

ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV DARI GARDU INDUK WONOGIRI SAMPAI GARDU INDUK WONOSARI



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik**

Oleh:

MAHARDIRA DEWANTARA

D400140078

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN
TINGGI 150 KV DARI GARDU INDUK WONOGIRI
SAMPAI GARDU INDUK WONOSARI**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

MAHARDIRA DEWANTARA

D400140078

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar S.T., M.T.

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN
TINGGI 150KV DARI GARDU INDUK WONOGIRI
SAMPAI GARDU INDUK WONOSARI

OLEH


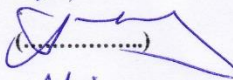

MAHARDIRA DEWANTARA

D400140078

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari, Rabu, 31 Januari 2018
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Jatmiko, M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Hasyim Asy'ari S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)



Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM

NIK. 681

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 31 Januari 2018

Penulis



MAHARDIRA DEWANTARA

D400140078

ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV DARI GARDU INDUK WONOGIRI SAMPAI GARDU INDUK WONOSARI

Abstrak

Pertumbuhan penduduk yang memiliki kehidupan serba modern seperti saat ini mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik. PLN (Perusahaan Listrik Negara) adalah pihak penyedia yang memberikan energi listrik. Penyedia yang memberikan energi listrik, mempunyai tingkatan dalam penyaluran tenaga listrik antara lain pembangkit listrik, tingkat transmisi listrik dan tingkat distribusi listrik. Saat proses penyaluran listrik kepada konsumen mempunyai berbagai masalah diantaranya rugi-rugi daya dalam saluran transmisi. Saluran transmisi yang diakibatkan oleh rugi-rugi daya perlu diperhatikan, karena dapat menyebabkan hilangnya daya saat penyaluran energi listrik. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi daya pada saluran tegangan tinggi 150 kV dari gardu induk Wonogiri sampai gardu induk Wonosari. Metode penelitian yang digunakan dengan mengumpulkan data. Pengambilan data dilakukan setiap hari saat pukul 10.00 WIB dan 19.00 WIB secara terus menerus selama satu bulan dengan mencatat tegangan dan arus. Saluran transmisi ini menggunakan kawat penghantar TACSR 410 mm². Hasil dari penelitian ini, didapatkan rugi-rugi daya tertinggi pada tanggal 24 Oktober saat siang hari sebesar 0,181516 MW dan rugi-rugi daya saat malam hari sebesar 0,263164 MW. Rata-rata per harinya rugi-rugi daya tertinggi terjadi pada tanggal 24 Oktober dengan *losses* sebesar 0,22234 MW. Rugi-rugi daya terendah pada tanggal 16, 17, 18, 19, dan 20 Oktober dengan *losses* 0,051106 MW dan rugi-rugi daya saat malam hari terjadi pada tanggal 17 Oktober dengan *losses* 0,049812 MW. Rata-rata per harinya rugi-rugi daya terendah terjadi pada tanggal 21 Oktober dengan *losses* 0,025553 MW. Rugi-rugi energi selama bulan Oktober 2017 sebesar 68,887836 MWh dengan kerugian materi yang dikeluarkan oleh PT. PLN (persero) sebesar Rp 78.877.949,86.

Kata Kunci : Analisis, Rugi-Rugi Daya, Transmisi

Abstract

The growth of the population that has a modern life such as today leads to an increase in electrical energy needs. PLN (Perusahaan Listrik Negara) is the provider that provides electrical energy. Providers that provide electrical energy, have levels in the distribution of electric power, among others, power plants, the level of electrical transmission and the level of electricity distribution. When the process of distributing electricity to the consumer has various problems including power losses in the transmission line. Transmission lines caused by power losses need to be taken into account, as they may cause power loss during power supply discharges. This analysis is conducted to find out the power losses in high voltage line 150 kV from Wonogiri substation to Wonosari main substation. The research method used by collecting data. Data collection is done every day at 10.00 GMT +7 and 19.00 GMT+7 continuously for one month by recording the voltage and current. This transmission line uses a TACSR 410 mm². The results of this study, obtained the highest power losses on October 24 during the day at 0.181516 MW and night power losses of 0.263164 MW. On average per day the highest power losses occur on 24 October with losses of 0.22234 MW. The lowest power losses on 16, 17, 18, 19 and 20 October with losses of 0.051106 MW and night-time losses occurred on 17 October with losses of 0.049812 MW. The average day-to-day low-loss power loss occurs on October 21 with 0.025553 MW losses. Loss of Energy during October 2017 amounted to 68.887836 MWh with material loss incurred by PT. PLN (Persero) amounting to Rp 78,877,949.86.

Keywords : Analysis, Power Loss, Transmission.

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang memiliki kehidupan serba modern seperti saat ini mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik. Listrik juga merupakan energi yang dapat diubah menjadi energi lain, seperti panas, cahaya, kimia atau gerak (Frick, 2014). Listrik juga merupakan sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat dalam penyalurannya harus benar-benar efisien dan handal. Seiring zaman terus berkembang kebutuhan manusia akan energi listrik otomatis akan juga ikut meningkat, maka dari itu pihak penyedia tenaga listrik dituntut untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik kepada masyarakat (Jaelani, 2013).

PLN (Perusahaan Listrik Negara) adalah pihak penyedia yang memberikan energi listrik di Indonesia. Penyedia yang memberikan energi listrik, mempunyai tingkatan dalam penyaluran tenaga listrik antara lain pembangkitan listrik, tingkat transmisi listrik dan tingkat distribusi listrik. Tingkatan tersebut memiliki banyak masalah yang terjadi di dalamnya. PLN harus memenuhi ketersediaan energi yang cukup dan berkualitas dalam penyalurannya.

Penyedia energi listrik mempunyai sistem kelistrikan, dalam sistem tersebut kelistrikan antar pusat-pusat pembangkit dan pusat-pusat beban pada umumnya terpisah dalam ratusan bahkan ribuan kilometer, hal ini disebabkan oleh beban (konsumen) yang terdistribusi di setiap tempat, sementara letak pembangkitan umumnya berada di pusat-pusat sumber energi yang jauh dari beban (konsumen).

Listrik yang dihasilkan dari pembangkit, perlu ditransmisikan ke pengguna beban (konsumen) yang terakhir melalui jalur transmisi dan distribusi (Alumona, 2014). Jauhnya beban (konsumen) yang berada di setiap tempat, maka tenaga listrik yang dibangkitkan dalam pusat-pusat pembangkit listrik disalurkan melalui kawat-kawat saluran transmisi. Jaringan transmisi adalah jaringan yang terdiri dari konduktor dibawa oleh baja (penghantar) di antara stasiun transformator, yang membawa daya dari pembangkit listrik ke pusat beban utama dan menghubungkan semua pembangkit listrik untuk membentuk jaringan yang kuat agar dapat diakses oleh semua pusat beban (Labo, 2010). Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran listrik yang akan didistribusikan kepada pengguna listrik di berbagai tempat.

Saluran transmisi listrik menyalurkan melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), Saluran Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) dan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT). Penyaluran energi listrik ke beban akan mengalami rugi-rugi teknis (*losses*), yaitu rugi daya dan rugi energi, mulai dari transmisi, pembangkit dan distribusi (Barbulescu & Fati, 2015). Masalah yang sering terjadi pada proses penyaluran energi listrik antara lain rugi-rugi daya dalam saluran transmisi. Saluran transmisi rugi-rugi daya disebabkan oleh beberapa faktor yaitu faktor korona, kebocoran isolator, jarak dan lain-lain.

Saluran transmisi yang diakibatkan oleh rugi-rugi daya perlu diperhatikan, karena dapat menyebabkan hilangnya daya saat penyaluran energi listrik. Hilangnya energi listrik tersebut mengakibatkan tegangan rendah bahkan bisa mengakibatkan pemadaman listrik. Permasalahan penelitian ini adalah perlunya melakukan analisis rugi-rugi daya pada saluran tegangan tinggi dari gardu induk Wonogiri sampai gardu induk Wonosari. Tujuannya untuk mengetahui seberapa besar rugi-rugi daya yang hilang.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan studi literatur seputar rugi-rugi daya, selanjutnya melakukan pengumpulan data. Pengumpulan data meliputi data primer dan sekunder. Data primer yaitu mengambil data yang sesuai dengan data di lapangan yang berada pada gardu induk Wonosari, untuk data sekunder didapatkan dari studi literature baik berupa buku, jurnal-jurnal, *browsing*, melakukan konsultasi dengan Pembimbing dan Supervisor yang berada di gardu induk Wonosari sehingga diperoleh penelitian yang berupa data kualitatif dan kuantitatif. Pada pengambilan data dilakukan setiap hari pada pukul 10.00 WIB dan 19.00 WIB secara terus menerus selama 1 bulan, dengan mencatat tegangan dan arus pada saat beban puncak. Pencatatan dalam pengambilan data menggunakan *Control Panel* yang berfungsi sebagai pembaca dan menyimpan data arus dan tegangan yang berada di gardu induk tersebut.

Gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk Wonosari menggunakan kawat penghantar Tipe TACSR (*Thermal Resistant Aluminum Alloy Conductor Steel Reinforced*) pada jaringan transmisinya. Kawat penghantar TACSR memiliki dimensi 410 mm² dengan resistansi 0,09 Ω, dimana resistansi konduktor dapat dihitung setiap jarak 1 km (1000 meter). Gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk Wonosari memiliki jarak sepanjang 31,55 kilometer menggunakan Tower SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) sebanyak 110 tower. Penyebab terpenting terjadinya rugi daya pada saluran transmisi ialah resistansi dari kawat penghantar tersebut. Resistansi total dapat dihitung dengan persamaan :

$$R_{Total} = R_{jenis\ penghantar} \times L \quad (1)$$

Keterangan :

R_{Total} : Resistansi Total (Ω/meter)

$R_{jenis\ penghantar}$: Resistansi jenis penghantar (Ω)

L : Jarak (kilometer)

Rugi-rugi daya yang besar dapat mengakibatkan kerugian perusahaan pemasok listrik. Saluran transmisi gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk ke Wonosari memiliki jarak yang panjang yaitu 31,55 kilometer. Jarak tersebut dapat menyebabkan rugi daya yang cukup besar, untuk menghitung besarnya rugi-rugi daya dapat menggunakan persamaan :

$$P_{losses} = 3 \cdot I^2 \cdot R \quad (2)$$

Keterangan :

P_{losses} : Rugi-rugi daya (watt)

I : Arus yang mengalir (amper)

R : Tahanan saluran (Ω/meter)

Kerugian perusahaan pemasok listrik disebabkan oleh hilangnya energi yang ditimbulkan dari rugi-rugi daya, sehingga dapat merugikan perusahaan pemasok tersebut. Kerugian tersebut diakibatkan karena energi yang disalurkan tidak sama dengan besarnya energi yang diterima, sehingga energi yang disalurkan tidak dapat terjual seluruhnya. Rugi-rugi daya tersebut dapat dilakukan dengan menganalisis berapanya besar dana yang hilang atau dirugikan dengan menggunakan persamaan :

$$E = p \times t \quad (3)$$

Keterangan :

E : Energi listrik (watt·jam)

p : Daya alat listrik (watt)

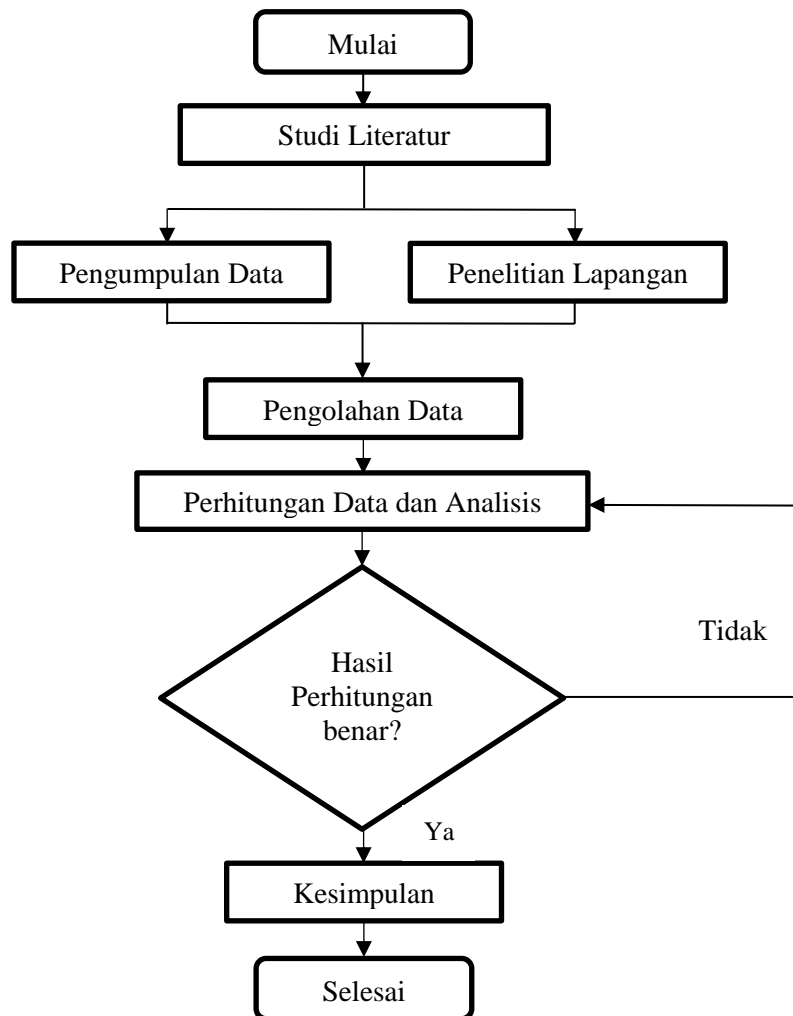
t : Lama pemakaian (jam)

$$\text{Biaya Listrik} = \frac{E}{1000} \cdot TDL \quad (4)$$

Keterangan :

TDL : Tarif dasar listrik (Rp)

2.1 Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saluran transmisi dapat menyebabkan rugi-rugi daya yang merupakan selisih antara daya kirim dan daya terima. Saluran transmisi gardu induk Wonogiri sampai gardu induk Wonosari terhitung sangat jauh yang akan menimbulkan kerugian yang besar. Kerugian yang besar tersebut dapat menyebabkan hilangnya daya dan kerugian materi yang dikeluarkan PT. PLN (persero) selaku pemasok listrik. Peneliti melakukan pengambilan data yang diharapkan dapat menjadi referensi untuk melakukan perhitungan rugi-rugi daya, terlampir pada tabel 2.

Perhitungan rugi-rugi daya pada penghantar TACSR 410 mm² untuk jarak 1000 meter dengan resistansi 0,09 Ω pada bulan Oktober tahun 2017 :

3.1 Penentuan Perhitungan R_{Total} :

Pada saluran transmisi tegangan tinggi (SUTT) dari gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk Wonosari mempunyai 110 tower dengan jarak 31,55 km. Kawat penghantar TACSR 410 mm² untuk jarak 1000 meter memiliki resistansi 0,09 Ω, maka dapat diketahui besarnya resistansi total :

$$R_{Total} = R_{jenis\ penghantar} \times L$$

$$R_{Total} = 0,09 \times 31,55 \text{ km}$$

$$R_{Total} = 2,8 \text{ } \Omega/\text{meter}$$

Tabel 1 merupakan data penghantar saluran transmisi gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk Wonosari pada bulan Oktober 2017.

Tanggal	Pukul 10.00 WIB				Pukul 19.00 WIB			
	KV (BUSBAR)	P (MW)	Q (MVAR)	I (AMP)	KV (BUSBAR)	P (MW)	Q (MVAR)	I (AMP)
1					142	-34	-11	151
2	141	-32	-12	142	142	-35	-12	156
3	142	-30	-10	133	142	-32	-10	141
4	142	-29	-11	126	142	-32	-10	141
5	149	-29	-10	131	142	-31	-9	137
6	142	-29	-11	133	142	-31	-9	138
7					142	-31	-9	137
8					142	-31	-8	134
9	142	-28	-10	122	142	-31	-9	137
10	144	-21	-7	94	142	-32	-9	138
11	142	-29	-10	130	142	-31	-9	139
12	142	-28	-10	132	143	-31	-9	137
13					144	-31	-9	135
14					144	-31	-9	133
15					144	-31	-9	133
16	143	-18	-6	78	144	-30	-8	131

17	143	-18	-6	78	146	-18	-4	76
18	143	-18	-6	78	145	-19	-5	83
19	143	-18	-6	78	145	-18	-4	79
20	143	-18	-6	78	145	-18	-5	78
21					145	-18	-5	78
22					143	-36	-10	157
23	143	-33	-12	144	144	-65	-13	157
24	142	-33	-12	147	143	-118	-17	177
25	142	-32	-12	141	143	-117	-12	156

Sumber : PT. PLN (persero) Gardu Induk Wonosari

3.2 Penentuan Perhitungan Rugi-Rugi Daya Pada Pukul 10.00 WIB dan Pukul 19.00 WIB :

Perhitungan rugi-rugi daya pada penghantar TACSR 410 mm² dengan R_{Total} sebesar 2,8 Ω/meter bulan Oktober tahun 2017 :

Pukul 10.00 WIB

$$\text{Tanggal [2]} \quad 3 \times 142^2 \times 2,8 = 169378 \text{ W}$$

$$\text{Dijadikan MW} : \frac{169378}{1000000} = 0,169378 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal [3]} \quad 3 \times 133^2 \times 2,8 = 148588 \text{ W}$$

$$\text{Dijadikan MW} : \frac{148588}{1000000} = 0,148588 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal [4]} \quad 3 \times 126^2 \times 2,8 = 133358 \text{ W}$$

$$\text{Dijadikan MW} : \frac{133358}{1000000} = 0,133358 \text{ MW}$$

Pukul 19.00 WIB

$$\text{Tanggal [2]} \quad 3 \times 156^2 \times 2,8 = 204422 \text{ W}$$

$$\text{Dijadikan MW} : \frac{204422}{1000000} = 0,204422 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal [3]} \quad 3 \times 141^2 \times 2,8 = 167000 \text{ W}$$

$$\text{Dijadikan MW} : \frac{167000}{1000000} = 0,167 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal [4]} \quad 3 \times 141^2 \times 2,8 = 167000 \text{ W}$$

$$\text{Dijadikan MW} : \frac{167000}{1000000} = 0,167 \text{ MW}$$

3.3 Penentuan Rugi-Rugi Daya atau P_{losses} Per Hari dan E_{losses} Per Hari :

Tanggal [2]

$$P_{\text{losses}} : \frac{0,169378+0,204422}{2} = 0,1869 \text{ MW}$$

$$E_{\text{losses/hari}} : 0,1869 \times 24 \text{ jam} = 4,4856 \text{ MWh}$$

Tanggal [3]

$$P_{\text{losses}} : \frac{0,148588+0,167}{2} = 0,157794 \text{ MW}$$

$$E_{\text{losses/hari}} : 0,157794 \times 24 \text{ jam} = 3,787056 \text{ MWh}$$

Tanggal [4]

$$P_{\text{losses}} : \frac{0,133358+0,167}{2} = 0,150179 \text{ MW}$$

$$E_{\text{losses/hari}} : 0,150179 \times 24 \text{ jam} = 3,604296 \text{ MWh}$$

Tabel 2 merupakan data hasil perhitungan rugi-rugi daya atau P_{losses} (watt), rata-rata P_{losses} (watt) per hari dan rugi energi per harinya (MWh) pada penghantar TACSR 410 mm² untuk bulan Oktober 2017.

Tanggal	Pukul 10.00 WIB			Pukul 19.00 WIB			Rata-rata $P_{\text{losses/hari}}$ (MW)	$E_{\text{losses/hari}}$ (MWh)
	P (MW)	I (A)	P_{losses} (MW)	P (MW)	I (A)	P_{losses} (MW)		
1				-34	151	0,191528	0,095764	2,298336
2	-32	142	0,169378	-35	156	0,204422	0,1869	4,4856
3	-30	133	0,148588	-32	141	0,167	0,157794	3,787056
4	-29	126	0,133358	-32	141	0,167	0,150179	3,604296
5	-29	131	0,144152	-31	137	0,15766	0,150906	3,621744
6	-29	133	0,148588	-31	138	0,15997	0,154279	3,702696
7				-31	137	0,15766	0,07889	1,89192
8				-31	134	0,15083	0,075415	1,80996
9	-28	122	0,125026	-31	137	0,15766	0,141949	3,392292
10	-21	94	0,074222	-32	138	0,15997	0,117096	2,810304
11	-29	130	0,14196	-31	139	0,162296	0,152128	3,651072
12	-28	132	0,146362	-31	137	0,15766	0,152011	3,648264
13				-31	135	0,15309	0,076545	1,83708
14				-31	133	0,148588	0,07429	1,783056
15				-31	133	0,148588	0,074294	1,783056
16	-18	78	0,051106	-30	131	0,144152	0,097629	2,343096
17	-18	78	0,051106	-18	76	0,048518	0,049812	1,195488
18	-18	78	0,051106	-19	83	0,057868	0,054487	1,307688
19	-18	78	0,051106	-18	79	0,052424	0,051765	1,24236
20	-18	78	0,051106	-18	78	0,051106	0,051106	1,226544
21				-18	78	0,051106	0,025553	0,613272
22				-36	157	0,207052	0,130526	2,484624
23	-33	144	0,147182	-65	157	0,207052	0,190617	4,574808
24	-33	147	0,181516	-118	177	0,263164	0,22234	5,33616
25	-32	141	0,167	-117	156	0,204422	0,185711	4,457064

Tabel 2 memperlihatkan bahwa rugi-rugi daya yang terjadi di gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk Wonosari untuk pengiriman daya cukup besar. Kehilangan daya tertinggi selama bulan Oktober 2017 untuk pengiriman dari gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk Wonosari terjadi pada tanggal 24 Oktober malam hari dengan *losses* sebesar 0,263164 MW dan kehilangan daya terendah terjadi pada tanggal 17 Oktober malam hari dengan *losses* 0,049812 MW.

Kehilangan daya untuk siang harinya yang tertinggi terjadi pada tanggal 24 Oktober dengan *losses* sebesar 0,181516 MW dan kehilangan daya terendah terjadi pada tanggal 16, 17, 18, 19, dan 20 Oktober dengan *losses* 0,051106 MW. Rata-rata kehilangan daya tertinggi per harinya selama bulan Oktober 2017 terjadi pada tanggal pada tanggal 24 Oktober dengan *losses* sebesar 0,22234 MW, sedangkan rata-rata kehilangan daya terendah per harinya terjadi pada tanggal 17 Oktober dengan *losses* 0,049812 MW.

Daya pada saluran tersebut menunjukkan bahwa yang dikirimkan oleh gardu induk Wonogiri lalu ke gardu induk Wonosari tidak diterima seluruhnya akibat terjadinya rugi-rugi daya. Rugi-rugi daya yang ditimbulkan mengakibatkan penghantar menjadi panas dikarenakan melebihi batas resistansi pada saat proses pengiriman.

Perusahaan pemasok listrik akan mengalami kerugian dana penjualan energi listrik yang diakibatkan adanya hilangnya daya pada saluran transmisi. Kehilangan daya yang diakibatkan oleh saluran transmisi tersebut, jika menghitung kerugian yang ditanggung oleh PT. PLN (persero) dengan melihat tarif dasar listrik (TDL) pada bulan Oktober 2017 yang ditaksir dengan tarif rata-rata terlampir pada tabel 3.

Tabel 3. Tarif Dasar Listrik (TDL) bersubsidi dan nonsubsidi bulan Oktober 2017

Daya Listrik (VA)	Tarif Dasar Listrik (Rp/kWh)	Keterangan
450 VA	415	Subsidi
900 VA	586	Subsidi
1300 VA	1467,28	Nonsubsidi
2200 VA	1467,28	Nonsubsidi
3500 VA s.d 5500 VA	1467,28	Nonsubsidi
6600 VA s.d 200 KVA	1467,28	Nonsubsidi
Rata-rata tarif	1145,02	

Tabel 3 merupakan tarif dasar listrik bersubsidi dan nonsubsidi bulan Oktober 2017 sebagai acuan untuk memperkirakan kerugian dana yang di keluarkan oleh PT. PLN (persero) akibat rugi-rugi daya pada saluran transmisi gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk Wonosari.

3.4 Penentuan Perhitungan Biaya Listrik yang Hilang Akibat Rug-Rugi Daya :

Kerugian dana yang diakibatkan oleh hilangnya daya listrik dengan rata-rata tarif dasar listrik Rp 1145,02 pada bulan Oktober 2017.

Tanggal [2] $4,4856 \text{ MWh} \times 1000 = 4.485,6 \text{ kWh}$

Tarif Dasar Listrik : $4.485,6 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1145,02 = \text{Rp } 5.136.101,7$

Tanggal [3] $3,787056 \text{ MWh} \times 1000 = 3.787,056 \text{ kWh}$

Tarif Dasar Listrik : $3.787,056 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1145,02 = \text{Rp } 4.336.254,9$

Tanggal [4] $3,604296 \text{ MWh} \times 1000 = 3.604,296 \text{ kWh}$

Tarif Dasar Listrik : $3.604,296 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1145,02 = \text{Rp } 4.126.991$

Tabel 4. Data perhitungan kerugian dana yang diakibatkan oleh hilangnya daya listrik dengan rata-rata tarif dasar listrik Rp 1145,02.

Tanggal	E_{losses} (MWh)	E_{losses} (kWh)	Dana (Rp)
1	2,298336	2298,336	Rp 2.631.640,68
2	4,4856	4485,6	Rp 5.136.101,7
3	3,787056	3787,056	Rp 4.336.254,86
4	3,604296	3604,296	Rp 4.126.991
5	3,621744	3621,744	Rp 4.146.969,31
6	3,702696	3702,696	Rp 4.239.660,97
7	1,89192	1891,92	Rp 2.166.286,23
8	1,80996	1809,96	Rp 2.072.440,39
9	3,392292	3392,292	Rp 3.884.242,18
10	2,810304	2810,304	Rp 3.217.854,28
11	3,651072	3651,072	Rp 4.180.550,46
12	3,648264	3648,264	Rp 4.177.335,24
13	1,83708	1837,08	Rp 2.103.493,34
14	1,783056	1783,056	Rp 2.041.634,78
15	1,783056	1783,056	Rp 2.041.634,78
16	2,343096	2343,096	Rp 2.682.891,78
17	1,195488	1195,488	Rp 1.368.857,66
18	1,307688	1307,688	Rp 1.497.328,91
19	1,24236	1242,36	Rp 1.422.527,04
20	1,226544	1226,544	Rp 1.404.417,41
21	0,613272	613,272	Rp 702.208,7
22	2,484624	2484,624	Rp 2.844.944,17
23	4,574808	4574,808	Rp 5.238.246,65
24	5,33616	5336,16	Rp 6.110.009,92
25	4,457064	4457,064	Rp 5.103.427,42
Total	68,887836 MWh	68887,836 kWh	Rp 78.877.949,86

Tabel 4. menunjukkan bahwa rugi-rugi daya pada saat proses pengiriman dari gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk Wonosari selama satu bulan bernilai sebesar 68887,836 kWh. Ruginya materi yang hilang oleh pemasok listrik PT. PLN (persero) yang diakibatkan oleh rugi-rugi daya pada sistem transmisi dapat dilihat dari hilangnya daya dalam satu bulan (kWh) dengan mengalikan biaya per kWh tarif dasar listrik, sehingga dapat di ketahui kerugian yang diakibatkan oleh hilangnya daya sebesar Rp 78.877.949,86 selama satu bulan.

4. PENUTUP

Bedasarkan hasil analisis rugi-rugi daya pada saluran transmisi udara tegangan tinggi 150 kV dari gardu induk Wonogiri sampai ke gardu induk Wonosari yang di bahas dalam penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Rugi-rugi daya yang tertinggi selama bulan Oktober 2017 pada saat siang hari terjadi pada tanggal 24 Oktober sebesar 0,181516 MW, untuk rugi-rugi daya tertinggi saat malam hari terjadi 24 Oktober dengan *losses* sebesar 0,263164 MW dan rata-rata per harinya rugi-rugi daya tertinggi terjadi pada tanggal 24 Oktober dengan *losses* sebesar 0,22234 MW.
- 2) Rugi-rugi daya yang terendah selama bulan Oktober 2017 pada saat siang hari terjadi pada tanggal 16, 17, 18, 19, dan 20 Oktober dengan *losses* 0,051106 MW, untuk rugi-rugi daya terendah saat malam hari terjadi pada tanggal 17 Oktober dengan *losses* 0,049812 MW, sedangkan rata-rata per harinya rugi-rugi daya terendah terjadi pada tanggal 17 Oktober dengan *losses* 0,049812 MW.
- 3) Rugi-rugi energi selama satu bulan atau bulan Oktober 2017 sebesar 68,887836 MWh dengan kerugian materi yang dikeluarkan oleh PT. PLN (persero) sebesar Rp 78.877.949,86.

PESANTUNAN

Peneliti sangat bersyukur dan mengucapkan banyak terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dan meluangkan waktu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, dengan rasa hormat dan terima kasih penulis berikan kepada :

- 1) Allah SWT serta junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya kepada peneliti.
- 2) Ibu yang tiada hentinya mendo'akan, memotivasi, mendukung dan memberikan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
- 3) Bapak yang selalu mendo'akan dan memberikan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir
- 4) Mbak Dika dan Mas Redy yang selalu memberi dukungan serta doanya.
- 5) Bapak Umar S.T., M.T. selaku Pembimbing dalam pengerjaan Tugas Akhir dan sekaligus Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- 6) Bapak Sumadi selaku Supervisor dan pada staf di Gardu Induk Wonosari yang telah membantu, memberikan dan menjelaskan data-data yang perlu diambil serta memberikan bimbingan hingga selesainya tugas akhir ini.
- 7) Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2014 yaitu Amoreza Riyan, Dwi Cahyo, Cahyo Juli, Romadhoni Roni, Kholis Nur Ihsan, Dini Nur H, Siti Khoiriyah, Aji Danang, serta semua teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan, motivasi dan selalu memberikan arahan tentang mengerjakan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunadar Artono dan S Kuwahara. 1993, *Teknik Tenaga Listrik Jilid II Saluran Transmisi*. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Aribowo, Didik dan Desmira (2016). *Analisis Kerugian Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 KV Unit Pelayanan Transmisi Cilegon Baru-Cibinong*. *Journal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Alumona T. L, (2014). *Overview of Losses and Solutions in Power Transmission Lines*. Network and Complex System. Vol 8, No 4.
- Barulescu, C. St, K., & Fati, O (2015). *110 kV Network Technical Losses Assessment Real Distribution System Case Study*. *Journal of Sustainable Energy*, 6(2), 65-71.
- Jaelani, Z. (2013). *Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi 500kV dengan menggunakan Digisilent*. *Tesis*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Kosasih, G.B, (2017). *Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150KV Pada Gardu Induk Jajar – Gondangrejo*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Labo, H.S, (2010). *Current Status and Future Outlook of the Transmission Network*.
- Pratama, A.D.A.M (2017). *Studi Perkiraan Susut Energi Dan Daya Listrik Pada Jaringan Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Jajar-Mangukegaran Studi Kasus pada PT.PLN (persero) APP Salatiga*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.