segitiga impedansi yang ditunjukkan pada Gambar 1.3 diatas, faktor daya beban untuk drop tegangan maksimum adalah :

$$\cos \varphi_{max} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \dots\dots\dots 1.12$$

$$P_f = \cos \varphi_{max} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \dots\dots\dots 1.13$$

$$\cos \varphi_{max} = \cos \left(\tan^{-1} \frac{X}{R} \right) \dots\dots\dots 1.14$$

Dimana :

- ΔV = Jatuh Tegangan (Volt)
- I = Arus Beban (Ampere)
- L = Panjang Penghantar (Km)
- R = Resistansi (Ω)
- X = Reaktansi (Ω)

Untuk menentukan besar jatuh tegangan yang terjadi dalam bentuk prosentase digunakan rumusan sebagai berikut :

$$\% \Delta V = \frac{V_S - V_R}{V_S} \times 100\% \dots\dots\dots 1.15$$

Dengan menggunakan tegangan kirim sebagai tegangan referensi.

Dimana :

- V_S = Tegangan Kirim (Volt)
- V_R = Tegangan Terima (Volt)
- $\% \Delta V$ = Prosentase Jatuh Tegangan

1.5 Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi

Rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi disebabkan oleh adanya resistansi jaringan. Resistansi jaringan dari suatu penghantar listrik dinyatakan pada persamaan :

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ ohm} \dots\dots\dots 1.16$$

Keterangan :

- ρ = Resistansi Pe penghantar (ohm mm²/m)
- L = Panjang Penghantar (m)
- A = Luas Penampang Penghantar (m²)

R = Rsistansi Jaringan (ohm)

Pada saat arus melalui pnhantar ke beban, maka akan timbul rugi-rugi daya dalam pnhantar tersebut dengan persamaan :

$$P_L = I^2 \times R \dots\dots\dots 1.17$$

Keterangan :

P_L = Rugi-rugi Daya (Watt)

I = Arus yang mengalir (A)

R = Rsistansi jaringan (ohm)

Hilangnya daya listrik dalam penyaluran dapat disebabkan oleh peralatan itu sendiri. Rugi-rugi daya yang terjadi pada system distribusi tenaga listrik sebagian besar terjadi pada saluran dan transformator distribusi.

1.6 Jaringan Tegangan Rendah

Jaringan Tegangan Rendah ialah jaringan tenaga listrik dengan tegangan rendah yang mencakup seluruh bagian jaringan tersebut beserta perlengkapannya. dari sumber penyaluran tegangan rendah tidak termasuk SLTR. Sedangkan sambungan tenaga listrik tegangan rendah (SLTR) ialah penghantar di bawah atau di atas tanah termasuk peralatannya mulai dari titik penyambungan pada JTR sampai dengan alat pembatas dan pengukur (App).(SPLN No.56 tahun 1984). Jaringan tegangan rendah merupakan jaringan yang berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada JTR sistem tegangan distribusi primer 20/11 kV diturunkan menjadi tegangan rendah 380/220V.

Sistem penyaluran daya listrik pada JTM maupun JTR dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

- a. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)
Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa isolasi) seperti kabel AAAC, kabel ACSR.
- b. Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah (SKUTR)
Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti kabel LVTC (Low Voltage Twisted Cable).ukuran kabel LVTC adalah : 2 x 10 mm², 2 x 16 mm², 4 x 25 mm², 3 x 35 mm², 3 x 50 mm², 3 x 70 mm².

.Penyambungan JTR menurut SPLN No.74 tahun 1987 yaitu “sambungan JTR adalah sambungan rumah (SR) penghantar di bawah tanah atau di atas tanah termasuk peralatannya mulai dari titik penyambungan tiang JTR sampai alat pembatas dan pengukur (APP)”. Spesifikasi umum sambungan rumah yaitu sebagai berikut :

- a. Rugi Tegangan
Jatuh tegangan maksimum yang diperkenankan sepanjang penghantar SR ialah 2%. Dengan catatan dalam hal ini SR diperhitungkan dari titik

penyambung pada STR. Khusus untuk penyambungan langsung dari papan bagi TR di gardu transformator jatuh tegangan diperkenankan maksimum 5%.

- b. Ukuran Penghantar Minimum
Ukuran penghantar minimum saluran rumah (SLP dan SMP) ialah untuk SLP, baik di atas ataupun di bawah tanah minimal 10 mm². Sedangkan untuk SMP penghantar aluminium minimal 10 mm² atau tembaga minimum 4 mm². Sambungan rumah digunakan kabel pilin berinti tembaga atau aluminium, dengan ukuran inti tembaga adalah 4 mm², 6 mm², 10 mm², 16 mm², 25 mm². Ukuran inti aluminium adalah 10 mm², 16 mm², 25 mm², 35 mm².
- c. Jumlah Langgan / Sambungan Seri
Dengan memperhitungkan jatuh tegangan maksimum yang diizinkan, $\cos \theta = 0.850$, impedansi saluran dan "demand factor" = 0.5, maka didapatkan jumlah sambungan seri menurut ukuran dari jenis kabel SR, jarak SR dan besar beban tersambung rata-rata terlihat pada Tabel 1.2 berikut ini.

Tabel 1.2 Jumlah Sambungan Pada Kabel SR

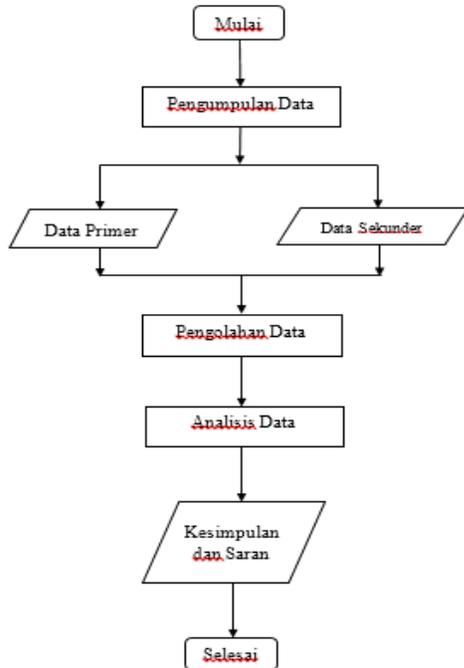
Beban Tersambung Rata-rata per Konsumen (VA)	Luas Penampang Kabel Pilin (mm ²)		Jumlah Sambungan Maksimum
	C u	AAAC/LVT C	
$S \leq 450$	4		5
$S \leq 450$	6	10	5
$450 < S \leq 800$	10	16	7
$800 < S \leq 1250$	16	25	7

2. METODE PENELITIAN

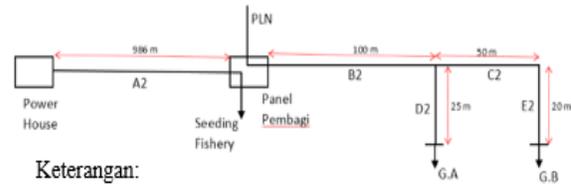
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Studi Literatur
Mencari dan mempelajari dasar-dasar teori yang berkaitan dengan topik yang akan dibahas dalam penelitian ini.
- b. Metode Observasi
Metode ini dengan melakukan pengamatan dan pengukuran, penulis langsung terjun ke lokasi penelitian untuk mengambil data-data yang dibutuhkan. Penulis akan meelakukan pengukuran terhadap arus dan tegangan pada saluran distribusi Lahan I dan Lahan II.

Diagram alur penelitian dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Alur Penelitian



Keterangan:
G.A : Kantor Perikanan dan Peternakan
G.B : Klinik Hewan

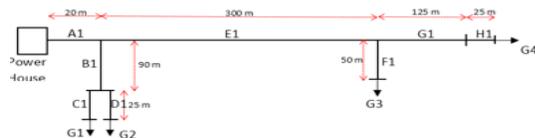
Gambar 3.2 JTR Lahan II

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pengukuran

3.1.1. Data Jaringan

Jaringan distribusi pada Laboratorium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan UNDANA merupakan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Penghantar yang digunakan pada JTR ini berupa LVTC. Saluran distribusi utama menggunakan LVTC dengan ukuran 35 mm². Sedangkan untuk saluran yang menghubungkan saluran utama dengan gedung menggunakan LVTC dengan ukuran 10 mm²



Keterangan:
G1 : Kantor Pertanian
G2 : Laboratorium Sigeospasial
G3 : Gedung
G4 : Banguna Pasca Panen

Gambar 3.2 JTR Lahan I

3.1.2. Data Hasil Pengukuran

Data hasil pengukuran ini berupa besaran nilai arus dan tegangan yang diperoleh dari pengukuran yang dilakukan penulis saat penelitian. Pengukuran dilakukan beberapa kali dengan selang waktu dua jam.

Data hasil pengukuran besaran arus dan tegangan diperoleh dari pengukuran di beberapa titik pengukuran. Pada Lahan I, pengukuran dilakukan di Power House, Kantor Pertanian (G1), Lab. Sigeospasial (G2), Gedung Sekolah Lapangan (G3), dan Gedung Bangunan Pasca Panen (G4). Pada Lahan II pengukuran dilakukan pada Seeding Fishery (Lab. Perikanan), Kantor Peternakan dan Perikanan (G.A), serta Klinik Hewan (G.B) menggunakan LVTC dengan ukuran 10 mm². Pengukuran dilakukan selama 5 (Lima) hari.

Hasil pengukuran pada Lahan I seperti yang terlihat pada tabel 3.1. Hasil pengukuran pada Lahan II seperti yang terlihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.1 dibawah ini merupakan rata-rata dari data hasil pengukuran besaran arus pada Lahan I yang dilakukan selama 5 (lima) hari.

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Arus Dan Tegangan Pada Lahan I

Waktu Pengukuran	Data Pengukuran	Fasa	Power House	G1	G2	G3	G4
11.00	I (A)	R	23.34	7.94	2.04	6.96	6.48
		S	12.8	7.3	4.3	0	1.2
		T	11.08	5.9	3.88	0	1.2
		N	9.94	3.74	3.1	6.48	3.44
	V (Volt)	R	209.6	207.8	207.8	205.6	205.6
		S	242.6	240.8	241	238.8	238.8
		T	226.4	224.8	224.6	223	223
		RS	381.6	379.6	380.4	376	376
		ST	384.4	383	383.8	377	377

Tabel 3.2 Data Hasil Pengukuran Arus Dan Tegangan Pada Lahan II

Waktu Pengukuran	Data Pengukuran	Fasa	Power House	PLN	G1	G2
11.00	I (A)	R	0	3.92	3.88	0
		S	0	3.42	0	3.4
		T	0.2	0	0	0
		N	0.08	3.12	3.22	3.28
	V (Volt)	R	209.6	197.8	196.2	198.2
		S	242.4	234.4	231.6	232
		T	226.4	233.8	231.6	232.2
		RS	381.6	371.2	368.2	369.2
		ST	384.4	376.2	375.2	375.8

Tabel 4.1 Hasil Prhitungan Rugi Daya JTR Lahan I

Saluran	Rugi Daya (Watt)		
	R	S	T
A1	9.446062	2.840986	2.128769
B1	7.77182	10.4997	7.46344
C1	0.0000042	0.0000035	0.0000023
D1	0.000000276	0.000000123	0.000000997
E1	46.9826	0.37454	0.37454
F1	0.0000064	0	0
G1	4.55071	0.15606	0.15606
H1	0.00000278	0.000000095	0.000000095
Total	68.751404	13.871311	10.122821
Persentasi (%)	1.405641	0.446819	0.403674

Dari hasil perhitungan seperti yang di tampilkan pada tabel diatas, besar rugi daya yang terjadi pada JTR Lahan I untuk fasa R = 68.751404 Watt atau 1.405641 %, fasa S = 13.871311 Watt atau 0.446819 % dan fasa T = 10.122821 Watt atau 0.403674 %. Total rugi daya yang terjadi pada JTR Lahan I adalah sebesar 92.745537 Watt atau 0.882994 %.

Dari tabel hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa rugi daya yang paling besar terjadi pada Saluran E1, sedangkan rugi daya yang paling kecil terjadi pada Saluran D1. Hal ini terjadi karena ada perbedaan pada panjang saluran, besarnya arus yang mengalir pada saluran dan juga luasa penampang saluran. Saluran E1 merupakan saluran yang paling panjang di jaringan tegangan rendah Lahan I dengan panjang 300 m atau 0,3 km, menggunakan penghantar

3.2.3. Perhitungan Drop Tegangan JTR Lahan I

Perhitungan drop tegangan yang terjadi pada JTR Lahan I, untuk setiap saluran penghubung yang terdapat pada JTR Lahan I (Gambar 3.1) menggunakan persamaan 1.10 yaitu

LVTC dengan ukuran 35 mm². Saluran D1 memiliki panjang 25 m atau 0.025 km, dengan menggunakan penghantar LVTC dengan ukuran 10 mm².

3.1.3. Perhitungan Rugi Daya Pada Lahan II

Perhitungan rugi daya yang teerjadi pada saluran penghubung Lahan II, pada setiap saluran yang terdapat pada JTR Lahan II (Gambar 3.2) menggunakan persamaan 1.17 yaitu :

$$P_L = I^2 \times R$$

Data arus yang digunakan dalam perhitungan ini diambil pada tabel 3.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Rugi Daya JTR Lahan II

Saluran	Rugi Daya (Watt)			Total Rugi Daya Pada JTR Lahan II
	R	S	T	
A2	0	0	0.0342	
B2	1.278444	1.573397	0.142049	
C2	0	0.438373	0	
D2	0.000001	0.00000008	0.0000001	
E2	0	0.00000054	0	
Total	1.278444	2.01177	0.142049	3.4323
Persentasi (%)	0.159726	0.197819	0.049893	0.1633

Berdasarkan tabel diatas, besar rugi daya pada Saluran A2 adalah 0.0342 Watt atau 0.076408 %. Rugi daya pada Saluran A2 hanya terjadi pada fasa T karena saat dilakukan pengukuran, arus yang mengalir pada Saluran A2 hanya terdapat pada fasa T. Besar rugi daya pada JTR Lahan II untuk masing-masing fasa adalah fasa R = 1.278444 Watt atau 0.159726 %, fasa S = 2.01177 Watt atau 0.197819 %, dan fasa T = 0.142049 Watt atau 0.049893 %. Total rugi daya yang terjadi pada JTR Lahan II adalah 3.432264 Watt atau 0.163271 %.

$$\Delta V = I \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Data Arus yang digunakan dalam perhitungan ini menggunakan data pada tabel 3.1

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Drop Tegangan JTR Lahan I

Saluran	Tegangan Kirim (Volt)			Drop Tegangan					
				Volt			Persentasi (%)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
A1	209.6	242.6	226.4	0.442627	0.242743	0.21012	0.211177	0.100059	0.092811
B1	209.6	242.6	226.4	0.851687	0.989937	0.834619	0.406339	0.408005	0.368648
C1	209.6	242.6	226.4	5.26E-07	4.836E-07	3.91E-07	2.51E-07	1.994E-07	1.726E-07
D1	209.6	242.6	226.4	1.35E-07	2.85E-07	2.57E-07	6.45E-08	1.17E-07	1.14E-07
E1	209.6	242.6	226.4	3.823206	0.341358	0.341358	1.859536	0.142947	0.153075
F1	209.6	242.6	226.4	9.22E-07	0	0	4.4E-07	0	0
G1	209.6	242.6	226.4	0.768055	0.142232	0.142232	0.372481	0.064126	0.06631
H1	209.6	242.6	226.4	4.29E-07	7.95E-08	7.95E-08	2.048E-07	3.277E-08	3.511E-08

Tabel diatas merupakan hasil perhitungan drop tegangan yang terjadi pada JTR Lahan I. Drop tegangan paling besar terjadi pada fasa R pada Saluran E = 3.823206 Volt atau 1.859536 %. Drop tegangan pada fasa S = 0.341358 atau 0.142947 %, drop tegangan pada fasa T = 0.341358 Volt atau 0.153075 %. Saluran E1 menggunakan penghantar LVTC dengan luas penampang 35 mm² dan panjang Saluran E1 300 m atau 0.3 km. Besarnya arus yang mengalir pada Saluran E1 adalah I_R = 13.44 A, I_S = 1.2 A dan I_T = 1.2 A. Sedangkan drop tegangan yang paling kecil terjadi pada fasa S dan fasa T Saluran H1 masing-masing fasa S = 0.0000000795 Volt atau 0.0000000428 % dan fasa T = 0.0000000795 Volt atau 0.0000000442 %. Saluran H1 menggunakan penghantar LVTC dengan luas penampang 10 mm² dan panjang Saluran H1 adalah 25 m atau 0.025 km. Besarnya arus yang mengalir pada Saluran H1 adalah I_R = 6.48 A, I_S = 1.2 A, dan I_T = 1.2 A.

Besarnya drop tegangan yang terjadi pada JTR Lahan I masih dibawah standar drop tegangan pada JTR yang ditetapkan oleh PLN yaitu 10% dari tegangan nominalnya. Dengan asumsi tegangan nominal pada Saluran E = 220 Volt, maka drop tegangan maksimum yang dapat terjadi pada Saluran E adalah 22 Volt. Besarnya arus maksimum yang

Perhitungan drop tegangan yang terjadi pada JTR Lahan II, untuk setiap saluran penghubung yang terdapat pada JTR Lahan II (Gambar 3.2) menggunakan persamaan 1.10 yaitu :

mengalir pada Saluran E1 agar drop tegangan yang terjadi pada Saluran E1 tidak melebihi standar drop tegangan yang ditetapkan PLN adalah :

$$\Delta V = I \times Z_E$$

$$22 = I \times [(0.867 \times 0.3 \times 0.9186) + (0.379 \times 0.3 \times 0.4005)]$$

$$22 = I \times 0.283997$$

$$I = \frac{22}{0.283997}$$

$$I = 77.465607 \text{ A}$$

Jadi besarnya arus maksimum yang dapat mengalir pada Saluran E agar drop tegangan pada Saluran E1 tidak melebihi standar drop tegangan yang ditetapkan PLN adalah 77.465607 A. dilihat dari besarnya arus yang mengalir pada Saluran E masih dibawah Kemampuan Hantar Arus (KHA) penghantar LVTC 35 mm² yaitu 125 A, maka pada JTR Lahan I dapat ditambahkan beban mencapai besarnya arus maksimum yaitu 77.465607 A.

Besar rugi daya dan drop tegangan yang terjadi pada JTR Lahan I sangat dipengaruhi oleh besarnya arus yang mengalir pada JTR Lahan I, panjang saluran, jenis penghantar yang digunakan dan luas penampang penghantar yang digunakan.

3.3. Perhitungan Drop Tegangan JTR Lahan II

$$\Delta V = I \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Data Arus yang digunakan dalam perhitungan ini menggunakan data pada tabel 3.2

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Drop Tegangan JTR Lahan II

Saluran	Drop Tegangan (Volt)			Persentasi (%)		
	R	S	T	R	S	T
A2	0	0	0.186988	0	0	0.083927
B2	0.364115	0.40394	0.121372	0.174552	0.169154	0.054525

C2	0	0.150766	0	0	0.063135	0
D2	2.544E-07	7.155E-08	8.48E-08	1.22E-07	2.99E-08	3.81E-08
E2	0	1.6854E-07	0	0	7.0578E-08	0

Besar drop tegangan yang terjadi pada JTR Lahan II pada tiap-tiap saluran seperti yang terlihat pada tabel diatas. Besar drop tegangan yang terjadi pada Saluran A2 adalah 0.186988 Volt atau 0.083927 %. Panjang Saluran A adalah 986 m atau 0.986 km. Saluran A2 menggunakan penghantar LVTC dengan luas penampang 35 mm². Besarnya arus yang mengalir pada Saluran A hanya pada fasa T sebesar 0.2 A. Drop tegangan terbesar terjadi pada saluran B2. Besar drop tegangan pada Saluran B2 adalah fasa R = 0.364115 Volt atau 0.174887 %, fasa S = 0.40394 Volt atau 0.169296 % dan fasa T = 0.121372 Volt atau 0.054574 %. Saluran B2 menggunakan penghantar LVTC dengan luas penampang 35 mm² dan panjang saluran 100 m atau 0.1 km. Besarnya arus yang mengalir pada Saluran B2 adalah I_R = 3.84 A, I_S = 4.26 A dan I_T = 1.28 A. Drop tegangan terkecil terjadi pada saluran D2. Besar drop tegangan pada Saluran D2 adalah fasa R = 0.000254 Volt atau 0.000122 %, fasa S = 0.0000716 Volt atau 0.00003 % dan fasa T = 0.0000848 Volt atau 0.0000381 %. Saluran D2 menggunakan penghantar LVTC dengan luas penampang 10 mm² dan panjang saluran 25 m atau 0.025 km. Besarnya arus yang mengalir pada Saluran D2 adalah I_R = 3.84 A, I_S = 1.08 A, dan I_T = 1.28 A.

Besarnya arus maksimum yang mengalir pada Saluran B2 agar drop tegangan yang terjadi pada Saluran B2 tidak melebihi standar drop tegangan yang ditetapkan PLN adalah :

$$\Delta V = I \times Z_E$$

$$22 = I \times [(0.867 \times 0.1 \times 0.9186) + (0.379 \times 0.1 \times 0.04005)]$$

$$22 = I \times 0.094822$$

$$I = \frac{22}{0.094822}$$

$$I = 232.014 \text{ A}$$

Jadi besarnya arus maksimum yang dapat mengalir pada Saluran B2 agar drop tegangan pada Saluran B2 tidak melebihi standar drop tegangan yang ditetapkan PLN adalah 232.014 A. Namun besarnya arus maksimum yang mengalir pada Saluran B2 sudah melebihi Kemampuan Hantar Arus (KHA) penghantar LVTC 35 mm² yaitu 125 A, maka pada JTR Lahan II hanya dapat ditambahkan beban mencapai besarnya

arus maksimum yaitu 125 A yaitu sesuai dengan KHA LVTC 35 mm².

Dari hasil perhitungan dan pembahasan, besar rugi daya dan drop tegangan yang terjadi pada JTR Lahan II sangat di pengaruhi oleh besarnya arus yang mengalir pada JTR Lahan II, panjang saluran, serta jenis dan luas penampang penghantar yang digunakan. Namun rugi daya dan drop tegangan yang terjadi pada JTR Lahan II masih dibawah standar drop tegangan yang ditetapkan PLN yaitu +5% atau -10% terhadap tegangan nominalnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada Laboratorium Lahan Kering Terpadu Kepulauan Undana, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar rugi daya yang terjadi pada JTR Lahan I adalah 92.745537 Watt atau 0.882994 %. Besar rugi daya pada JTR Lahan II adalah 3.432264 Watt atau 0.163271 %.
2. Drop tegangan terbesar pada JTR Lahan I terjadi pada saluran E1 fasa R sebesar 3.823206 Volt atau 1.859536 %, sedangkan drop tegangan terkecil terjadi pada saluran H1 pada fasa S dan fasa T dengan besar masing-masing 7.95 x 10⁻⁸ Volt. Besar drop tegangan pada JTR Lahan II terbesar terjadi pada Saluran B2 fasa S sebesar 0.40394 Volt atau 0.169154 %, sedangkan drop tegangan pada JTR Lahan II terkecil terjadi pada saluran D2 fasa S sebesar 8.48 x 10⁻⁸ Volt. Drop tegangan yang terjadi pada JTR Lahan I maupun Lahan II masih dibawah standar PLN yaitu +5% dan -10% dari tegangan nominalnya.
3. Drop tegangan dan rugi daya yang terjadi pada JTR Laboratorium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan UNDANA sangat dipengaruhi oleh besarnya arus yang mengalir pada JTR, panjang saluran JTR, jenis dan ukuran penghantar yang digunakan.
4. Drop tegangan dan rugi daya yang terjadi di setiap fasa pada saluran JTR Laboratorium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan UNDANA nilainya kecil, hal ini disebabkan total panjang saluran JTR tersebut pendek sehingga rugi-rugi saluran (*losses*) menjadi kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dahlan, Moh, “Akibat Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi”. Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus. 26 September 2016
- [2] Fausan, “Perencanaan Pemasangan Salura Udara 20 kV” Jurnal Ilmiah, Teknik Elektro, Padang. 2012
- [3] Gonen Turan, “Electric Power Distribution System Engineering, Second Edition”. New York: Taylor & Francis. 2007.
- [4] Harlanu, Muhammad, Risal, Saifur “ Studi Eksplorasi Arus Pada Kawat Netral Akibat Ketidakseimbangan Arus Beban Pada Unit Transformator Distribusi Di Universitas Negeri Semarang”. Edu Elekrika Journal. 26 September 2016
- [5] Tirta, Rizki, “Analisis Rugi-Rugi Daya Sistem Distribusi Dengan Peningkatan Injeksi Jumlah Pembangkit Tersebar”. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. 26 September 2016.
- [6] Tim Penyusun, “Buku 1 : Kriteria Desain Enjiniring Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik”. Jakarta Selatan: PT PLN (PERSERO). 2010,
- [7] Tim Penyusun, “Buku 3 : Standar Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Tegangan Rendah”. Jakarta Selatan: PT PLN (PERSERO). 2010.