

**ANALISA PERBANDINGAN SUSUT ENERGI PENGGUNAAN
PENGHANTAR ACSR DENGAN ACCC PADA JARINGAN TRANSMISI
TEGANGAN TINGGI 150 KV PEDAN – WONOSARI**



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

Oleh:

AMOREZA RIYAN ABIMANTORO

D 400 140 055

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PERBANDINGAN SUSUT ENERGI PENGGUNAAN
PENGHANTAR ACSR DENGAN ACCC PADA JARINGAN TRANSMISI
TEGANGAN TINGGI 150 KV PEDAN – WONOSARI**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

AMOREZA RIYAN ABIMANTORO

D400140055

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

acc 22/1-2018


Aris Budiman S.T.M.T

NIK.885

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PERBANDINGAN SUSUT ENERGI PENGGUNAAN
PENGHANTAR ACSR DENGAN ACCC PADA JARINGAN TRANSMISI
TEGANGAN TINGGI 150 KV PEDAN – WONOSARI**

OLEH

AMOREZA RIYAN ABIMANTORO

D 400 140 055

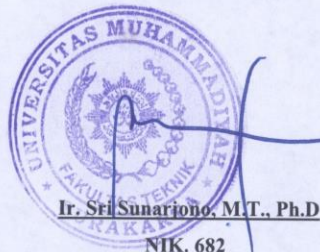
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 30 Januari 2018
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Aris Budiman, ST. MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Agus Supardi, ST.MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Umar, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

an Dekan,


Ir. Sri Sunariono, M.T., Ph.D
NIK. 682

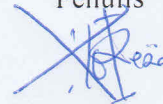
PERNYATAAN

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, 30 Januari 2018

Penulis



AMOREZA RIYAN ABIMANTORO
D400140055

ANALISA PERBANDINGAN SUSUT ENERGI PENGGUNAAN PENGHANTAR ACSR DENGAN ACCC PADA JARINGAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV PEDAN – WONOSARI

Abstrak

Berkembang pesatnya teknologi saat ini menyebabkan kebutuhan energi listrik semakin bertambah. Disisi lain masyarakat menuntut untuk ketersediaan energi listrik yang cukup dan berkualitas. PT. PLN (persero) mempunyai tiga tingkatan dalam penyaluran tenaga listrik yaitu dari pembangkit, saluran transmisi, dan jaringan distribusi. Pembangkitan sampai ke distribusi jaraknya bisa sangat jauh sehingga menimbulkan banyak masalah dalam pengiriman energi listriknya. Hal ini harus lebih diperhatikan karena dapat menyebabkan hilangnya daya yang cukup besar. Analisa dilakukan pada tegangan kerja 150kV pada *GITET* Pedan ke *GI* Wonosari. Tahapan pertama melakukan survei pada lokasi, mencari data yang dibutuhkan seperti arus, tegangan, daya, resistansi, dan panjang saluran pada jaringan transmisi 150kV. Pengambilan data dilakukan pada pukul 10:00 dan 19:00 WIB selama satu bulan. Penghantar yang digunakan adalah ACSR 240mm² dan ACCC 310mm², dengan masing-masing nilai tahanan 0,119Ω/km dan 0,126Ω/km. Perhitungan menggunakan metoda rerata tarif tenaga listrik dikalikan losses tiap penghantar. Total rugi-rugi daya yang terjadi dalam satu bulan untuk penghantar ACCC adalah 1.059,715 MWh. Kerugian total pada penghantar ACCC 310mm² Rp. 1.227.276.950,36. Total rugi-rugi daya yang terjadi dalam satu bulan untuk penghantar ACSR adalah 489,74 MWh. Kerugian total pada penghantar ACSR 310mm² Rp. 567.183.259,36.

Kata Kunci: Rugi-rugi daya, energi listrik, analisa

Abstract

Development of technology nowadays have increase influence in power energy. In the other side people has demand for power energy availbility have more quality. PT. PLN (persero) have three level of power energy as generating, transmission, and distribution. Generating to distribution apart very far away so it can be make many problems when the power has been sent. That things should be more attention, it causing have make large of power lossess. When done the analysis in 150kV voltage on *GITET* Pedan into *GI* Wonosari. First step, survey in that location, and find the data such as, current, voltage, power, resistance, and lenght of cable on 150kV transmission network. The data has been taken at 10:00 and 19:00 WIB in single month. The conductor that been used ACSR 240mm² and 310mm², those have each resistance value 0,119Ω/km and 0,126Ω/km. The calculation using methods average of electrics power rates multiply losses each conductor. Amount of power losses happens in single month for ACCC conductor are 1.059,715 MWh. Total losses on ACCC 310mm² conductor Rp. 1.227.276.950,36. Amount of power losses happens in single month for ACCC conductor are 489,74 MWh. Total losses on ACCC 310mm² conductor Rp. 567.183.259,36.

Keywords: Power losses, electrics power, analysis .

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan tenaga listrik di Indonesia terus meningkat sesuai dengan laju pertumbuhan ekonomi dan industri serta penambahan penduduk. Listrik merupakan bentuk energi yang paling mudah dikonversi ke dalam bentuk energi yang lain, sehingga memudahkan kehidupan manusia moderen seperti sekarang ini, dimana energi listrik mempunyai satu fungsi *fundamental* yang dapat memberikan pelayanan daya listrik yang diperlukan oleh konsumen. Untuk mengatasi berkurangnya pasokan energi, maka pemerintah telah dan akan membangun pusat pembangkit listrik yang berdaya besar. Daya listrik tersebut akan disalurkan ke pusat beban melalui saluran transmisi dan saluran distribusi.

Dalam sebuah sistem kelistrikan diantara pusat pembangkit dan pusat beban pada umumnya terpisah dalam jarak yang sangat jauh, jarak yang sangat jauh ini akan menyebabkan drop tegangan. Cara pencegahan dari kerugian daya yang diakibatkan oleh jaringan transmisi, maka dibutuhkan tegangan dari pembangkit listrik yang sangat tinggi untuk mengurangi kerugian dari jarak saluran. Penyebab adanya rugi-rugi daya ada beberapa faktor diantaranya faktor kebocoran isolator yang diakibatkan oleh tegangan pada awal pengiriman terhadap tegangan pada ujung penerima memiliki perbedaan yang signifikan. Penurunan tegangan merupakan indikator utama dalam kualitas daya dan memiliki pengaruh yang sangat signifikan pada keadaan normal peralatan listrik, terutama pada sistem distribusi tegangan rendah. (Vujosevic, L)

Pada *Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)* 150kV jika kapasitas daya yang disalurkan besar, maka penghantar pada masing-masing phasa terdiri dari dua atau empat kawat (*double atau quadrapole*) dan *berkas konduktornya* disebut *bundle conductor*. Jika transmisi ini beroperasi secara parsial , jarak yang paling efektif adalah 100 km. Jika jaraknya lebih dari 100 km tegangan jatuhnya (*voltage drop*) akan terlalu besar, sehingga menyebabkan tegangan di ujung transmisi menjadi rendah. Untuk mengatasi hal tersebut maka sistem yang digunakan adalah hubungan secara *ring system* atau *interconnction system*.

ACSR (Alumunium Conductor Steel Reinforced), adalah kawat penghantar alumunium berinti kawat baja. Kabel ini digunakan untuk saluran-saluran Transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara atau tiang berjauhan, mencapai ratusan meter, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi, untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR.

ACCC (Almunium Conductor with Composite Core) adalah sebuah penghantar kawat alumunium yang berinti *composite core* yang mana lebih ringan dan kuat daripada baja,

memungkinkan 28% aluminium tanpa menambah berat konduktor tersebut. Serta keandalan yang lebih daripada penghantar ACSR.

2. METODE

Metode yang diterapkan adalah melakukan survei lokasi di GI Wonosari diambil data berupa tegangan, arus, dan daya setiap hari pada pukul 10.00 dan 19.00 WIB. Pengambilan data ini dilakukan secara berkelanjutan selama satu bulan (30 hari). Pencatatan data ini dilakukan dengan membaca control panel dalam gardu induk. Sistem control tersebut tersambung pada jaringan sehingga kita dapat dengan mudah membacanya, sekaligus dalam *control panel* tersebut dapat menyimpan data arus, tegangan, dan daya.

Saluran jaringan transmisi dari GITET Pedan – GI Wonosari menggunakan penghantar ACSR 240 mm² dan ACCC diameter 310 mm². Masing – masing pengantar memiliki tahanan yang diperoleh untuk ACSR sebesar 0,119Ω dan ACCC sebesar 0,126Ω, dimana resistansi konduktor dihitung setiap jarak 1000 meter (1 kilometer). Jarak antara gardu induk Pedan ke gardu induk Wonosari 11,057 meter dengan menggunakan tower saluran udara tegangan tinggi (SUTT) sebanyak 29 tower. Resistansi dan panjang saluran merupakan faktor utama terjadinya rugi-rugi daya. Untuk selanjutnya menghitung rugi-rugi daya dapat menggunakan dua cara yaitu :

- 1) Dengan rumus

$$P_{loss} = 3 I^2 R \quad (1)$$

Keterangan : P_{loss} = Rugi-rugi daya (Watt)

I = Arus ang dialirkan (Ampere)

R = Tahanan penghantar (Ω/meter)

Hilangnya energi diakibatkan oleh rugi-rugi daya dapat merugikan pemasok daya listrik. Hal ini disebabkan oleh adanya selisih antara daya kirim dan daya terima, sehingga daya yang telah hilang tidak dapat terjual, peneliti melakukan perhitungan serta analisa terhadap besarnya kerugian yang ditimbulkan oleh rugi-rugi daya. Dan membandingkan kerugian mana yang lebih besar antara penghantar *acsr* atau *accc* dalam satu jaringan. Kemudian peneliti akan melakukan analisa menggunakan persamaan (2) dan (3) :

$$W = P \times t \quad (2)$$

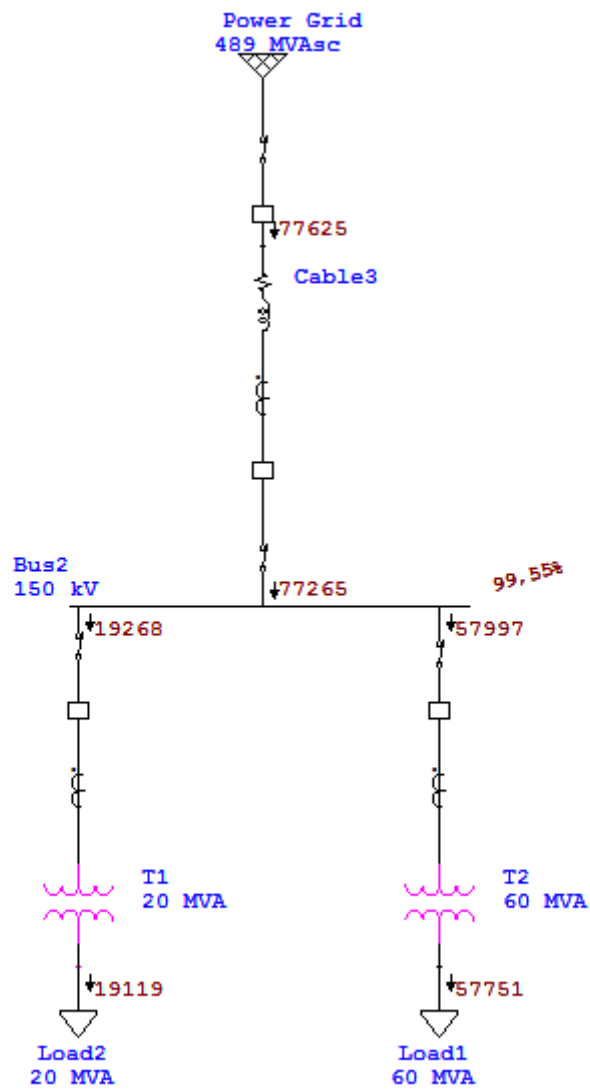
Keterangan : W = Energi listrik (watt.jam)
 P = Daya listrik (watt)
 t = Lama pemakaian (jam)

$$\text{Biaya listrik} = \frac{W}{1000} \times TTL \quad (3)$$

Keterangan : $\frac{W}{1000}$ = Pemakaian listrik (kWh)
 TTL = Tarif tenaga listrik (Rp)

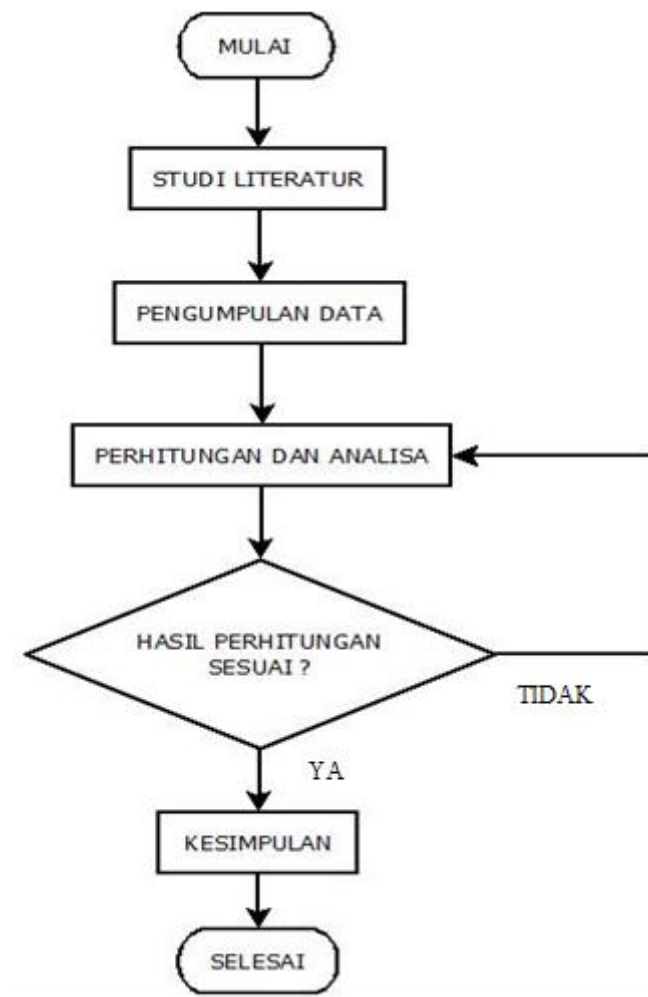
2) Aplikasi ETAP

Perhitungan ini berdasarkan aplikasi *ETAP* yang nantinya akan peneliti buat dengan *diagram single line* dengan menginputkan data yang telah didapat lalu di jalankan.



Gambar 1. Diagram garis GITET Pedan – GI Wonosari 150kV

Flowchart penelitian



Gambar 2. Flowchart

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rugi-rugi daya merupakan selisih nilai antara daya kirim dan daya yang diterima disebabkan oleh saluran transmisi maupun saluran distribusi. Saluran transmisi antara GI Pedan – GI Wonosari terhitung relatif jauh dimana dapat menimbulkan kerugian yang relatif besar. Peneliti telah melakukan survei dan pengambilan data yang dapat menjadi bahan referensi untuk mencari seberapa besar jumlah rugi-rugi yang terjadi. Dari data yang telah peneliti ambil, telah dilakukan perhitungan dan terlampir pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Perhitungan rugi-rugi daya pada penghantar $ACSR\ 240mm^2$ dengan nilai resistansi $0,119\ \Omega$ setiap jarak 1000 meter dan panjang saluran jarak 11,057 meter untuk bulan November tahun 2017 :

3.1 Menghitung rugi – rugi daya penghantar ACSR

- Menghitung resistansi total penghantar ACSR

$$\text{Resistansi total} = R_{acsr} \times \text{panjang penghantar}$$

$$= 0,119\Omega/\text{km} \times 11,057\text{m}$$

$$= 1,31\Omega$$

b. Pukul 10:00

$$P_{\text{loss}} = 3 I^2 R$$

$$\text{Tanggal (1)} P_{\text{loss}} = 3 \times (338 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 448978 \text{ Watt} : 1000000 = 0,448978 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (2)} P_{\text{loss}} = 3 \times (467 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 857089 \text{ Watt} : 1000000 = 0,857089 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (3)} P_{\text{loss}} = 3 \times (466 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 853423 \text{ Watt} : 1000000 = 0,853423 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (6)} P_{\text{loss}} = 3 \times (455 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 813608 \text{ Watt} : 1000000 = 0,813608 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (7)} P_{\text{loss}} = 3 \times (427 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 716552 \text{ Watt} : 1000000 = 0,716552 \text{ MW}$$

c. Pukul 19:00

$$P_{\text{loss}} = 3 I^2 R$$

$$\text{Tanggal (1)} P_{\text{loss}} = 3 \times (472 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 875541 \text{ Watt} : 1000000 = 0,875541 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (2)} P_{\text{loss}} = 3 \times (471 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 871835 \text{ Watt} : 1000000 = 0,871835 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (3)} P_{\text{loss}} = 3 \times (465 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 849764 \text{ Watt} : 1000000 = 0,849764 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (6)} P_{\text{loss}} = 3 \times (438 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 753946 \text{ Watt} : 1000000 = 0,753946 \text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (7)} P_{\text{loss}} = 3 \times (480 \text{ A})^2 \times 1,31 \Omega = 905472 \text{ Watt} : 1000000 = 0,905472 \text{ MW}$$

d. Rata-rata P_{loss} per hari

$$\text{Rata-rata } P_{\text{loss}} = \frac{P_{\text{loss siang}} + P_{\text{loss malam}}}{2}$$

$$\text{Tanggal (1)} \text{ Rata-rata } P_{\text{loss}} = \frac{0,44897892 \text{ MW} + 0,875541 \text{ MW}}{2} = 0,66226 \text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $0,66226 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} = 15,894228 \text{ MWh}$

$$\text{Tanggal (2)} \text{ Rata-rata } P_{\text{loss}} = \frac{0,85708977 \text{ MW} + 0,871835 \text{ MW}}{2} = 0,864462 \text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $0,864462 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} = 20,747088 \text{ MWh}$

$$\text{Tanggal (3)} \text{ Rata-rata } P_{\text{loss}} = \frac{0,85342308 \text{ MW} + 0,849764 \text{ MW}}{2} = 0,851594 \text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $0,851594 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} = 20,438244 \text{ MWh}$

$$\text{Tanggal (6)} \text{ Rata-rata } P_{\text{loss}} = \frac{0,81360825 \text{ MW} + 0,824373 \text{ MW}}{2} = 0,81899 \text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $0,81899 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} = 19,655769 \text{ MWh}$

$$\text{Tanggal (7)} \text{ Rata-rata } P_{\text{loss}} = \frac{0,71655297 \text{ MW} + 0,905472 \text{ MW}}{2} = 0,788659 \text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $0,788659 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} = 18,927807 \text{ MWh}$

Tabel 1. Perhitungan rugi-rugi daya penghantar ACSR 240mm² pada November 2017

PENGHANTAR ACSR 150 KV WONOSARI										
TGL	10:00				19:00				Rata-rata Ploss / hari (MW)	Energi Listrik (MWh)
	P (MW)	Q (MVAR)	Ploss (MW)	I (A)	P (MW)	Q (MVAR)	Ploss (MW)	I (A)		
1	-64	-53	0,44897892	338	-118	-18	0,875541	472	0,66226	15,89
2	-111	-27	0,85708977	467	-119	-19	0,871835	471	0,864462	20,75
3	-154	-23	0,85342308	466	-118	-18	0,849764	465	0,851594	20,44
4			0		-111	-17	0,753947	438	0,376973	9,05
5			0		-120	-18	0,905472	480	0,452736	10,87
6	-109	-20	0,81360825	455	-114	-17	0,824373	458	0,81899	19,66
7	-102	-21	0,71655297	427	-116	-18	0,860764	468	0,788659	18,93
8	-119	-22	0,96294825	495	-122	-18	0,920626	484	0,941787	22,60
9	-116	-22	0,905472	480	-123	-18	0,935906	488	0,920689	22,10
10	-118	-23	0,92062608	484	-122	-22	0,916826	483	0,918726	22,50
11			0		-120	-22	0,897942	478	0,448971	10,78
12			0		-113	-20	0,78174	446	0,39087	9,38
13	-118	-22	0,91303332	482	-109	-22	0,879255	473	0,896144	21,51
14	-99	-23	0,63510372	402	-112	-20	0,767781	442	0,701442	16,83
15	-99	-22	0,64143888	404	-109	-18	0,736832	433	0,689135	16,54
16	-100	-21	0,65100057	407	-112	-18	0,750508	437	0,700754	16,82
17	-96	-19	0,60389952	392	-108	-17	0,69987	422	0,651885	15,65
18			0		-111	-17	0,753947	438	0,376973	9,05
19			0		-108	-16	0,736832	433	0,368416	8,84
20	-103	-21	0,74365425	435	-106	-16	0,747077	436	0,745366	17,89
21	-106	-22	0,78876672	448	-107	-16	0,733432	432	0,7611	18,27
22	-107	-23	0,79229193	449	-121	-20	0,894189	477	0,84324	20,24
23	-105	-21	0,74023908	434	-110	-20	0,750508	437	0,745374	17,89
24	-110	-24	0,80291472	452	-110	-22	0,753947	438	0,778431	18,68
25			0		-115	-15	0,795825	450	0,397913	9,55
26			0		-107	-12	0,66386	411	0,33193	7,97
27	-108	-22	0,78173988	446	-115	-15	0,736832	433	0,759286	18,22
28	-122	-33	1,01419152	508	-108	-13	0,689955	419	0,852073	20,45
29	-16	-74	0,38011353	311	-98	-12	0,597753	390	0,488933	11,73
30	-106	-20	0,74365425	435	-124	-17	1,018188	509	0,880921	21,14

Total 489,74 MWh

Tabel 1 tersebut menunjukkan bahwa rugi-rugi daya yang terjadi pada proses aliran daya dari *GITET* Pedan ke *GI* Wonosari pada selang waktu satu bulan. Terdapat kekosongan pada tabel pukul 10:00 tanggal 4,5,11,12,18,19,25,26, dikarenakan pada tanggal tersebut sumber disuplai oleh sumber yang

lain. Pada siang hari P_{loss} terbesar terjadi pada tanggal 28 November yaitu 1,01419152 MW sedangkan P_{loss} terendah terjadi pada tanggal 29 November yaitu 0,38011353 MW dibandingkan dengan hari-hari lainnya. Pada waktu malam hari kehilangan daya terendah terjadi pada tanggal 29 November sebesar 0,597753 MW dan yang terbesar terjadi pada tanggal 30 November yaitu 1,018188 MW dibandingkan hari-hari lainnya. Total rugi-rugi daya yang terjadi dalam satu bulan untuk penghantar ACSR adalah 489,74 MWh

3.2 Menghitung rugi – rugi daya penghantar ACCC

- a. Menghitung resistansi total penghantar ACSR

$$Resistansi\ total = R_{acsr} \times panjang\ penghantar$$

$$= 0,126\Omega/km \times 11.057m$$

$$= 1,39\Omega$$

- b. Pukul 10:00

$$P_{loss} = 3 I^2 R$$

$$\text{Tanggal (1)} P_{loss} = 3 \times (518\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1118911\text{ Watt} : 1000000 = 1,118911\text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (2)} P_{loss} = 3 \times (671\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1877504\text{ Watt} : 1000000 = 1,877504\text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (3)} P_{loss} = 3 \times (683\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1945259\text{ Watt} : 1000000 = 1,945259\text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (6)} P_{loss} = 3 \times (651\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1767250\text{ Watt} : 1000000 = 1,767250\text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (7)} P_{loss} = 3 \times (622\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1613306\text{ Watt} : 1000000 = 1,613306\text{ MW}$$

- c. Pukul 19:00

$$P_{loss} = 3 I^2 R$$

$$\text{Tanggal (1)} P_{loss} = 3 \times (690\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1985337\text{ Watt} : 1000000 = 1,985337\text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (2)} P_{loss} = 3 \times (692\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1996862\text{ Watt} : 1000000 = 1,996862\text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (3)} P_{loss} = 3 \times (683\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1945259\text{ Watt} : 1000000 = 1,945259\text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (6)} P_{loss} = 3 \times (664\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1838536\text{ Watt} : 1000000 = 1,838536\text{ MW}$$

$$\text{Tanggal (7)} P_{loss} = 3 \times (684\text{ A})^2 \times 1,39\ \Omega = 1950959\text{ Watt} : 1000000 = 1,950959\text{ MW}$$

- d. Rata-rata P_{loss} per hari

$$Rata-rata\ P_{loss} = \frac{P_{loss\ siang} + P_{loss\ malam}}{2}$$

$$\text{Tanggal (1)}\quad Rata-rata\ P_{loss} = \frac{1,05451332\text{ MW} + 1,985337\text{ MW}}{2} = 1,51992516\text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $1,51992516\text{ MW} \times 24\text{ jam} = 36,478204\text{ MWh}$

$$\text{Tanggal (2)}\quad Rata-rata\ P_{loss} = \frac{1,76944713\text{ MW} + 1,996863\text{ MW}}{2} = 1,88315501\text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $1,88315501\text{ MW} \times 24\text{ jam} = 45,195720\text{ MWh}$

$$\text{Tanggal (3)}\quad Rata-rata\ P_{loss} = \frac{1,83330177\text{ MW} + 1,945259\text{ MW}}{2} = 1,88928045\text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $1,88928045 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} = 45,342731 \text{ MWh}$

$$\text{Tanggal (6) Rata-rata } P_{\text{loss}} = \frac{1,66553793 \text{ MW} + 1,838536 \text{ MW}}{2} = 1,75203713 \text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $1,75203713 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} = 42,048891 \text{ MWh}$

$$\text{Tanggal (7) Rata-rata } P_{\text{loss}} = \frac{1,52045412 \text{ MW} + 1,95096 \text{ MW}}{2} = 1,75203713 \text{ MW}$$

Diubah menjadi satuan energi listrik dalam satu hari $1,75203713 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} = 41,656964 \text{ MWh}$

Tabel 2. Perhitungan rugi-rugi daya penghantar ACCC 310mm^2 pada November 2017

PENGHANTAR ACCC 150 KV WONOSARI										
TGL	10:00				19:00				Rata-rata Ploss / hari (MW)	Energi Listrik (MWh)
	P (MW)	Q (MVAR)	Ploss (MW)	I (A)	P (MW)	Q (MVAR)	Ploss (MW)	I (A)		
1	-76	-93	1,05451332	518	-161	-60	1,985337	690	1,51992516	36,48
2	-148	-71	1,76944713	671	-162	-61	1,996863	692	1,88315501	45,20
3	-113	-64	1,83330177	683	-161	-59	1,945259	683	1,88928045	45,34
4			0		-151	-53	1,697373	638	0,84868674	20,37
5			0		-66	-66	2,049142	701	1,02457109	24,59
6	-148	-60	1,66553793	651	-155	-55	1,838536	664	1,75203713	42,05
7	-138	-69	1,52045412	622	-158	-59	1,95096	684	1,73570682	41,66
8	-162	-67	1,99228992	712	-165	-61	2,113956	712	2,0531232	49,27
9	-157	-65	1,871073	690	-168	-62	2,149735	718	2,01040404	48,25
10	-159	-68	1,89282948	694	-164	-67	2,037466	699	1,96514783	47,16
11			0		-162	-66	1,991096	691	0,99554789	23,89
12			0		-153	-62	1,996863	692	0,99843144	23,96
13	-159	-68	1,88193552	692	-163	-66	1,962385	686	1,92216042	46,13
14	-132	-61	1,25011728	564	-151	-60	1,692057	637	1,47108701	35,31
15	-132	-61	1,24126692	562	-149	-57	1,628906	625	1,43508659	34,44
16	-133	-58	1,25899908	566	-151	-59	1,639348	627	1,44917351	34,78
17	-128	-56	1,17159588	546	-147	-55	1,541499	608	1,35654738	32,56
18			0		-151	-56	1,665598	632	0,83279904	19,99
19			0		-148	-54	1,634123	626	0,81706146	19,61
20	-138	-60	1,44800457	607	-147	-53	1,628906	625	1,53845541	36,92
21	-143	-63	1,54499697	627	-147	-52	1,639348	627	1,59217245	38,21
22	-144	-65	1,54992912	628	-147	-63	2,008422	694	1,77917562	42,70

PENGHANTAR ACCC 150 KV WONOSARI										
TGL	10:00				19:00				Rata-rata Ploss / hari (MW)	Ploss (MWh)
	P (MW)	Q (MVAR)	Ploss (MW)	I (A)	P (MW)	Q (MVAR)	Ploss (MW)	I (A)		
23	-140	-59	1,43847825	605	-147	-60	1,718724	642	1,57860107	37,89
24	-147	-67	1,65022272	648	-157	-61	1,713374	641	1,68179825	40,36
25			0		-146	-54	1,799976	657	0,89998817	21,6
26			0		-146	-47	1,5012	600	0,7506	18,01
27	-145	-66	1,58966928	636	-152	-53	1,676157	634	1,6329129	39,19
28	-166	-67	2,04297513	721	-148	-49	1,561848	612	1,80241181	43,26
29	-43	-102	0,88297668	474	-134	-43	1,27984	554	1,0814082	25,95
30	-144	-59	1,510692	620	-171	-60	2,203966	727	1,85732897	44,58

Total 1.059,715 MWh

Tabel 2 tersebut menunjukkan bahwa rugi-rugi daya yang terjadi pada proses aliran daya dari *GITET* Pedan ke *GI* Wonosari pada selang waktu satu bulan. Terdapat kekosongan pada tabel pukul 10:00 tanggal 4,5,11,12,18,19,25,26, dikarenakan pada tanggal tersebut sumber disuplai oleh sumber yang lain. Pada siang hari P_{loss} terbesar terjadi pada tanggal 28 November yaitu 2,04297513 MW sedangkan P_{loss} terendah terjadi pada tanggal 29 November yaitu 0,88297668 MW dibandingkan dengan hari-hari lainnya. Pada waktu malam hari kehilangan daya terendah terjadi pada tanggal 29 November sebesar 1,27984 MW dan yang terbesar terjadi pada tanggal 30 November yaitu 2,203966 MW dibandingkan hari-hari lainnya. Total rugi-rugi daya yang terjadi dalam satu bulan untuk penghantar ACCC adalah 1.059,715 MWh

3.3 Mengitung Pendekatan Rugi-Rugi Energi Secara Finansial

Pengaruh hilangnya daya pada saluran transmisi dapat mengakibatkan kerugian pada dana penjualan yang hilang oleh perusahaan pemasok listrik atau PT. PLN. Penulis mencoba mengitung seberapa besar dana yang hilang oleh PT. PLN disebabkan karena adanya rugi-rugi daya dengan melihat tarif tenaga listrik (TTL) pada November tahun 2017 yang ditaksir dengan rata-rata terlampir pada data tabel berikut :

Tabel 3. Tarif tenaga listrik (TTL) bersubsidi dan nonsubsidi pada bulan November 2017

No.	Daya Listrik (VA)	Tarif Listrik (Rp./kWh)	
1	450	415	Subsidi
2	900	586	
3	900	1352	Nonsubsidi
4	1300	1352	
5	2200	1467,28	
6	3500 - 5500	1467,28	
7	6600 - keatas	1467,28	
Rata - rata tarif		1158,12	

Tabel 3 diatas merupakan tarif dasar tenaga listrik bersubsidi dan non-subsidi yang dikeluarkan oleh PT. PLN pada tahun 2017, dimana akan menjadi acuan untuk memperkirakan seberapa besar kerugian dana yang disebabkan oleh rugi-rugi daya yang ditanggung oleh PT. PLN pada saluran transmisi GITET Pedan ke GI Wonosari

a) Perhitungan biaya listrik yang hilang penghantar ACSR 240mm²:

$$\text{Biaya listrik} = \frac{W}{1000} \times TTL$$

Tanggal (1) 15,89424 MWh x 1000=15894,24 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 18.407.437,78

Tanggal (2) 20,7471 MWh x 1000 =20747,1 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 24.027.630,06

Tanggal (3) 20,43825 MWh x 1000 =20438,25 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 23.669.943,73

Tanggal (4) 9,047363 MWh x 1000 =9047,363 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 10.477.932,08

Tanggal (5) 10,86566 MWh x 1000 =10865,66 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 12.583.742,79

b) Perhitungan biaya listrik yang hilang penghantar ACCC 310mm²:

$$\text{Biaya listrik} = \frac{W}{1000} \times TTL$$

Tanggal (1) 36,4782 MWh x 1000=36478,2 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 42.246.137,43

Tanggal (2) 45,19572 MWh x 1000 =45195,72 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 52.342.067,39

Tanggal (3) 45,34273 MWh x 1000 =45342,73 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 52.512.323,39

Tanggal (4) 20,36848 MWh x 1000 =20368,48 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 23.589.146,10

Tanggal (5) 24,58971 MWh x 1000 =24589,71 kWh x Rp. 1.158,12 = Rp. 28.477.830,36

Tabel 4. Pendekatan rugi finansial dari energi listrik yang hilang

TGL	ACSR			ACCC		
	Ploss (MWh)	Ploss (kWh)	Besar kerugian (Rp)	Ploss (MWh)	Ploss (kWh)	Besar kerugian (Rp)
1	15,89	15894,24	18.407.437,78	36,48	36478,20	42.246.137,43
2	20,75	20747,10	24.027.630,06	45,20	45195,72	52.342.067,39
3	20,44	20438,25	23.669.943,73	45,34	45342,73	52.512.323,39
4	9,05	9047,36	10.477.932,08	20,37	20368,48	23.589.146,10
5	10,87	10865,66	12.583.742,79	24,59	24589,71	28.477.830,36
6	19,66	19655,77	22.763.739,47	42,05	42048,89	48.697.661,64
7	18,93	18927,81	21.920.672,40	41,66	41656,96	48.243.762,78
8	22,60	22602,89	26.176.861,24	49,27	49274,96	57.066.312,97
9	22,10	22096,54	25.590.439,16	48,25	48249,70	55.878.939,04
10	22,05	22049,42	25.535.876,84	47,16	47163,55	54.621.047,98
11	10,78	10775,31	12.479.096,74	23,89	23893,15	27.671.134,00
12	9,38	9380,88	10.864.183,08	23,96	23962,35	27.751.282,06
13	21,51	21507,46	24.908.218,97	46,13	46131,85	53.426.218,21
14	16,83	16834,61	19.496.499,55	35,31	35306,09	40.888.686,77
15	16,54	16539,25	19.154.433,66	34,44	34442,08	39.888.059,42
16	16,82	16818,10	19.477.383,62	34,78	34780,16	40.279.603,67
17	15,65	15645,24	18.119.060,35	32,56	32557,14	37.705.071,64
18	9,05	9047,36	10.477.932,08	19,99	19987,18	23.147.549,38
19	8,84	8841,98	10.240.075,31	19,61	19609,48	22.710.125,23
20	17,89	17888,78	20.717.351,99	36,92	36922,93	42.761.183,51
21	18,27	18266,39	21.154.669,83	38,21	38212,14	44.254.242,19
22	20,24	20237,77	23.437.767,12	42,70	42700,21	49.451.972,86
23	17,89	17888,97	20.717.570,46	37,89	37886,43	43.877.027,17
24	18,68	18682,34	21.636.391,23	40,36	40363,16	46.745.380,40
25	9,55	9549,90	11.059.930,19	21,60	21599,72	25.015.063,05
26	7,97	7966,31	9.225.947,99	18,01	18014,40	20.862.836,93
27	18,22	18222,86	21.104.258,39	39,19	39189,91	45.386.618,11
28	20,45	20449,76	23.683.270,26	43,26	43257,88	50.097.819,83
29	11,73	11734,40	13.589.841,43	25,95	25953,80	30.057.611,15
30	21,14	21142,11	24.485.101,54	44,58	44575,90	51.624.235,70
TOTAL			567.183.259,36			1.227.276.950,36

Tabel 4 tersebut menggambarkan bahwa rugi-rugi daya yang terjadi pada penghantar ACSR dan ACCC saluran transmisi masing-masing untuk ACSR 240mm² sebesar Rp. 567.183.259,38 dan

ACCC Rp. 1.227.276.950,36 jadi total kerugian yang ditanggung oleh PT. PLN untuk dua saluran yaitu $567.183.259,38 + 1.227.276.950,36 = \text{Rp. } 1.794.460.209,74$ dalam bulan November 2017

3.4 Hasil ETAP 12.6

- Penghantar ACSR 240mm²

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable3	-77.265	-11.139	77.624	11.139	359.6		99.5	100.0	0.45
T1	19.268	2.768	-19.119	0.000	148.8	2768.3	99.5	97.8	1.77
T2	57.997	8.370	-57.751	0.000	245.5	8370.4	99.5	98.1	1.44
					753.9	11138.6			

- Penghantar ACCC 310mm²

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable3	-77.224	-11.133	77.604	11.133	380.6	0.0	99.5	100.0	0.48
T1	19.258	2.767	-19.109	0.000	148.8	2766.8	99.5	97.7	1.77
T2	57.966	8.366	-57.721	0.000	245.3	8365.9	99.5	98.1	1.44
					774.7	11132.7			

4. PENUTUP

Berdasarkan semua perhitungan yang telah penulis buat maka dapat disimpulkan untuk total rugi-rugi daya yang terjadi dalam satu bulan untuk penghantar ACSR adalah 489,74 MWh. Kerugian total penghantar ACSR 240mm² adalah sebesar Rp. 567.183.259,38. Total rugi-rugi daya yang terjadi dalam satu bulan untuk penghantar ACCC adalah 1.059,715 MWh. Kerugian total penghantar 310mm² Rp. 1.227.276.950,36. Akibat penggantian penghantar saluran transmisi ACSR ke ACCC disamping meningkatkan kapasitas hantar arus juga meningkatkan daya yang relatif besar. Akan tetapi juga akan meningkatkan rugi-rugi energi listrik yang besar pula.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang terkait yang membantu baik dengan dukungan maupun motivasi menyelesaikan tugas akhir sebagai berikut :

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya

2. Ibu yang tiada hentinya memberikan do'a, motivasi, dan memberikan semangat mengerjakan Tugas Akhir
3. Ayah yang selalu mendo'akan dan memberi motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir
4. Adikku tersayang yang selalu mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir
5. Bapak Aris Budiman S.T.,M.T selaku pembimbing dalam pengerjaan Tugas Akhir.
6. Bapak Umar S.T.,M.T selaku pembimbing dalam pengerjaan Tugas Akhir.
7. Bapak Sumadi, mas Amif, mas Azis, selaku pembimbing yang membantu dan menjelaskan dan pengambilan data pada GI Wonosari
8. Mas amri, Ardan, Dimas, Bayu, serta seluruh anggota Asisten Laboratorium Teknik Elektro
9. Teman-teman kos Mahardira, Dwi Cahyo, Cahyo Juli, M. Muchtar, Ramadhani, Anggara, Agus, Dini, Khoir, serta teman-teman Teknik Elektro UMS
10. Maurice Sandra Diana yang selama ini menemani dan selalu mengingatkan serta memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir

DAFTAR PUSTAKA

- Cekdin Cekmas, Barlian Taufik. 2013. Transmisi Daya Listrik. Yogyakarta. Andi
- Ghofur, BK. (2017). Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150kV Pada Gardu Induk Jajar – Gondangrejo.
- Gross, Charles A. 1986. "Power System Analysis. John Wiley & Sons. Singapore.
- M. Izadi, F. Razavi, M.Gandomkar, A. Najafi, and M. Soleimani, "Power Loss Reduction in Distribution Systems through an Intelligent Method Considering Operational Costs " J. Basic Appl. Sci. Res., pp. 6744-6756, 2012.
- Marsudi Djiteng. 2015. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta. Graha Ilmu
- Ghofur, BK. (2017). Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150kV Pada Gardu Induk Jajar - Gondangrejo