

# PERHITUNGAN RUGI – RUGI DAYA SALURAN DISTRIBUSI FEEDER BANGAU SAKTI PADA GI GARUDA SAKTI PT. PLN (PERSERO)

M Taufiq<sup>1)</sup>, Suwitno<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam  
Pekanbaru 28293

Email: [m.taufiq2169@student.unri.ac.id](mailto:m.taufiq2169@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Electrical power cannot be distributed properly to consumers due to the power losses that occur caused by technical and non-technical problems. The unbalance loads of distribution power system channel can happen caused by permanent conductive resistance. Good conductor should not have resistance value, but in reality every object has electrical resistance value. This conductive resistance can cause the power losses besides it the condition of distribution network such as the length of the network often increased also it contribution to cause the power losses. The distribution network is more prone to disruption because the distribution of electricity to consumers is carried out continuously. Therefore it is necessary for the calculation of the power losses generated by the conductor. The calculation is carried out on a 20 kV distribution channel with a point to point calculation method. Total primary current has generated phase R is 4104,848 W, phase S is 3880,827 W and phase T is 3585,039 W. Total power losses that has generated feeder Bangau Sakti is 11570,71 W. Total percentage power losses that generated feeder Bangau Sakti is 0,223%.*

*Keyword : Power Losses, Unbalance Load, Primary Distribution System*

## I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan gabungan mulai dari pusat pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi dan saluran distribusi. Dengan peningkatan tenaga listrik yang semakin meningkat dan luas daerah yang juga semakin meningkat, dengan demikian penyalur tenaga listrik tidak memungkinkan menggunakan tegangan rendah lagi, tetapi harus ditingkatkan menjadi tegangan menengah. Hal ini untuk mengurangi rugi – rugi daya jaringan dan jatuh tegangan yang terlalu besar (Suswanto,2009)

Win Charles (2004), dari Universitas Kristen Petra Surabaya dalam skripsinya yang berjudul “Studi Perhitungan Voltage Drop dan Losses perpenyulang Menggunakan ETAP 4.0 PLN APJ Surabaya Selatan”. Melakukan perhitungan Voltage drop dan Losses dengan memasukkan data kedalam ETAP 4.0 kemudian disimulasikan dan didapatlah hasil perhitungan Voltage drop dan Losses berupa data dan gambar sebagai media pembelajaran. Objek pada penelitian ini adalah 18 Penyulang PLN APJ Surabaya Selatan. Hal ini lah yang

membuat peneliti melakukan perhitungan voltage drop dan losses untuk mengetahui besar voltage drop dan losses yang terjadi di 18 penyulang PLN APJ Surabaya Selatan pada penelitian ini.

Selanjutnya Nolki Jonal Hontong (2015), dari Universitas Sam Ratulangi dalam skripsinya yang berjudul “Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN Palu” Perusahaan umum listrik negara adalah satu perusahaan yang diberi wewenang oleh pemerintah untuk menangani masalah kelistrikan, Kerugian atau daya yang hilang dapat mempengaruhi keseimbangan beban yang mengalir, dan kerugian yang sering dihadapi oleh masyarakat kota Palu adalah seringnya terjadi pemadaman, mengingat sistem jaringan pada Kota Palu merupakan jaringan yang cukup lama seiring perkembangan ekonomi kota perlu peninjauan atau analisa kemampuan jaringan yang berada pada kota Palu.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Donal Alfredo Sirait (2016), dari Universitas Riau

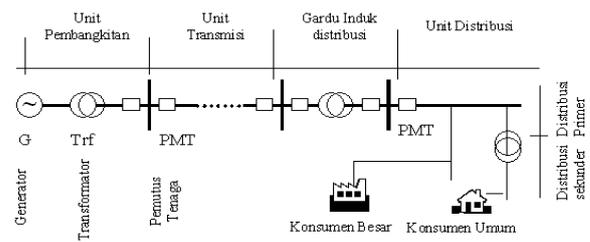
dalam skripsinya yang berjudul “ Analisa Perhitungan Susut Daya Dan Energi Dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribusi PT.PLN (Persero) Area Riau” perhitungan susut daya dan susut energi pada jaringan tegangan menengah dan susut teknis pada trafo distribusi. Dimana objek penelitian adalah Penyulang Lobak yang ada di PT.PLN (Persero) area Pekanbaru. Pendekatan kurva beban digunakan peneliti untuk melakukan perhitungan dari susut daya dan susut energi. Beban puncak masing-masing trafo distribusi adalah sama, sehingga perhitungan susut daya dan energi pada masing-masing trafo distribusi adalah sama.

Dari referensi di atas, penulis melakukan penelitian tentang rugi-rugi daya pada saluran distribusi yang diserap oleh penghantar. Objek pada penelitian ini adalah Feeder Bangau sakti di GI Garuda Sakti PT.PLN (Persero). Untuk perhitungan rugi-rugi daya pada penelitian ini dilakukan perhitungan dengan metode Ladder Iterative Technique yaitu melakukan perhitungan dengan cara persegmen di masing-masing saluran atau pengantar Feeder yang terdapat pada Bangau Sakti. Dimana arus saluran yang digunakan untuk perhitungan rugi – rugi daya ini didapat dari hasil pengukuran arus beban pada masing – masing trafo distribusi.

### Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik menuju konsumen. Jadi fungsi dari sistem saluran distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa pelanggan (tempat) dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Proses penyaluran daya listrik terdiri dari tiga sistem yaitu sistem pembangkitan, transmisi dan distribusi.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik dari 11 kV sampai 24 kV oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 150 kV, 220 kV sampai 500 kV. Kemudian akan disalurkan melalui saluran transmisi, tujuan menaikkan tegangan yaitu untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi. Saluran transmisi yang ada di Indonesia pada umumnya memiliki tegangan 150 kV dan 500 kV (Hontong, 2015).



**Gambar 1.** Gambaran Umum Sistem Distribusi Tenaga Listrik (Purba,2013)

### Struktur Jaringan Distribusi

Sistem sarana penyampaian tenaga listrik dari sumber (titik) / pembangkit ke (titik) pusat beban / konsumen dapat diartikan secara sederhana sebagai “Sistem Distribusi Tenaga Listrik”. Oleh karena supply tenaga untuk konsumen (beban) mempunyai kondisi-kondisi dan persyaratan-persyaratan tertentu. Sistem ini berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu sumber daya besar (Bulk Power Source) sampai kepada beban / Pemakai Tenaga Listrik. Struktur sistem jaringan distribusi tenaga listrik 20 kV terdiri atas :

### Penghantar

Penghantar kabel adalah penghantar yang dibungkus dengan isolasi sebagai pelindungnya. Penghantar jenis kabel yang digunakan pada jaringan ini adalah penghantar kabel jenis AAAC-S dan XPLE.

**Tabel 1.** Tahanan Penghantar AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)

Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Jari-jari (mm)	Jumlah Urat	GMR (mm)	Resistansi (ohm/km)
35	3,3371	7	2,4227	0,9217
50	3,9886	7	2,8957	0,6452
70	4,7193	7	3,4262	0,4608
95	5,4979	19	4,1674	0,3396
120	6,1791	19	4,6837	0,2688
150	6,9084	19	5,2365	0,2162
185	7,6722	19	5,8155	0,1744
240	8,7386	19	6,6238	0,1344

Sumber : SPLN No 64, 1985

**Tabel 2.** Tahanan Penghantar XPLE (kabel tanah)

Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Resistansi (ohm/km)	Induktansi (mH/km)	Kapasitansi (mF/km)
150	0,206	0,33	0,26
240	0,125	0,31	0,31
300	0,100	0,30	0,34

Sumber : SPLN No 64, 1985

### Rugi – Rugi Daya Saluran Distribusi

Rugi – rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban seperti kerumah – rumah, ke gedung –gedung dan lain – lain. Rugi – rugi daya yang dihitung pada penelitian ini adalah I di primer trafo.

Berdasarkan rumus rugi – rugi daya (Sirait, 2016) :

$$P_{\text{rugi}} = I^2 \cdot R \quad (1)$$

Dimana :

$P_{\text{rugi}}$  = Rugi – rugi daya pada saluran (Watt)

$I$  = Arus beban sisi primer trafo (A)

$R$  = Resistansi saluran (Ohm/km)

Nilai tahanan pada penghantar berbanding lurus dengan panjang penghantar dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Nilai hambatan dirumuskan pada persamaan berikut ( Sirait, 2016)

$$R = \frac{\rho \ell}{A} \quad (2)$$

Dimana :

$R$  = Tahanan penghantar (ohm /  $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan jenis (ohm meter)

$\ell$  = Panjang penghantar (meter)

$A$  = Luas penampang (meter<sup>2</sup>)

### Rugi Daya Pada Transformator

Transformator distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan distribusi tegangan tinggi menjadi tegangan terpakai pada jaringan distribusi tegangan rendah (step down transformator), misalkan tegangan 20 KV menjadi tegangan 380 volt atau 220 volt. Sedang transformator yang digunakan untuk menaikkan tegangan listrik (step up transformator), hanya digunakan pada pusat pembangkit tenaga listrik agar tegangan yang didistribusikan pada suatu jaringan panjang (long line) tidak mengalami penurunan tegangan (voltage drop) yang berarti yaitu tidak melebihi ketentuan voltage drop yang diperkenankan 5% dari tegangan semula.

Sebagian besar pada jaringan distribusi tegangan tinggi (primer) sekarang ini dipakailah transformator tiga fasa untuk jenis out door, yaitu

jenis transformator yang diletakkan di atas tiang dengan ukuran lebih kecil dibandingkan dengan jenis in door, yaitu jenis yang diletakkan didalam rumah gardu.

Dalam proses penyaluran daya listrik dari trafo sampai ke konsumen / pemakai tidak dapat dihindarkan timbulnya rugi daya. Rugi daya yang terjadi pada trafo distribusi terdiri dari dua macam, yaitu rugi daya pada inti besi dan rugi daya pada tembaga.

### Rugi Daya Pada Inti Besi

Rugi inti atau rugi besi pada transformator adalah rugi dalam watt. Untuk mengetahui besarnya rugi daya pada inti besi biasanya dilakukan pengujian pada trafo tanpa beban (beban nol). Kenaikan nilai rugi inti biasanya bernilai tidak terlalu besar. Hal ini tergantung dari jenis besi dan laminasi inti yang digunakan dan juga desain dari inti transformator tersebut.

Rugi daya pada inti besi biasanya bersifat tetap hampir tidak terpengaruh oleh penambahan beban. Menurut SPLN No.50 tahun 1997 besarnya rugi inti besi pada trafo distribusi dapat dilihat pada Tabel 3:

**Tabel 3.** Rugi-Rugi Inti Besi Trafo Distribusi

No	kVA (Rating Trafo)	Rugi-rugi Inti Besi (Watt)
1	25	75
2	50	150
3	100	300
4	160	400
5	200	480
6	250	600
7	315	770
8	400	930
9	500	110
10	630	1300
11	800	1750
12	1000	2300
13	1250	2500
14	1600	3000
15	2000	3600
16	2500	4000

Sumber : SPLN No 50, 1997

### Rugi Daya Pada Tembaga

Rugi tembaga disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada belitan transformator. Karena arus beban yang mengalir berubah-ubah, maka susut tembaga juga tidak konstan bergantung

pada beban. Rugi tembaga dinyatakan pada persamaan berikut ini (Suswanto, 2009) :

$$P_{cu} = I^2 \cdot R_{cu} \quad (3)$$

Dimana :

- $P_{cu}$  = Susut tembaga transformator
- $I$  = Arus beban
- $R_{cu}$  = Resistansi belitan tranformator

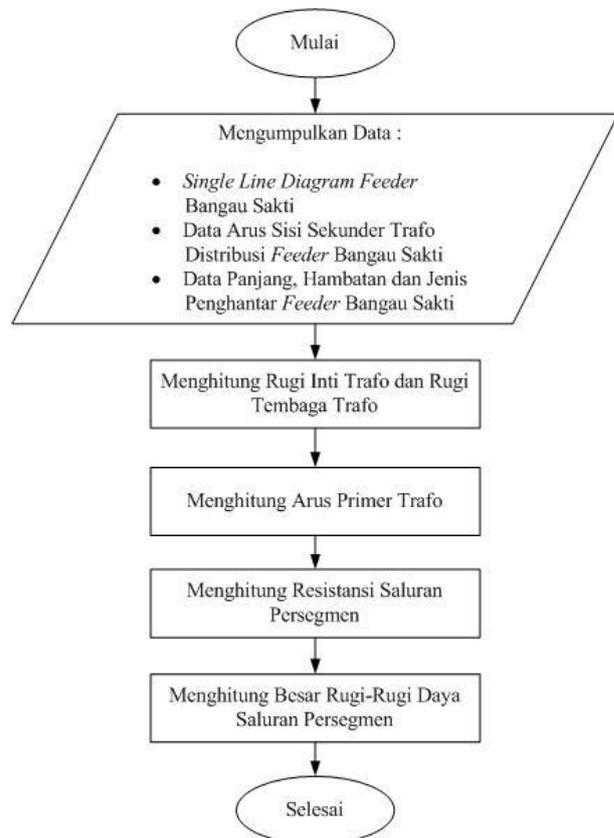
Karena arus beban berubah-ubah, maka rugi tembaga juga tidak konstan karena bergantung pada besarnya beban. Besarnya rugi-rugi tembaga pada setiap perubahan beban dapat ditentukan dengan persamaan 4 (Suswanto, 2009) :

$$P_{cu} = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \cdot P_{cul} \quad (4)$$

Dimana :

- $P_{cu}$  = Rugi Tembaga saat pembebanan tertentu
- $P_{cul}$  = Nominal rugi tembaga pada SPLN no 50 1997
- $S_2$  = Beban yang dioperasikan
- $S_1$  = Nilai pengenalan trafo

## II. METODA PENELITIAN



**Gambar 2.** Flowchart Penelitian

Data yang akan dikumpulkan adalah data dari Gardu Induk Garuda Sakti dan data yang diperlukan adalah data dari *feeder* Bangau Sakti. Untuk mendapatkan data ini adalah dengan mendatangi kantor PLN Gardu Induk Garuda Sakti. Data yang di perlukan adalah : *Single Line Diagram*, data arus sekunder, data panjang, hambatan dan jenis penghantar tersedia pada *feeder* Bangau Sakti Gardu Induk Garuda Sakti.

Data data arus sekunder digunakan untuk menghitung data beban arus primer yang ada pada *feeder* Bangau Sakti Gardu Induk Garuda Sakti. Data arus sekunder yang sudah didapatkan digunakan untuk menghitung beban arus primer pada trafo. Rugi daya pada saluran dapat dihitung setelah mendapatkan data arus primer.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk perhitungan arus beban pada sisi primer trafo distribusi di *feeder* Bangau Sakti Gardu Induk Garuda Sakti dengan ID trafo “RB 154” dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{Fasa "R"} : I_p = \frac{P_s + P_{\text{rugi trafo}}}{\left(\frac{V_p}{\sqrt{3}}\right) \times \cos\phi}$$

$$I_p = \frac{(V_s \times I_s \times \cos\phi) + \text{Rugi inti} \left( \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^2 \times P_{cu_1} \right)}{\left(\frac{V_p}{\sqrt{3}}\right) \times \cos\phi}$$

$$I_p = \frac{(221 \times 7 \times 0,85) + 100 \left( \left( \frac{221 \times 7}{33333,3} \right)^2 \times 533,33 \right)}{\left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) \times 0,85}$$

$$I_p = \frac{1309 + 100 + 1,14}{9814,95}$$

$$I_p = \frac{1410,14}{9814,95}$$

$$I_p = 0,144 \text{ A}$$

$$\text{Fasa "S"} I_p = \frac{P_s + P_{\text{rugi trafo}}}{\left(\frac{V_p}{\sqrt{3}}\right) \times \cos\phi}$$

$$I_p = \frac{(V_s \times I_s \times \cos\phi) + \text{Rugi inti} \left( \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^2 \times P_{cu_1} \right)}{\left(\frac{V_p}{\sqrt{3}}\right) \times \cos\phi}$$

$$I_p = \frac{(218 \times 1 \times 0,85) + 100 \left( \left( \frac{218 \times 1}{33333,3} \right)^2 \times 533,33 \right)}{\left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) \times 0,85}$$

$$I_p = \frac{187 + 100 + 0,023}{9814,95}$$

$$I_p = \frac{287,023}{9814,95}$$

$$I_p = 0,029 \text{ A}$$

$$\text{Fasa "T"} I_p = \frac{P_s + P_{\text{rugi trafo}}}{\left(\frac{V_p}{\sqrt{3}}\right) \times \cos\phi}$$

$$I_p = \frac{(V_s \times I_s \times \cos\phi) + \text{Rugi inti} \left( \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^2 \times P_{cu_1} \right)}{\left(\frac{V_p}{\sqrt{3}}\right) \times \cos\phi}$$

$$I_p = \frac{(219 \times 1 \times 0,85) + 100 \left( \left( \frac{219 \times 1}{33333,3} \right)^2 \times 533,33 \right)}{\left(\frac{20000}{\sqrt{3}}\right) \times 0,85}$$

$$I_p = \frac{187 + 100 + 0,023}{9814,95}$$

$$I_p = \frac{287,023}{9814,95}$$

$$I_p = 0,029 \text{ A}$$

Perhitungan rugi-rugi daya yang di hasilkan oleh penghantar dapat dikalkulasikan dengan persamaan .Rugi-rugi daya yang di hasilkan oleh penghantar dengan "RB 154".

Fasa R :

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

$$P = 0,144^2 \times 0,02162$$

$$P = 0,0004 \text{ Watt}$$

Fasa S :

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

$$P = 0,029^2 \times 0,02162$$

$$P = 0,00002 \text{ Watt}$$

Fasa T :

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

$$P = 0,029^2 \times 0,02162$$

$$P = 0,00002 \text{ Watt}$$

Pada perhitungan rugi-rugi daya di atas, maka dapat diterapkan pada semua penghantar yang terdapat di *Feeder* Bangau Sakti.

**Tabel 4.** Rugi-Rugi Yang Dihasilkan Penghantar

No	ID Penghantar	Rugi-Rugi Daya (Watt)		
		R	S	T
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

1	RB 154	0,0004	0,00002	0,00002
2	RB 19	0,128	0,096	0,169
3	RB 32	0,736	0,385	0,931
4	RB 135	1,569	0,847	1,943
5	RB 301	22,046	22,775	22,527
6	RB 106	1,030	0,524	0,376
7	RB 224	81,172	79,045	76,598
8	RB 240	0,052	0,107	0,073
9	RB 79	1,605	2,058	1,582
10	RB 118	100,758	100,109	94,636
11	RB 13	0,123	0,112	0,093
12	RB 84	213,922	211,915	199,785
13	RB 172	42,687	43,547	40,356
14	RB 22	0,224	0,121	0,076
15	RB 212	1,366	1,142	0,826
16	RB 78	3,133	2,542	2,005
17	RB 176	2,611	2,118	1,671
18	RB 45	0,088	0,022	0,095
19	RB 109	4,797	3,270	3,428
20	RB 07	15,223	9,418	10,102
21	RB 249	0,055	0,094	0,060
22	RB 08	18,569	12,950	12,968
23	RB 77	17,260	12,259	11,711
24	RB 06	281,670	266,727	248,573
25	RB 105	281,670	266,727	248,573
26	RB 286	322,710	300,686	278,468
27	RB 152	255,264	235,079	219,231
28	RB 94	352,723	333,786	307,175
29	RB 196	0,005	0,038	0,029
30	RB 34	1,994	2,650	1,852
31	RB 125	2,511	2,097	1,771
32	RB 121	6,137	5,727	4,606
33	RB 02	0,043	0,050	0,053
34	RB 300	939,311	891,149	810,774
35	RB 208	128,544	122,242	111,791
36	RB 97	2,580	2,369	2,276
37	RB 174	704,864	669,254	613,394
38	RB 72	0,023	0,005	0,011
39	RB 287	0,000	0,003	0,001
40	RB 58	0,076	0,045	0,052
41	RB 03	289,571	273,429	251,201
42	RB 108	1,402	0,729	0,559
43	RB 42	4,596	2,579	2,638
<b>Total Rugi Daya PerFasa</b>		4104,848	3880,827	3585,039
<b>Total Rugi Daya</b>		<b>11570,71 Watt</b>		

Dilihat dari Tabel 4 di atas ditunjukkan bahwa rugi-rugi daya terbesar terdapat pada penghantar “RB 300” dengan besar rugi-rugi daya pada fasa R adalah 939,311 Watt, Fasa S adalah 891,149 Watt, dan Fasa T adalah 810,774Watt.

Dimana besarnya arus yang mengalir dan besarnya nilai tahanan yang dimiliki penghantar tersebut yang menyebabkan penghantar tersebut menjadi penghantar yang memiliki rugi-rugi daya paling besar.

Total rugi-rugi daya yang dihasilkan di *feeder* bangau sakti sebesar fasa R adalah 4104,848 Watt, fasa S adalah 3880,827 Watt, dan fasa T adalah 3585,039 Watt. Sedangkan total keseluruhan rugi-rugi daya yang di hasilkan pada penghantar *feeder* bangau sakti sebesar 11570,71 Watt.

#### IV. KESIMPULAN

1. Rugi-rugi daya yang terbesar terdapat pada penghantar RB 300 dimana pada penghantar ini memiliki arus dan tahanan yang besar dari penghantar yang lainnya. Total dari Rugi daya yang diserap penghantar adalah sebesar 5.182.296 Watt.
2. Persentase rugi-rugi daya terhadap daya yang terpakai pada *Feeder* Bangau Sakti adalah sebesar 0,223%, rugi-rugi daya ini merupakan rugi yang terjadi pada penghantar saja. Rugi-rugi daya ini didapat dari hasil pengukuran beban real yang terpakai pada masing-masing trafo distribusi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hontong, Nolki Jonal. “Analisa Rugi - Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi di PT. PLN.” *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 2015: 64-71.
- Marpaung, Marsaulina. “Perhitungan Rugi - Rugi Daya Listrik Pada saluran Distribusi Feeder Sungkai di Gardu Induk Teluk Lembu.” Pekanbaru, 2019.
- Muchyi, Abdul. *Studi Perkiraan Susut Energi Dan Alternatif Perbaikan Pada Penyulang Leci di Gardu Induk Jababeka*. Depok: Skripsi Universitas Indonesia, 2009.

PLN. 2010.

Purba, Bayu Pradana Putra. *Analisa Perhitungan Susut Teknik Dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribusi PT. PLN*

(Persero) Rayon Medan Kota. Medan:  
Skripsi Universitas Sumatera Utara, 2013.

Setyawan, Ari. *Analisis Susut Energi Pada Konduktor Jaringan Tegangan Menengah Berbasis Bentuk Kurva Beban Harian*. Depok, 2012.

Sirait, Donald Alfredo. "Analisa Perhitungan Susut Daya dan Energi Dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Area Pekabaru." *JomFTEKNIK*, 2016.

SPLN. No 64 Tahun 1985.

SPLN. No 50 Tahun 1997.

Suswanto, D. 2009. *Sistem distribusi tenaga listrik*. Edisi pertama. Universitas Negeri Padang.