

ANALISIS SUSUT ENERGI PADA TEGANGAN RENDAH DI WILAYAH PT. PLN (PERSERO) AREA BULUNGAN

Zalmadi Syamsudin¹, Erlina², Heri Suyanto³

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN

email : ¹zalmadi@sttpln.ac.id, ²erlina@sttpln.ac.id, ³heri.suyanto@yahoo.com

Abstract : *In the distribution of electrical energy from the power plant to the consumer occurs energy loss or shrinkage energy. Losses of energy in a electrical system must always exist. This is due to the content of prisoners on permanent conductor and the nature of the network itself. In the process of calculating the energy losses experienced many difficulties because of the extensive distribution network. So we need a method to calculate the shrinkage. By performing measurements on distribution substations and calculate the voltage drop across the channel as well as custody and subsequently look for peak power losses and average power losses. Next calculate the energy is channeled so that it can calculate energy losses.*

Keywords: *Low Voltage Network, Energy Losses.*

Abstrak : *Dalam pendistribusian energi listrik dari pembangkit hingga ke konsumen terjadi hilangnya energi atau susut energi. Susut energi pada suatu sistem kelistrikan pasti selalu ada. Hal ini disebabkan adanya kandungan tahanan pada penghantar yang bersifat permanen dan sifat alamiah jaringan itu sendiri. Dalam proses perhitungan susut energi ini banyak dialami kesulitan karena luasnya jaringan distribusi. Sehingga diperlukan suatu metode untuk menghitung susut tersebut. Dengan melakukan pengukuran pada gardu distribusi dan menghitung jatuh tegangan serta tahanan salurannya untuk kemudian dicari rugi daya puncak dan daya rata-rata nya. Selanjutnya menghitung daya yang tersalur sehingga dapat menghitung susut energinya.*

Kata Kunci: *Jaringan Tegangan Rendah, Susut Energi.*

1. PENDAHULUAN

Saat ini bisa dikatakan listrik sudah menjadi kebutuhan dasar bagi manusia, tidak memandang status ekonomi, sosial, maupun pekerjaan. Perlu diingat juga pemakai listrik tidak hanya masyarakat biasa, perusahaan-perusahaan dan industri-industri merupakan pemakai listrik yang paling aktif, melihat pada awal pemakaian listrik, bahwa listrik digunakan untuk memberikan energi kepada industri agar bisa memproduksi. Dari kalangan penduduk, listrik digunakan untuk memenuhi keperluan dan kegiatan sehari-hari, seperti mencuci baju, memasak, dan digunakan untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan rumahan. Namun ternyata pemakaian listrik rumah tangga tidaklah sekecil dan sesederhana itu, seiring dengan naiknya

taraf hidup masyarakat, wajar jika ada penduduk yang menggunakan listrik melebihi penduduk lainnya.

Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan badan negara yang memiliki wewenang dalam mengatur lalu lintas listrik di Indonesia, namun PLN memiliki kewajiban untuk menyediakan listrik bagi seluruh masyarakat Indonesia, entah dari golongan masyarakat, perusahaan kantor ataupun industri-industri. Salah satu permasalahan utama yang dihadapi PLN adalah besarnya susut-susut daya yang terjadi selama proses pengiriman listrik tersebut kepada konsumen. Susut daya ini menyebabkan daya yang dikirimkan tidak sebesar daya yang dihasilkan, apabila dikonversi menjadi satuan rupiah, maka bisa dikatakan banyak uang yang terbuang secara percuma.

Susut daya tersebut berhubungan dengan banyak faktor, salah satunya jumlah pemakai, karena hal tersebut berhubungan langsung dengan arus yang dikeluarkan, dan *notabene* semakin besar arus yang mengalir, semakin besar susut daya karena kabel dan masalah-masalah teknis lainnya. Pemasangan transformator yang cocok dengan daya yang terpasang juga berpengaruh terhadap besarnya daya yang dihasilkan, karena apabila transformator berkapasitas kecil diharuskan menyuplai beban besar, maka akan terjadi *overload* dan bisa menyebabkan kerusakan pada transformator, sebaliknya jika transformator berkapasitas besar sementara beban yang terhubung kecil, maka transformator akan bekerja pada efisiensi yang kecil, dan berakibat adanya susut daya pada transformator. Kemudian ada juga kemungkinan pencurian listrik oleh masyarakat-masyarakat yang tidak bertanggung jawab dan hal ini sangat sering terjadi di kehidupan nyata. Seiring dengan kewajiban PLN untuk menyediakan listrik yang berkualitas kepada pelanggan, maka diperlukan standar pelayanan yang baik. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui permasalahan dalam penyaluran tenaga listrik khususnya pada jaringan distribusi tegangan rendah hingga ke konsumen sehubungan dengan susut dan untuk menghitung susut jaringan tegangan rendah pada gardu distribusi KB246 di wilayah PT.PLN (PERSERO) Area Bulungan.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Susut Pada Sistem Distribusi

Susut energi adalah suatu kondisi atau keadaan dimana jumlah energi yang disalurkan tidak sama dengan energi yang diterima pada sisi penerimaan.

2.1.1 Susut Pada Jaringan Tegangan Menengah

Susut pada jaringan tegangan menengah adalah jumlah susut yang diserap oleh tahanan pada masing-masing segmen jaringan tersebut. Penentuan susut pada jaringan tegangan menengah relatif lebih mudah dibandingkan pada jaringan tegangan

rendah, karena jumlah segmen-segmen yang jauh lebih sedikit.

2.1.2 Susut Pada Transformator Distribusi

Susut teknis pada Transformator, terdiri dari susut beban nol dan susut pada waktu pembebanan. Susut beban nol yang dikenal sebagai susut besi, tidak tergantung dari arus beban. Sedangkan susut pada waktu pembebanan yang dikenal sebagai susut tembaga, bervariasi sesuai dengan kuadrat arus bebannya.

2.1.3 Susut Pada Jaringan Tegangan Rendah

Susut pada jaringan tegangan rendah memerlukan pemikiran lebih dalam menentukannya. Hal ini disebabkan karena susut pada jaringan tegangan rendah merupakan bagian terbesar dari susut pada saat distribusi keseluruhan. Hasil tepat dapat diperoleh bila dilakukan seperti halnya pada jaringan tegangan menengah, yakni menghitung susut pada setiap segmen. Namun cara ini tentunya akan sangat kompleks mengingat jumlah segmen jaringan tegangan rendah yang begitu banyaknya.

Faktor yang menentukan besarnya susut pada jaringan tegangan rendah adalah jenis atau ukuran saluran yang digunakan, panjang suplai energi listrik, dan besaran waktu pembebanan. Secara umum, jenis beban yang dilayani oleh sistem distribusi ini dibagi dalam beberapa sektor, yaitu sektor perumahan, sektor industri, sektor komersil, dan sektor usaha. Masing-masing sektor beban tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda. Sebab hal ini berkaitan dengan pola pemakaian energi pada masing-masing pelanggan di sektor tersebut.

2.2 Ketidakseimbangan Beban

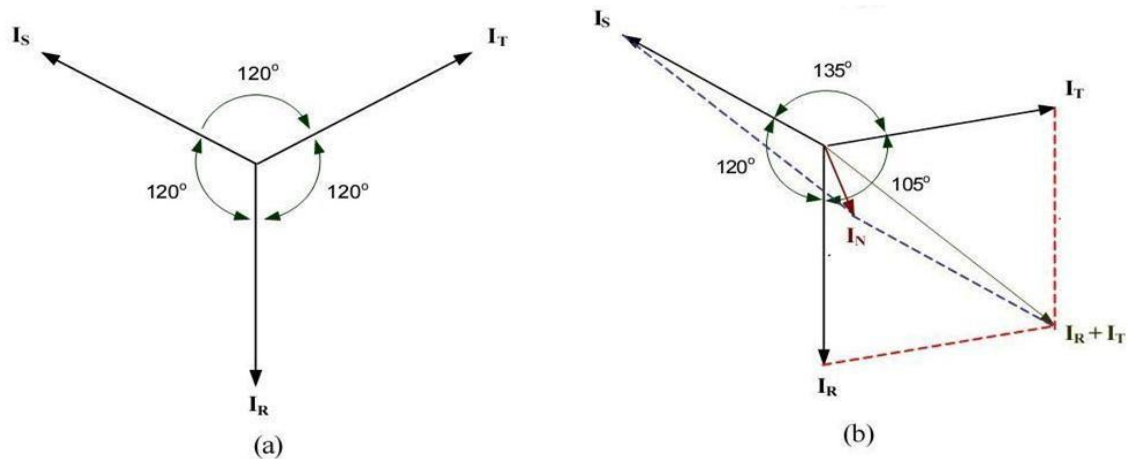
Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana :

1. Ketiga vektor arus / tegangan sama besar.
2. Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat

keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu:

1. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain.
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.



Gambar 1. (a) Vektor arus keadaan seimbang
(b) Vektor arus keadaan tidakseimbang

Gambar (a) menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R , I_S , I_T) adalah sama dengan nol sehingga tidak muncul arus netral (I). Sedangkan pada Gambar (b) menunjukkan vektor diagram arus yang tidak seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R , I_S , I_T) tidak sama dengan nol sehingga muncul sebuah besaran yaitu arus netral (I_N) yang besarnya bergantung dari seberapa besar faktor ketidakseimbangannya.

2.3 Susut Energi Listrik

Energi listrik diproduksi di pembangkit listrik kemudian ditransmisikan dan didistribusikan ke pelanggan. Pada proses penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik sampai ke pelanggan tersebut terdapat kehilangan energi listrik yang disebabkan oleh :

1. Sifat elektrik dari peralatan listrik seperti jaringan transmisi, transformator pada gardu-gardu induk, jaringan distribusi pada tegangan menengah, transformator distribusi dan jaringan distribusi tegangan rendah yang apabila dialiri arus listrik

akan menyerap tenaga listrik berbanding lurus dengan waktu. Kehilangan energi listrik pada jaringan dan transformator tersebut diklasifikasi-kkan sebagai susut teknis.

2. Pemakaian energi listrik secara ilegal baik oleh pelanggan maupun non pelanggan. Kehilangan tenaga listrik karena pemakaian ilegal tersebut diklasifikasikan sebagai susut non teknis.

2.3.1 Susut Teknis

Susut teknis yaitu kehilangan tenaga listrik pada jaringan dan transformator. Sifat elektrik dari peralatan-peralatan listrik pada jaringan transmisi, transformator pada gardu induk, jaringan tegangan menengah, transformator distribusi, dan jaringan tegangan rendah, yang apabila dialiri arus listrik akan menyerap energi listrik berbanding lurus dengan waktu.

Kontribusi susut teknis pada sistem distribusi tegangan rendah kurang lebih 80% dari susut teknis pada seluruh susut distribusi. Oleh sebab itu upaya penekanan susut teknis yang paling diutamakan adalah memperbaiki sistem distribusi tegangan rendah.

2.3.2 Susut Non Teknis

Susut non teknis adalah kehilangan energi yang disebabkan oleh pemakaian tenaga listrik yang tidak sah atau ilegal. Susut non teknis ini pada umumnya terjadi akibat perilaku negatif para pelanggan atau oknum-oknum yang tidak bertanggung jawab yang ingin memperoleh keuntungan secara tidak wajar. Kegiatan pencurian energi listrik yang biasanya dilakukan oleh pelanggan adalah dengan cara memanipulasi alat pembatas dan pengukur (APP). Untuk non pelanggan biasanya dengan cara mencuri listrik pada tiang JTR.

Penyebab Terjadinya Susut

1. Terjadi susut pada saluran (penghantar)
2. Kesalahan pada pengukuran
 - a. Kesalahan pembacaan stan kWh meter
 - b. Kesalahan pada rasio transformator ukur (*Current Transformer* dan *Potential Transformer*)
3. Beban tidak seimbang dan arus mengalir pada kawat netral
Adanya arus yang mengalir pada kawat netral, idealnya arus yang mengalir sepanjang kawat netral adalah nol. Tetapi karena pengaruh dari beban yang tidak seimbang maka kawat netral akan dialiri arus yang sebagian berubah menjadi panas yang didisipasikan ke lingkungan sekitar sebagai *losses*. Besarnya arus yang mengalir sepanjang kawat netral akan menyebabkan susut daya di sepanjang kawat netral.
Walaupun terdapat pentanahan netral, terkadang tidak mampu membuang arus netral yang cukup besar akibat beban yang tidak seimbang.
4. Kontak pada sambungan tidak baik (*loss contact*)
Sambungan tidak baik juga dapat mengakibatkan adanya *loss contact*. Sambungan antar kawat tidak rapat sehingga terdapat celah udara yang seharusnya kedap udara menyebabkan alat cepat rusak. Sambungan tidak baik terkadang disebabkan adanya ranting pohon ataupun benda-

benda asing yang menempel pada kabel.

5. Penggunaan tenaga listrik yang tidak terukur seperti pencurian listrik dan kebocoran listrik
6. Variasi tegangan pelayanan
Tegangan standar pada sistem tegangan rendah :
Satu fasa : 220 V
Tiga fasa : 220/380 V
Toleransi tegangan pelayanan yaitu maksimal +5% dan minimal 10% (untuk JTR 198 sampai dengan 231 V sedangkan untuk JTM 18 sampai dengan 21 kV).
7. Luas penampang terlalu kecil (penampang tidak sesuai dengan beban), semakin kecil kawat semakin besar susutnya.
8. Panjang jaringan
Semakin panjang jaringan menyebabkan arus yang besar sehingga tegangan turun dan energi listrik yang mengalir banyak yang hilang.
9. Umur alat
Umur alat yang terlalu tua dapat menurunkan kinerja alat tersebut.
10. Arus yang terlalu besar dapat menimbulkan panas sehingga dapat merusak alat dan terjadinya *losses*.
11. Terlalu banyak percabangan saluran SR (Sambungan Rumah)
Tarikan SR maksimal 7 untuk sambungan pelayanan.
12. Bila arus listrik yang mengalir ke fasa R, S, dan T tidak seimbang, maka yang terjadi arus akan mengalir ke tanah sehingga menyebabkan adanya hambatan di tanah yang besar (maksimal 5 Ω).
13. Faktor daya ($\cos \phi$) yang rendah
Faktor daya yang rendah menyebabkan timbulnya daya reaktif.
Daya reaktif inilah yang disebut susut-susut atau daya yang hilang.

Cara Mengurangi Susut

Usaha untuk memperkecil susut pada sistem distribusi tenaga listrik antara lain :

1. Optimalisasi kapasitas beban
 - a. Memilih ukuran penghantar dan jenis penghantar yang sesuai untuk digunakan pada kondisi

- pembebanan jaringan dan sesuai kemampuan hantar arus (KHA)
 - b. Memperpendek jarak lintas jaringan
 - c. Menaikkan kelas tegangan, misalnya dari 6 kV menjadi 20 kV
 - d. Menambah *feeder* baru dan kemudian mengatur pembagian bebannya sehingga jatuh tegangan pada titik percabangan ke beban masih dalam batas yang diizinkan.
- 2. Optimalisasi kapasitas transformator, lokasi, dan beban yang dilayani
 - a. Pemilihan kapasitas dan lokasi transformator distribusi, dikaitkan dengan macam beban yang dilayani dengan menjaga agar jatuh tegangan minimum.
 - b. Optimalkan pendayagunaan transformator, didasarkan pada faktor beban dari beban yang dilayani.
- 3. Tetap menjaga tingkat tegangan yang diizinkan pada sistem distribusi

Pemilihan tegangan pada jaringan ditentukan oleh besarnya beban dan jarak penyaluran dayanya. Maksimal +5% dan minimal -10% (untuk JTR 198 sampai dengan 231 V sedangkan untuk JTM 18 sampai dengan 21 kV).

Seringkali dalam proses penyampaian tenaga listrik banyak terjadi kehilangan daya listrik sebelum sampai pada konsumen. Hal ini dikarenakan jarak antara transformator dengan sambungan rumah terlalu jauh sehingga jumlah daya yang disalurkan menjadi berkurang. Jumlah sambungan rumah pada satu tiang JTR, jumlah tarikan sambungan rumah, dan panjang saluran sambungan rumah juga mempengaruhi jatuh tegangan. Sehingga untuk mengurangnya dapat dilakukan dengan cara :

 - a. Memindahkan beban dari fasa yang lebih besar arusnya ke fasa yang lebih kecil
 - b. Memperpendek jarak antara tiang TR dengan pelanggan
 - c. Menambah tiang TR
 - d. Menambah gardu sisipan
 - e. Memperbesar penampang konduktor atau mengganti jenis konduktor yang memiliki tahanan jenis lebih kecil

- f. Memperpendek jaringan
- 4. Melakukan pemeliharaan secara rutin untuk mengetahui kondisi alat yang masih baik atau yang rusak sebelum terjadi gangguan yang fatal.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perhitungan Susut Jaringan Tegangan Rendah

Perhitungan susut jaringan tegangan rendah, atau pada perhitungan ini yaitu susut energi adalah perbandingan antara energi listrik yang disalurkan (P_s) dengan energi listrik yang terpakai (P_p).

$$\text{Susut Energi} = \frac{P_s - P_p}{P_s} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Atau
Susut Energi=

$$\frac{\text{Susut Energi rata rata}}{\text{Energi yang tersalur}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Untuk mencari nilai dari susut Energi, harus dicari terlebih dahulu nilai dari jatuh tegangan, tahanan saluran, rugi daya, rugi daya rata-rata dan daya yang tersalur.

3.1.1 Susut Daya

Dalam penyaluran daya melalui jaringan distribusi, terjadi susut teknis, yaitu susut daya yang disebabkan adanya tahanan pada saluran (R).

Susut daya yang disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada penyulang adalah:

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \dots\dots\dots (3)$$

Atau :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times r \times L \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

I = Arus yang pada penghantar (Ampere)

r = Tahanan pada Penghantar (Ohm/Km)

R = Tahanan pada Penghantar (Ohm)

Cos ϕ = Faktor Daya beban

L = Panjang Penghantar (km)

Untuk mencari susut daya puncak tiap fasa, maka dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Susut Daya puncak :

$$P_p = I_p^2 \times R \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

P_p = Daya puncak (W)

I_p = Arus puncak beban (A)

R = Tahanan Saluran (Ω)

3.1.2 Susut Daya Rata – Rata

Dari perhitungan susut daya tersebut, kita dapat menentukan susut daya rata-ratanya, dengan persamaan sebagai berikut :

Susut daya rata – rata :

$$P = I_p^2 \times R \times Fr \dots\dots\dots (6)$$

Fr adalah Faktor susut. Dimana Fr untuk daerah perkotaan adalah :

$$Fr = 0,3 F_b \times 0,7 F_b^2 \dots\dots\dots (7)$$

a. Faktor Rugi (Fr)

Faktor rugi adalah perbandingan antara susut daya rata-rata dengan susut daya pada beban puncak, selama periode waktu tertentu.

Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Fr = \frac{\text{Susut daya rata – rata}}{\text{Susut daya puncak}} \dots\dots\dots (8)$$

b. Faktor beban (Fb)

Faktor beban adalah perbandingan antara beban rata-rata nya terhadap beban puncaknya dalam periode tertentu. Beban rata-rata dan beban puncak dapat dinyatakan dalam kilowatt, kilovoltampere,

ampere dan sebagainya. Tetapi satuan dari keduanya harus sama.

Faktor beban dapat dihitung untuk periode tertentu biasanya dipakai harian, bulanan atau tahunan.

$$Fb = \frac{P_{rata-rata}}{P_p} \dots\dots\dots (9)$$

3.1.3 Daya yang Tersalur

Daya yang tersalur adalah daya yang masuk ke gardu distribusi dari jaringan tegangan menengah.

Daya yang tersalur tiap fasa :

$$P = V \times I_p \times \text{Cos } \phi \times F_b \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

P = Daya yang tersalur (W)

V = Tegangan (V)

I_p = Arus puncak (A)

Cos ϕ = Faktor Daya

F_b = Faktor beban

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Susut Energi

Susut energi per jurusan dengan uraian sebagai berikut :

Total susut energi rata – rata jurusan 1

$$= \frac{\text{Total susut daya rata – rata jurusan}}{1000} \times 1 \text{ jam}$$

$$= \frac{86,5565}{1000} \times 1 \text{ jam}$$

$$= 0,0866 \text{ kWh}$$

Tabel 1. Total Susut Energi Rata – rata Fasa R, S, T Siang Hari

Jurusan	Fasa	Susut Daya Rata-rata (W)	Total Susut Daya Rata-rata Fasa R,S,dan T (W)	Total Susut Energi Rata-rata Fasa R,S,dan T (kWh)
A	R	59,6946	86,5565	0,0866
	S	11,9387		
	T	14,9232		
B	R	498,445	1253,7117	1,2537
	S	330,876		
	T	424,3907		
C	R	422,549	1074,0495	1,0740
	S	331,9012		
	T	319,5993		
D	R	33,163	92,8564	0,0929
	S	26,5304		
	T	33,163		
E	R	1429,857	3608,2127	3,6082
	S	1411,8102		

	T	766,5455		
F	R	774,592	1744,1469	1,7441
	S	503,7178		
	T	465,8371		
G	R	65,326	233,8397	0,2338
	S	65,6651		
	T	102,8486		
H	R	1056,2479	3515,6605	3,5157
	S	1038,0935		
	T	1421,3191		

Tabel 2. Total Susut Energi Rata – rata Fasa R, S, T Malam Hari

Jurusan	Fasa	Susut Daya Rata-rata (W)	Total Susut Daya Rata-rata Fasa R,S,dan T (W)	Total Susut Energi Rata-rata Fasa R,S,dan T (kWh)
A	R	14,9231	134,3184	0,1343
	S	33,163		
	T	86,2323		
B	R	407,0608	1194,2520	1,1943
	S	365,6016		
	T	421,5896		
C	R	89,5343	347,8914	0,3479
	S	122,3768		
	T	135,9803		
D	R	72,9557	162,4972	0,1625
	S	43,1106		
	T	46,4309		
E	R	284,3568	807,6493	0,8076
	S	294,453		
	T	228,8395		
F	R	155,8615	389,9901	0,3900
	S	132,652		
	T	101,4766		
G	R	309,7081	1127,6046	1,1276
	S	375,6947		
	T	442,2018		
H	R	98,4973	296,8337	0,2968
	S	125,3807		
	T	72,9557		

$$\begin{aligned}
 \text{Total Energi yang tersalur jurusan 1} &= \frac{\text{Total daya yang tersalur pada jurusan 1}}{1000} \times 1 \text{ jam} \\
 &= \frac{2963,52}{1000} \times 1 \text{ jam} \\
 &= 2,9635 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Total Energi yang Tersalur Fasa R, S, T Siang Hari

Jurusan	Fasa	Daya yang Tersalur (W)	Total Daya yang Tersalur Fasa R,S,dan T (W)	Total Energi yang Tersalur Fasa R,S,dan T (kWh)
A	R	1975,68	2963,5200	2,9635
	S	439,04		
	T	548,8		
B	R	9891,84	23761,9200	23,7619
	S	6558,72		
	T	7311,36		
C	R	8386,56	22149,1200	22,1491
	S	7418,88		
	T	6343,68		
D	R	1097,6	3073,2800	3,0733
	S	878,08		
	T	1097,6		
E	R	16632	44643,2000	44,6432
	S	16430,4		
	T	11580,8		
F	R	11791,36	31037,4400	31,0374
	S	9999,36		
	T	9246,72		
G	R	2195,2	7573,4400	7,5734
	S	1975,68		
	T	3402,56		
H	R	15640,8	47227,0400	47,2270
	S	15055,04		
	T	16531,2		

Tabel 4. Total Energi yang Tersalur Fasa R, S, T Malam Hari

Jurusan	Fasa	Daya yang Tersalur (W)	Total Daya yang Tersalur Fasa R,S,dan T (W)	Total Energi yang Tersalur Fasa R,S,dan T (kWh)
A	R	546,35	4480,0700	4,4801
	S	1092,7		
	T	2841,02		
B	R	8760,555	25351,7550	25,3518
	S	7706,88		
	T	8884,32		
C	R	3278,1	12238,2400	12,2382
	S	4480,07		
	T	4480,07		
D	R	2403,94	5354,2300	5,3542
	S	1420,51		
	T	1529,78		
E	R	5994,24	20872,8000	20,8728
	S	9312,48		
	T	5566,08		
F	R	5135,69	13221,6700	13,2217
	S	4370,8		
	T	3715,18		

G	R	6529,44	14968,0400	14,9680
	S	7920,96		
	T	517,64		
H	R	3605,91	10599,1900	10,5992
	S	4589,34		
	T	2403,94		

Untuk menghitung susut energi digunakan persamaan :
Susut Energi Jurusan 1 =

$$\frac{\text{Total susut energi rata-rata } R,S,T}{\text{Total Energi yang tersalur jurusan fasa } R,S,T} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0866}{2,9635} \times 100\%$$

$$= 2,9222 \%$$

Tabel 5. Susut Energi pada Siang Hari

Jurusan	Total Susut Energi Rata-rata Fasa R,S,dan T (kWh)	Total Energi yang Tersalur Fasa R,S,dan T (kWh)	Susut Energi (%)
A	0,0866	2,9635	2,9222
B	1,2537	23,7619	5,2761
C	1,074	22,1491	4,8490
D	0,0929	3,0733	3,0228
E	3,6082	44,6432	8,0823
F	1,7441	31,0374	5,6193
G	0,2338	7,5734	3,0871
H	3,5157	47,227	7,4443

Tabel 6. Susut Energi pada Malam Hari

Jurusan	Total Susut Energi Rata-rata Fasa R,S,dan T (kWh)	Total Energi yang Tersalur Fasa R,S,dan T (kWh)	Susut Energi (%)
A	0,1343	4,4801	2,9977
B	1,1943	25,3518	4,7109
C	0,3479	12,2382	2,8427
D	0,1625	5,3542	3,0350
E	0,8076	20,8728	3,8692
F	0,39	13,2217	2,9497
G	1,1276	14,968	7,5334
H	0,2968	10,5992	2,8002

4.2 Total Susut Energi

Dari perhitungan tersebut, maka dapat dihitung total susut energi, dengan persamaan berikut

Total Susut Daya Relatif

$$\frac{\text{Susut energi rata-rata seluruh jurusan}}{\text{Energi yang tersalur seluruh jurusan}} \times 100\%$$

Untuk siang hari :

Susut Energi Rata – Rata Seluruh Jurusan = Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 1 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 2 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 3 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 4 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 5 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 6 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 7 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 8.
= 0,0866 + 1,2537 + 1,074 + 0,0929 + 3,6082 + 1,7441 + 0,2338 + 3,5157 kWh
= 11,609 kWh

Energi Tersalur seluruh jurusan

= Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 1 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 2 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 3 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 4 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 5 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 6 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 7 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 8.
= 2,9635 + 23,7619 + 22,1491 + 3,0733 + 44,6432 + 31,0374 + 7,5734 + 47,227 kWh
= 182,4288 kWh

Sehingga Total Susut Energi Siang Hari :

$$\frac{\text{Susut energi rata-rata seluruh jurusan}}{\text{Energi yang tersalur seluruh jurusan}} \times 100\%$$

$$= \frac{11,609}{182,4288} \times 100\%$$

$$= 6,3636 \%$$

Untuk malam hari :

Susut Energi Rata – Rata Seluruh Jurusan
 = Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 1 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 2 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 3 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 4 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 5 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 6 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 7 + Susut Energi Rata – Rata fasa R, S, T jurusan 8.
 = 0,1343 + 1,1943 + 0,3479 + 0,1625 + 0,8076 + 0,39 + 1,1276 + 0,2968 kWh
 = 4,461 kWh

Energi Tersalur seluruh jurusan

= Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 1 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 2 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 3 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 4 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 5 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 6 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 7 + Energi Tersalur fasa R, S, T jurusan 8.
 = 4,4801 + 25,3518 + 12,2382 + 5,3542 + 20,8728 + 13,2217 + 14,968 + 10,5992 kWh
 = 107,086 kWh

Sehingga Total Susut Energi Malam Hari :

$$\frac{\text{Susut energi rata-rata seluruh jurusan}}{\text{Energi yang tersalur seluruh jurusan}} \times 100\%$$

$$= \frac{4,461}{107,086} \times 100\%$$

$$= 4,1658 \%$$

Tabel 7. Total Susut Energi pada Siang Hari

Jurusan	Total Susut Energi Rata-rata Fasa R,S,dan T (kWh)	Total Energi yang Tersalur Fasa R,S,dan T (kWh)	Susut Energi (%)
A	0,0866	2,9635	2,9222
B	1,2537	23,7619	5,2761
C	1,074	22,1491	4,8490
D	0,0929	3,0733	3,0228

E	3,6082	44,6432	8,0823
F	1,7441	31,0374	5,6193
G	0,2338	7,5734	3,0871
H	3,5157	47,227	7,4443
Total	11,609	182,4288	6,3636

Tabel 8. Total Susut Energi pada Malam Hari

Jurusan	Total Susut Energi Rata-rata Fasa R,S,dan T (kWh)	Total Energi yang Tersalur Fasa R,S,dan T (kWh)	Susut Energi (%)
A	0,1343	4,4801	2,9977
B	1,1943	25,3518	4,7109
C	0,3479	12,2382	2,8427
D	0,1625	5,3542	3,0350
E	0,8076	20,8728	3,8692
F	0,39	13,2217	2,9497
G	1,1276	14,968	7,5334
H	0,2968	10,5992	2,8002
Total	4,461	107,086	4,1658

$$R_n = 0,581 \Omega$$

Tabel 9. Total Susut Energi Di Penghantar Netral pada Siang Hari

Jurusan	Fasa	Beban (A)	Tahanan (Ω)	Daya di Penghantar Netral (W)	Susut Energi Di Penghantar Netral(%)
A	N	10	0,581	58,1	5,8100
B	N	32	0,581	594,944	59,4944
C	N	16	0,581	148,736	14,8736
D	N	4	0,581	9,296	0,9296
E	N	39	0,581	883,701	88,3701
F	N	17	0,581	167,909	16,7909
G	N	11	0,581	70,301	7,0301
H	N	14	0,581	113,876	11,3876
Total				2046,863	204,6863

Tabel 10. Total Susut Energi Di Penghantar Netral pada Siang Hari

Jurusan	Fasa	Beban (A)	Tahanan (Ω)	Daya Di Penghantar Netral (W)	Susut Energi Di Penghantar Netral(%)
A	N	12	0,581	83,664	8,3664
B	N	19	0,581	209,741	20,9741
C	N	6	0,581	20,916	2,0916
D	N	33	0,581	632,709	63,2709
E	N	11	0,581	70,301	7,0301
F	N	9	0,581	47,061	4,7061
G	N	12	0,581	83,664	8,3664
H	N	31	0,581	558,341	55,8341
Total				1706,397	170,6397

5. KESIMPULAN

Dari keseluruhan hasil perhitungan yang telah diperoleh maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Persentase total susut energi pada tanggal 25 Mei 2016 siang hari adalah 5,8621 %, sedangkan pada malam hari yaitu sebesar 3,0641 %. Susut pada siang hari lebih besar di karenakan konsumen pada gardu KB246 produktifitasnya dilakukan pada siang hari.
2. Susut yang terjadi pada gardu KB246 masih dalam standar PLN, menurut SPLN:50 1997, susut yang terjadi harus 2% s.d 10%
3. Susut energi pada penghantar netral sangat besar karena daya yang masuk ke penghantar netral sangat besar di siang dan malam hari.

6. REFERENSI

- Basri Hasan. 1997. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta :Penerbit ISTN.
- Marsudi, Djiteng, (1990). *Operasi Sistem tenaga Listrik*, ISTN, Jakarta
- Kadir, Abdul (2000). *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: UI – Press.
- Pabla, AS., (1986) *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta