

# EVALUASI KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV BERDASARKAN FREKUENSI GANGGUAN DI PT. PLN (persero) RAYON SEDAYU

Aditya Gunadi Sukma

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

*e-mail:* [aditya.gunadisukma@gmail.com](mailto:aditya.gunadisukma@gmail.com)

## Intisari

Kebutuhan energi listrik saat ini semakin tahun semakin meningkat seiring dengan berkembangnya pertumbuhan penduduk, ekonomi dan industri. Hal tersebut harus dapat ditunjang dengan meningkatnya sistem distribusi yang handal dan terus menerus menyalurkan tenaga listrik dari sistem transmisi menuju kepusat beban/konsumen. Oleh karena itu, dituntut adanya suatu sistem tenaga listrik yang mempunyai kualitas yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh PT. PLN. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keandalan sistem distribusi 20 kV pada setiap penyulang di PT. PLN (persero) Rayon Sedayu dengan menggunakan perhitungan indeks SAIFI, SAIDI, ENS dan AENS berdasarkan pada data monitoring pemadaman listrik akibat frekuensi gangguan yang terjadi selama tahun 2017.

Adapun berdasarkan analisis diperoleh hasil bahwa pada tahun 2017 sistem distribusi Rayon Sedayu jika ditinjau dari standar SPLN 68-2 1986 maka nilai SAIFI dan SAIDI terdapat dua penyulang yang tidak memenuhi standar yaitu penyulang GDN 01 dan GDN 04, sedangkan penyulang lain sudah memenuhi standar. Selain itu, jika ditinjau dari standar IEEE std 1366-2003 maka nilai SAIFI dan SAIDI terdapat empat dari tujuh penyulang Rayon Sedayu yang tidak memenuhi standar yaitu penyulang GDN 01, GDN 03, GDN 04 dan GDN 05. Jika ditinjau dari perhitungan ENS dan AENS pada setiap penyulang Rayon Sedayu memiliki kerugian energi yang tidak tersalurkan akibat terjadinya pemadaman listrik pada jaringan distribusi.

## I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik adalah sistem yang terdiri dari pembangkit, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban/konsumen. Proses penyaluran tenaga listrik melalui saluran transmisi dan distribusi dari pembangkit ke beban/konsumen tidak terpisahkan dari gardu induk. Sistem distribusi yang dikelola oleh PT. PLN (persero) sangat memiliki peran besar dalam memberikan jaminan kualitas penyaluran energi listrik sehingga memenuhi standar, baik secara teknis maupun non teknis pada konsumen atau pelanggan. Kualitas penyaluran secara teknis ditunjukkan dengan parameter-parameter besar tegangan, faktor daya, frekuensi dan indeks keandalan yang memenuhi standar yang berlaku secara nasional maupun internasional.

Kebutuhan energi listrik saat ini semakin tahun semakin meningkat seiring dengan berkembangnya pertumbuhan penduduk, ekonomi dan industri. Hal tersebut harus dapat ditunjang dengan meningkatnya sistem distribusi

yang handal dan terus menerus menyalurkan tenaga listrik dari sistem transmisi menuju kepusat beban. Oleh karena itu, dituntut adanya suatu sistem tenaga listrik yang mempunyai mutu serta kualitas yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh PT. PLN.

Suplai energi listrik di Indonesia dihasilkan dari bermacam-macam pembangkit yang disediakan oleh PT. PLN (persero) sebagai perusahaan penyedia listrik, sehingga PT. PLN (persero) memiliki standar mutu penyedia listrik yang diharapkan agar penyaluran energi listrik berjalan secara kontinu dan ber frekuensi pemadaman seminimal mungkin, dalam penyediaan energi listrik faktor keandalan amatlah penting dengan mengingat banyaknya gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi sehingga menyebabkan penyaluran listrik kekonsumen terganggu yang tentu saja sangat berpengaruh terhadap keandalan penyaluran energi listrik, parameter keandalan tersebut dapat dihitung dan dibandingkan dengan ketetapan yang telah dibuat dengan

menghitung indeks rata-rata dengan jumlah gangguan sistem atau pemadaman, selama setahun yaitu SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), indeks durasi rata-rata gangguan sistem atau pemadaman, selama setahun yaitu SAIDI (*system Average Interruption Duration Index*).

Gangguan atau kerusakan yang terjadi dalam sebuah sistem distribusi akan sangat berpengaruh pada nilai keandalan sistem distribusi dan mengakibatkan pelepasan beban sehingga terjadi pemadaman didalam sistem distribusi tersebut. Oleh karena itu, semakin sering jaringan distribusi mengalami gangguan yang mengakibatkan pemadaman listrik maka dapat dikatakan sistem distribusi tersebut kurang handal.

PT. PLN (persero) Rayon Sedayu memiliki 7 penyulang yang disuplai dari gardu induk Godean, Wirobrajan dan Bantul. Data yang diperoleh dari media dan dari data gangguan sehingga menyebabkan pemadaman listrik terjadi 97 kali dalam setahun. Dari banyaknya gangguan yang dominan terjadi yaitu gangguan teknis seperti FCO putus dan gangguan non teknis seperti petir, hujan lebat, angin kencang dan pohon tumbang mengenai konduktor. Dampaknya adalah terganggunya aktifitas masyarakat dan masyarakat yang mempunyai Usaha Kecil Menengah (UKM) juga akan terganggu pula seperti (usaha warnet, laundry, konveksi, dan lainnya).

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik adalah bagian dari sistem perlengkapan elektrik antara daya besar (*bulk power source*, BPS) dan peralatan hubung pelanggan (*customers service switches*). Selain itu, suatu sistem distribusi biasanya tersusun atas beberapa peralatan maupun komponen pendukung lainnya seperti gardu induk distribusi, sistem sub-transmisi, feeder dan trafo distribusi, maupun layanan pelanggan.

Pada penyaluran sistem distribusi hendaknya sangat memperhatikan kualitas pelayanan yang terpadu dan memadai. Faktor yang dapat menentukan kualitas pelayanan tersebut yaitu seperti kemampuan sistem distribusi dalam menyalurkan energi listrik kepada pelanggan secara kontinu, dengan tingkat frekuensi gangguan seminimal mungkin.

Adapun kontinuitas penyaluran sistem distribusi erat kaitannya dengan konfigurasi jaringan, serta komponen tegangan menengah yang terpsang pada jaringan. Disamping itu, agar fungsi jaringan distribusi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan upaya untuk menanggulangi gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi dengan cepat, efisien, dan dalam waktu yang singkat. Maka unsur tersebut dapat berpengaruh terhadap tingkat keandalan sistem distribusi dalam menyalurkan tenaga listrik yang berkualitas.

Sistem jaringan distribusi tenaga listrik dibedakan menjadi 2 sistem yaitu sistem jaringan distribusi primer (jaringan distribusi tegangan menengah) dan sistem jaringan distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah). Dari kedua sistem distribusi tersebut dibedakan berdasarkan tegangan kerjanya. Pada umumnya tegangan kerja pada sistem distribusi primer adalah 6 KV atau 20 KV, sedangkan tegangan kerja pada sistem distribusi sekunder 380 V atau 220 V.

### 2.2 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan/tingkat pelayanan tenaga listrik dari sistem pembangkit hingga ke konsumen. Ukuran keandalan dapat dinyatakan seperti lamanya waktu pemadaman, frekuensi terjadinya pemadaman, serta waktu yang diperlukan untuk memulihkan kondisi sistem dari pemadaman (*restoration*). Keandalan juga dapat dikatakan sebagai kemampuan dari jaringan sistem tenaga listrik untuk menyampaikan tidak terputusnya tenaga listrik bagi pelanggan pada satu taraf yang telah ditentukan sesuai mutu dan jaminan keamanannya. Oleh karena itu, sistem keandalan distribusi dapat dikatakan jika tingkat keandalan sistem distribusi berbanding terbalik dengan tingkat pemadaman listrik, yakni semakin rendah tingkat pemadaman aliran listrik terhadap beban yang dilayani, maka tingkat keandalan semakin tinggi, hal ini berlaku untuk sebaliknya. Berikut merupakan model umum regresi linier berganda untuk populasi:

### 2.3 Indeks Keandalan Yang Dihitung Pada Jaringan Distribusi

Indeks keandalan pada jaringan distribusi yaitu suatu petunjuk atau indikator yang digunakan dalam melakukan evaluasi tingkat keandalan sistem distribusi yang

dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks sudah dikembangkan dalam menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga listrik. Berikut adalah parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan keandalan sistem jaringan distribusi dan cara perhitungannya :

1. Indeks Berorientasi Pada Pelanggan

a.) SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

SAIDI merupakan perhitungan indeks tentang durasi pemadaman rata-rata untuk setiap konsumen dalam kurun satu tahun pada suatu area yang di evaluasi. Secara matematis dituliskan sebagai berikut :

$$SAIDI = \frac{\text{jumlah dari perkalian jam pemadaman dan pelanggan padam}}{\text{Total Jumlah Pelanggan yang dilayani}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i.N_i)}{\sum N} \dots\dots\dots \text{persamaan (2.1)}$$

Dimana :  $U_i$  = jumlah lamanya pemadaman

$N_i$  = jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman

$\sum N$  = jumlah total pelanggan

b.) SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

SAIFI merupakan perhitungan indeks frekuensi pemadaman rata-rata untuk setiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang di evaluasi. Nilainya adalah jumlah gangguan yang terjadi dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Secara sistematis ditulis sebagai berikut :

$$SAIFI = \frac{\text{jumlah dari perkalian frekuensi pemadaman dan pelanggan padam}}{\text{Total Jumlah Pelanggan yang dilayani}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i.N_i)}{\sum N} \dots\dots\dots \text{persamaan (2.2)}$$

Dimana :  $\lambda_i$  = jumlah frekuensi pemadaman

$N_i$  = jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman

$\sum N$  = jumlah total pelanggan

2. Indeks Berorientasi Pada Beban Serta Energi

Selain dua parameter keandalan yang umum dipakai diatas, ada pula beberapa indeks tambahan yang digunakan sebagai mengevaluasi keandalan suatu sistem distribusi, yaitu indeks yang berorientasi kepada beban dan energi. Berikut parameter untuk mengevaluasi keandalan berdasarkan beban serta energi :

a.) ENS (*Energy Not Supplied*)

ENS (*Energy Not Supplied*) adalah indeks keandalan yang menyatakan jumlah energi yang tidak dapat disalurkan oleh sistem kepada pelanggan selama periode satu tahun. Ini didefinisikan sebagai penjumlahan energi yang hilang akibat adanya gangguan terhadap pasokan daya selama periode satu tahun. Secara sistematis rumus perhitungan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$ENS = \sum [ \text{Gangguan (kW)} \times \text{Durasi (h)} ] \dots\dots\dots \text{persamaan(2.3)}$$

b.) AENS (*Average Energy Not Supplied*)

AENS adalah indeks rata-rata energi yang tidak disalurkan akibat terjadinya pemadaman. AENS dinyatakan perbandingan jumlah energi yang hilang pada saat terjadi gangguan pemadaman dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Secara sistematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$AENS = \frac{\text{jumlah energi yang tidak tersalurkan oleh sistem}}{\text{jumlah pelanggan yang dilayani}}$$

$$AENS = \frac{ENS}{\sum N} \dots\dots\dots \text{persamaan (2.4)}$$

Dimana, N = jumlah pelanggan yang dilayani

c.) Daya Gangguan

Daya Gangguan yaitu cara untuk menghitung seberapa besar daya yang mengalir pada saat terjadi gangguan, secara sistematis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Daya Gangguan} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

Dimana, V = tegangan (kV)

I = Arus (Ampere)

$$\cos \varphi = 0,8$$

### 2.4 Standar Indeks Keandalan

Yang dimaksud oleh standar nilai indeks keandalan yaitu ketetapan nilai minimum yang hendaknya dapat dipenuhi oleh suatu sistem distribusi agar keandalan penyaluran energi listrik kepada pelanggan dapat terjamin kualitasnya. Selain itu, standar keandalan juga bertindak sebagai tolak ukur terhadap kemajuan serta peningkatan mutu pelayanan yang akan dicapai oleh PLN. Adapun dua standar yang digunakan dalam penelitian ini diantara nya yaitu :

- a. Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 68-2 : 1986

**Tabel 2.2** Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 68-2:1986

Indek Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,2	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	21,09	Jam/Pelanggan/Tahun

- b. Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003

**Tabel 2.3** Standar Indeks Keandalan IEEEstd 1366-2003

Indek Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,45	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	2,30	Jam/Pelanggan/Tahun

### III. METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan pada penelitian ini adalah langkah pertama dimana peneliti melakukan studi dan pengamatan di lapangan secara langsung untuk melakukan pengumpulan data tentang jaringan distribusi 20 KV di PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu.

#### 3.2 Perumusan Masalah

Setelah dilakukan proses studi pendahuluan, penulis menentukan masalah yang ada pada PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu untuk diidentifikasi. Dalam penelitian ini, permasalahan yang diangkat menjadi pokok bahasan adalah Evaluasi Keandalan Jaringan Distribusi 20 KV Berdasarkan Frekuensi Gangguan di PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu.

#### 3.3 Studi Pustaka

Studi pustaka adalah tahap pengumpulan sumber-sumber yang berhubungan dengan pembahasan pada penelitian ini. Informasi yang dibutuhkan adalah berhubungan dengan teori keandalan sistem distribusi tenaga listrik 20 kv, sistem jaringan distribusi tenaga listrik, SAIFI, SAIDI, ENS dan AENS standar nilai indeks keandalan, dampak yang terjadi akibat seringnya terjadi gangguan dan beberapa konsep yang berhubungan dengan permasalahan.

#### 3.4 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan/pengambilan data secara langsung pada lokasi penelitian yang berada di PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Data jumlah total pelanggan yang disuplai oleh PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu tahun 2017.
- b. Data jumlah pelanggan setiap penyulang pada PT. PLN (persero) Rayon Sedayu tahun 2017.
- c. Data jumlah penyulang pada PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu.
- d. Data gangguan setiap penyulang pada PT. PLN (persero) Rayon Sedayu tahun 2017..
- e. Data durasi pemadaman setiap penyulang yang disebabkan oleh gangguan pada PT. PLN (persero) Rayon Sedayu tahun 2017.

**Tabel 4.4** Tabel Durasi Padam dan Gangguan Tahun 2017

NO	NAMA PENYULANG	LAMA GANGGUAN		JUMLAH GANGGUAN
		JAM	MENIT	
1.	GDN 01	15	46	19 kali
2.	GDN 02	05	43	6 kali
3.	GDN 03	13	35	15 kali
4.	GDN 04	15	38	22 kali
5.	GDN 05	12	05	17 kali
6.	WBN 06	07	00	9 kali
7.	BNL 08	06	29	8 kali

### 3.5 Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan maka selanjutnya adalah melakukan pengolahan data. Dari data-data yang terkumpul kemudian dilakukan pengelompokan masing-masing seperti pengelompokan durasi pemadaman setiap penyulang, jumlah pelanggan setiap penyulang dan frekuensi pemadaman listrik. Pengelompokan dilakukan untuk mempermudah melakukan analisis indeks keandalan SAIDI, SAIFI dan Jumlah kerugian energi listrik akibat sering nya terjadi gangguan.

### 3.6 Analisa Data

Setelah pengolahan data selesai dilakukan maka akan diperoleh data nilai SAIDI, SAIFI, jumlah kerugian energi listrik akibat sering nya terjadi gangguan. Kemudian data-data SAIDI dan SAIFI tersebut dianalisis dengan cara membandingkan dengan beberapa standar yang digunakan, yaitu SPLN 68-2 : 1986 dan IEEE std 1936-2003.

### 3.7 Penulisan Tugas Akhir

Setelah melakukan pengolahan data dan analisis data maka langkah selanjutnya adalah menyusun tugas akhir sesuai dengan peraturan yang telah ditentukan.

## IV. PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Perhitungan SAIFI, SAIDI, ENS dan AENS Pada Penyulang PT. PLN (persero) Rayon Sedayu

Untuk memudahkan dalam perhitungan maka data akan dikelompokkan dengan cara memasukkan data jumlah total durasi gangguan dan data jumlah total gangguan pada setiap penyulangnya.

Pada tabel 4.4 dibawah ini yaitu menunjukan data jumlah total durasi gangguan dan data jumlah total gangguan pada setiap penyulangnya dalam satu tahun. Data tabel dibawah ini merupakan data pada tahun 2017.

### 4.2 Perhitungan SAIFI Pada Setiap Penyulang di Tahun 2017

Pada tabel 4.5 dibawah ini yaitu menunjukkan sebuah data yang berisi jumlah pelanggan dan jumlah gangguan per penyulang yang diambil pada data tahun 2017.

**Tabel 4.5** Jumlah Pelanggan dan Jumlah Gangguan Dalam Tahun 2017

NO	NAMA PENYULANG	JUMLAH PELANGGAN	JUMLAH GANGGUAN
1.	GDN 01	20.561	19 kali
2.	GDN 02	16.329	6 kali
3.	GDN 03	14.795	15 kali
4.	GDN 04	17.352	22 kali
5.	GDN 05	10.204	17 kali
6.	WBN 06	13.424	9 kali
7.	BNL 08	14.363	8 kali
TOTAL PELANGGAN		107.028	

Berikut ini adalah contoh perhitungan SAIFI pada penyulang GDN 01, GDN02, GDN03, GDN04, GDN05, WBN06 dan BNL08 selama tahun 2017 berdasarkan tabel 4.5

:

1. **SAIFI GDN01** =  $\frac{\sum(\lambda_i.N_i)}{\sum N} = \frac{19 \times 20.561}{107.028} = 3,65$   
kali/pelanggan/tahun
2. **SAIFI GDN02** =  $\frac{\sum(\lambda_i.N_i)}{\sum N} = \frac{6 \times 16.329}{107.028} = 0,92$   
kali/pelanggan/tahun
3. **SAIFI GDN03** =  $\frac{\sum(\lambda_i.N_i)}{\sum N} = \frac{15 \times 14.795}{107.028} = 2,07$   
kali/pelanggan/tahun
4. **SAIFI GDN04** =  $\frac{\sum(\lambda_i.N_i)}{\sum N} = \frac{22 \times 17.352}{107.028} = 3,56$   
kali/pelanggan/tahun
5. **SAIFI GDN05** =  $\frac{\sum(\lambda_i.N_i)}{\sum N} = \frac{17 \times 10.204}{107.028} = 1,62$   
kali/pelanggan/tahun
6. **SAIFI WBN06** =  $\frac{\sum(\lambda_i.N_i)}{\sum N} = \frac{9 \times 13.424}{107.028} = 1,13$   
kali/pelanggan/tahun
7. **SAIFI BNL08** =  $\frac{\sum(\lambda_i.N_i)}{\sum N} = \frac{8 \times 14.363}{107.028} = 1,07$   
kali/pelanggan/tahun

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan nilai SAIFI secara keseluruhan dari setiap penyulang pada PT. PLN (persero) Rayon Sedayu selama satu tahun dalam kurun tahun 2017.

**Tabel 4.6** Hasil Perhitungan Nilai SAIFI

NO	NAMA PENYULANG	NILAI SAIFI KALI/PELANGGAN/TAHUN
1.	GDN 01	3,65
2.	GDN 02	0,92
3.	GDN 03	2,07
4.	GDN 04	3,56
5.	GDN 05	1,62
6.	WBN 06	1,13
7.	BNL 08	1,07
TOTAL		14,02

#### 4.2.1 Analisis Nilai SAIFI terhadap Standar SPLN 68-2 : 1986

Dari data tabel 4.6 akan menganalisis perbandingan nilai SAIFI terhitung pada setiap penyulang di PT. PLN (persero) Rayon Sedayu terhadap nilai standar SPLN 68-2 : 1986 adalah maksimal sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun.

Berikut adalah tabel 4.7 yang berisi data hasil analisis perbandingan nilai SAIFI dengan standar SPLN 68-2 : 1986 selama tahun 2017 yang menentukan setiap penyulang memenuhi standar atau tidak.

**Tabel 4.7** Hasil Perbandingan Nilai SAIFI Dengan Standar SPLN 68-2 : 1986 Selama Tahun 2017

NO	NAMA PENYULANG	NILAI SAIFI TERHITUNG Kali/Pelanggan/Tahun	STANDAR SPLN 68-2 : 1986. 3,2 Kali/Pelanggan/Tahun
1.	GDN 01	3,65	Tidak Memenuhi Standar
2.	GDN 02	0,92	Memenuhi Standar
3.	GDN 03	2,07	Memenuhi Standar
4.	GDN 04	3,56	Tidak Memenuhi Standar
5.	GDN 05	1,62	Memenuhi Standar
6.	WBN 06	1,13	Memenuhi Standar
7.	BNL 08	1,07	Memenuhi Standar

Pada tabel 4.7 diatas hasil analisis perbandingan dari nilai SAIFI terhitung dengan nilai standar SPLN 68-2 : 1986 terdapat dua buah penyulang yang tidak memenuhi standar nilai SPLN 68-2 : 1986, yaitu pada penyulang GDN 01 dan GDN 04, hal ini dikategorikan tidak handal karena besarnya nilai SAIFI pada penyulang GDN 01 memiliki nilai 3,65 kali/pelanggan/tahun dan penyulang GDN 04 memiliki nilai 3,56 kali/pelanggan/tahun, sedangkan nilai SAIFI pada standar SPLN 68-2 : 1986 adalah maksimal sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun.

#### 4.2.2 Analisis Nilai SAIFI terhadap Standar IEEE Std 1366-2003

Dari data tabel 4.6 akan menganalisis perbandingan nilai SAIFI terhitung pada setiap penyulang di PT. PLN (persero) Rayon Sedayu terhadap nilai standar IEEE Std 1366-2003 adalah maksimal sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun. Berikut adalah tabel 4.8 yang berisi data hasil analisis perbandingan nilai SAIFI dengan standar IEEE Std 1366-2003 selama tahun 2017 yang menentukan setiap penyulang memenuhi standar atau tidak.

**Tabel 4.8** Hasil Perbandingan Nilai SAIFI Dengan Standar IEEE Std 1366-2003 Selama Tahun 2017

NO	NAMA PENYULANG	NILAI SAIFI TERHITUNG Kali/Pelanggan/Tahun	STANDAR IEEE Std 1366-2003. 1,45 Kali/Pelanggan/Tahun
1.	GDN 01	3,65	Tidak Memenuhi Standar
2.	GDN 02	0,92	Memenuhi Standar
3.	GDN 03	2,07	Tidak Memenuhi Standar
4.	GDN 04	3,56	Tidak Memenuhi Standar
5.	GDN 05	1,62	Tidak Memenuhi Standar
6.	WBN 06	1,13	Memenuhi Standar
7.	BNL 08	1,07	Memenuhi Standar

Pada tabel 4.8 diatas hasil analisis perbandingan dari nilai SAIFI terhitung dengan nilai standar IEEE Std 1366-2003 terdapat empat buah penyulang yang tidak memenuhi standar nilai IEEE Std 1366-2003, yaitu pada penyulang GDN 01, GDN 03, GDN 04 dan GDN 05 hal ini dikategorikan tidak handal disebabkan oleh besarnya nilai SAIFI terhitung pada penyulang tersebut yaitu melebihi 1,45 kali/pelanggan/tahun, sedangkan nilai SAIFI pada standar IEEE Std 1366-2003 adalah maksimal sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun. Untuk penyulang lainnya seperti penyulang GDN 02, WBN 06 dan BNL 08 dikategorikan handal karena nilai perhitungan SAIFI pada penyulang tersebut lebih kecil dari standar IEEE Std 1366-2003 yang memiliki nilai SAIFI maksimal sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun.

#### 4.3 Perhitungan SAIDI Pada Setiap Penyulang di Tahun 2017

Pada tabel 4.9 berikut ini menunjukkan sebuah data yang berisi lama gangguan dan jumlah pelanggan per penyulang yang dirangkum dari data tahun 2017. Untuk memudahkan proses perhitungan nilai SAIDI pada setiap penyulang nya.

**Tabel 4.9** Data Lama Gnagguan dan Jumlah Pelanggan Dalam Tahun 2017

NO	NAMA PENYULANG	LAMA GANGGUAN		JUMLAH PELANGGAN
		JAM	MENTIT	
1.	GDN 01	15	46	20.561
2.	GDN 02	05	43	16.329
3.	GDN 03	13	35	14.795
4.	GDN 04	15	38	17.352
5.	GDN 05	12	05	10.204
6.	WBN 06	07	00	13.424
7.	BNL 08	06	29	14.363
TOTAL PELANGGAN				107.028

Berikut ini adalah contoh perhitungan SAIDI pada penyulang GDN 01, GDN02, GDN03, GDN04, GDN05, WBN06 dan BNL08 selama tahun 2017 berdasarkan tabel 4.9 :

$$1. \text{ SAIDI GDN01} = \frac{\sum(U_i.N_i)}{\sum N} = \frac{15.46 \times 20.561}{107.028} = 2,97$$

jam/pelanggan/tahun

$$2. \text{ SAIDI GDN02} = \frac{\sum(U_i.N_i)}{\sum N} = \frac{5.43 \times 16.329}{107.028} = 0,82$$

jam/pelanggan/tahun

$$3. \text{ SAIDI GDN03} = \frac{\sum(U_i.N_i)}{\sum N} = \frac{13.25 \times 14.795}{107.028} = 1,83$$

jam/pelanggan/tahun

$$4. \text{ SAIDI GDN04} = \frac{\sum(U_i.N_i)}{\sum N} = \frac{15.38 \times 17.352}{107.028} = 2,49$$

jam/pelanggan/tahun

$$5. \text{ SAIDI GDN05} = \frac{\sum(U_i.N_i)}{\sum N} = \frac{12.5 \times 10.204}{107.028} = 1,19$$

jam/pelanggan/tahun

$$6. \text{ SAIDI WBN06} = \frac{\sum(U_i.N_i)}{\sum N} = \frac{7 \times 13.424}{107.028} = 0,88$$

jam/pelanggan/tahun

$$7. \text{ SAIDI BNL08} = \frac{\sum(U_i.N_i)}{\sum N} = \frac{6.29 \times 14.363}{107.028} = 0,84$$

jam/pelanggan/tahun

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan nilai SAIDI secara keseluruhan dari setiap penyulang pada PT. PLN (persero) Rayon Sedayu selama satu tahun dalam kurun tahun 2017.

**Tabel 4.10** Tabel Hasil Perhitungan Nilai SAIDI

NO	NAMA PENYULANG	NILAI SAIDI JAM/PELANGGAN/TAHUN 2017
1.	GDN 01	2,97
2.	GDN 02	0,82
3.	GDN 03	1,83
4.	GDN 04	2,49
5.	GDN 05	1,19
6.	WBN 06	0,88
7.	BNL 08	0,84
TOTAL		11,03

#### 4.3.1 Analisis Nilai SAIDI terhadap Standar SPLN 68-2 : 1986

Dari data tabel 4.10 akan menganalisis perbandingan nilai SAIDI terhitung pada setiap penyulang di PT. PLN (persero) Rayon Sedayu terhadap nilai standar SPLN 68-2 : 1986 adalah maksimal sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun. Berikut adalah tabel 4.11 yang berisi data hasil analisis perbandingan nilai SAIDI dengan standar SPLN 68-2 : 1986 selama tahun 2017 yang menentukan setiap penyulang memenuhi standar atau tidak.

**Tabel 4.11** Hasil Perbandingan Nilai SAIDI Dengan Standar SPLN 68-2 : 1986 Selama Tahun 2017

NO	NAMA PENYULANG	Nilai Perhitungan SAIDI jam/pelanggan /tahun	Standar Nilai SAIDI SPLN 68-2 : 1986 jam/pelanggan /tahun	Keterangan
1.	GDN 01	2,97	21,09	Memenuhi Standar
2.	GDN 02	0,82	21,09	Memenuhi Standar
3.	GDN 03	1,83	21,09	Memenuhi Standar
4.	GDN 04	2,49	21,09	Memenuhi Standar
5.	GDN 05	1,19	21,09	Memenuhi Standar

6.	WBN 06	0,88	21,09	Memenuhi Standar
7.	BNL 08	0,84	21,09	Memenuhi Standar

Pada tabel 4.11 diatas hasil perbandingan dari nilai SAIDI pada setiap penyulangnya di PT. PLN (persero) Rayon Sedayu terhitung dengan nilai Standar SPLN 68-2 1986 sudah memenuhi standar atau dapat dikategorikan handal dikarenakan nilai perhitungan SAIDI lebih kecil dibanding dengan nilai standar SPLN 68-2 : 1986 yaitu nilai maksimal sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun.

#### 4.3.2 Analisis Nilai SAIDI terhadap Standar IEEE Std 1366-2003

Dari data tabel 4.10 akan menganalisis perbandingan nilai SAIDI terhitung pada setiap penyulang di PT. PLN (persero) Rayon Sedayu terhadap nilai standar IEEE Std 1366-2003 adalah maksimal sebesar 2,30 jam/pelanggan/tahun. Berikut adalah tabel 4.12 yang berisi data hasil analisis perbandingan nilai SAIDI dengan standar IEEE Std 1366-2003 selama tahun 2017 yang menentukan setiap penyulang memenuhi standar atau tidak.

**Tabel 4.12** Hasil Perbandingan Nilai SAIDI Dengan Standar IEEE Std 1366-2003 Selama Tahun 2017

No	NAMA Penyulang	Nilai SAIDI Terhitung jam/pelanggan/tahun	Standar SAIDI IEEE Std 1366-2003 jam/pelanggan/tahun	Keterangan
1.	GDN 01	2,97	2,30	Tidak Memenuhi Standar
2.	GDN 02	0,82	2,30	Memenuhi Standar
3.	GDN 03	1,83	2,30	Memenuhi Standar
4.	GDN 04	2,49	2,30	Tidak Memenuhi Standar
5.	GDN 05	1,19	2,30	Memenuhi Standar
6.	WBN 06	0,88	2,30	Memenuhi Standar
7.	BNL 08	0,84	2,30	Memenuhi Standar



Pada tabel 4.12 diatas hasil analisis perbandingan dari nilai SAIDI terhitung dengan nilai standar IEEE Std 1366-2003 terdapat dua buah penyulang yang tidak memenuhi standar nilai IEEE Std 1366-2003, yaitu pada penyulang GDN 01, dan GDN 04, hal ini dikategorikan tidak handal disebabkan oleh besarnya nilai SAIDI terhitung pada penyulang tersebut yaitu melebihi 2,30 jam/pelanggan/tahun, sedangkan nilai SAIDI pada standar IEEE Std 1366-2003 adalah maksimal sebesar 2,30 jam/pelanggan/tahun. Untuk penyulang lainnya seperti penyulang GDN 02, GDN 03, GDN 05, WBN 06 dan BNL 08 dikategorikan handal karena nilai perhitungan SAIDI pada penyulang tersebut lebih kecil dari standar IEEE Std 1366-2003 yang memiliki nilai SAIDI maksimal sebesar 2,30 jam/pelanggan/tahun.

#### 4.3 Analisis Perhitungan ENS dan AENS Pada Setiap Penyulang Berdasarkan Data Gangguan Pada Tahun 2017

Berikut ini adalah contoh perhitungan dari ENS, AENS dan Daya Gangguan dari data tabel 4.13 dibawah ini dengan menggunakan data gangguan tanggal 05 Januari 2017 :

$$\begin{aligned} \text{➤ Daya Gangguan} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 21.1 \times 181 \times 0,8 \\ &= 5.291 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ ENS} &= \sum [ \text{Daya Gangguan (kW)} \times \text{Durasi (h)} ] \\ \text{ENS} &= \sum [ 5.291 \text{ kW} \times 1.11 \text{ jam} ] \\ &= 5.873 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ AENS} &= \frac{\text{ENS}}{\sum N} \\ &= \frac{5.873}{20.561} \\ &= 0,285 \text{ kWh/pelanggan} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas merupakan contoh dari salah satu perhitungan ENS, AENS dan Daya Gangguan.

#### 4.3.1 Analisis Jumlah Kerugian ENS Dalam Rupiah Selama Tahun 2017

Pada analisis ini bertujuan untuk dapat mengetahui berapa jumlah kerugian finansial PT. PLN (persero) Rayon Sedayu dalam periode satu tahun di tahun 2017.

**Tabel 4.20** Data Total ENS Dalam Periode Satu Tahun

NO	NAMA PENYULANG	TOTAL ENS (kWh)
1.	GDN 01	47.474
2.	GDN 02	24.734
3.	GDN 03	44.579
4.	GDN 04	47.908
5.	GDN 05	40.715
6.	WBN 06	36.215
7.	BNL 08	27.366
TOTAL KESELURUHAN		268.991

Dari total ENS pada tabel 4.20 jika harga listrik PLN per kWh pada tahun 2017 adalah Rp. 1.467,28/kWh, maka kerugian PLN akibat gangguan pada seluruh penyulang di PT. PLN (persero) Rayon Sedayu selama periode Januari s.d. Desember 2017 adalah sebesar Rp. 394.685.114,-

#### 4.4 Analisis Kerugian Finansial Pada Usaha Kecil Menengah (UKM) di Warnet G Nett

Pada analisis ini bertujuan untuk mengetahui berapa jumlah kerugian finansial yang dialami oleh warnet G Nett yang terletak di Dusun Ngapak Godean akibat frekuensi gangguan sehingga terjadi nya pemadaman listrik. Lokasi warnet G Nett yang terletak pada Dusun Ngapak Godean dialiri pasokan listrik oleh PT. PLN (persero) Rayon Sedayu dengan penyulang GDN 04.

Setelah dilakukan pengambilan data langsung ke warnet G Nett dengan wawancara oleh operator warnet, maka didapat data yaitu :

- Jumlah unit komputer = 31 unit
- Harga per jam warnet = 3.500 rupiah

Setelah diketahui data yang dibutuhkan maka selanjutnya dilakukan proses perhitungan kerugian finansial pada wanet G Nett berdasarkan frekuensi gangguan yang terjadi selama satu tahun dengan rumus :

$$\begin{aligned} & \text{Harga Per Jam Warnet(Rp)} \times \text{Jumlah} \\ & \text{Komputer(unit)} \times \text{Total Durasi Padam(jam)} \\ & = \text{Rp.3.500} \times 31 \text{ unit} \times 15.38 \text{ jam} \\ & = \text{Rp. 1.668.730,-} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka didapat jumlah kerugian finansial pada warnet G Nett selama periode satu tahun, mulai Januari sampai dengan Desember 2017 pada PT. PLN (persero) Rayon Sedayu yang disuplai oleh penyulang GDN 04 sebesar Rp. 1.668.730,- dengan diasumsikan komputer aktif semua.

#### 4.5 Analisis Gangguan Yang Sering Terjadi Pada PT.

##### PLN (persero) Rayon Sedayu.

Pada analisis ini bertujuan untuk mengetahui penyebab gangguan yang sering terjadi pada PT. PLN (persero) Rayon Sedayu.

**Tabel 4.22** Data Penyebab Gangguan Pada Setiap Penyulang Rayon Sedayu

Penyulang	Penyebab Gangguan Tahun 2017 (kali)						Total Frekuensi Gangguan (kali/tahun)
	I1	I2	E1	E2	E3	E4	
GDN 01	2	2	5	2	7	1	19
GDN 02	1		2	1	1	1	6
GDN 03	1	2	3	6	3		15
GDN 04	2	1	9	3	6	1	22
GDN 05	5		8	2	1	1	17
WBN 06	1	1	1	1	3	1	8
BNL 08	1		2	3	2		8
Total	13	6	30	18	23	5	95

Keterangann Penyebab Gangguan :

I1 = Komponen JTM a.1 pemutus / pelebur ,konektor,kawat,jumper ,ikatan isolator, kabel ,kontak sambungan, terminal kabel dimana ada unsur pengawasan atas kualitas pemasangan.

I2 = Pelatan JTM a.1 Isolator, cut out, pole swich, L arrester dimana lebih banyak unsur kualitas pabrikan.

E1 = Pohon.

E2 = Angin kencang ,hujan lebat, banjir, tanah longsor, gempa bumi kebakaran dan bencana alam lainnya.

E3 = Akibat pekerjaan pihak ke III atau akibat binatang dimana hal itu dapat dicegah.

E4 = Layang layang/umbul umbul dan penyebab external lainnya.

Dari data penyebab gangguan pada tabel 4.22 terdapat penyebab gangguan yang sering terjadi di setiap penyulang PT. PLN (persero) Rayon Sedayu sehingga mengakibatkan pemadaman listrik adalah gangguan JTM, alam, pihak ke3, dan pohon. Gangguan terbanyak dari gangguan-gangguan lainnya yaitu terjadi pada gangguan dengan kode E1 dimana jenis gangguan dikarenakan oleh pohon, untuk mengatasi gangguan tersebut yaitu dengan cara meningkatkan frekuensi untuk melakukan pemeliharaan seperti penebangan ranting pohon yang terdekat dengan saluran distribusi agar mencegah terjadinya hubung singkat dikarenakan ranting pohon menyentuh salah satu kabel distribusi sehingga mengakibatkan pemadaman listrik.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada SAIFI, SAIDI, ENS, AENS serta analisis keandalan sistem distribusi tenaga listrik di PT. PLN (persero) Rayon Sedayu dan Kerugian Finansial pada Usaha Kecil Menengah (UKM) di warnet G Nett Dusun Ngapak Godean, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI didapat nilai indeks keandalan setiap penyulang pada PT. PLN (persero) Rayon Sedayu sebagai berikut :
  - Nilai indek keandalan dari perhitungan SAIFI disetiap penyulang yaitu: pada penyulang GDN 01 sebesar 3,65 kali/pelanggan/tahun, GDN 02 sebesar 0,92 kali/pelanggan/tahun, GDN 03 sebesar 2,07 kali/pelanggan/tahun, GDN

04 sebesar 3,56 kali/pelanggan/tahun, GDN 05 sebesar 1,62 kali/pelanggan/tahun, WBN 06 sebesar 1,13 kali/pelanggan/tahun, dan BNL 08 sebesar 1,07 kali/pelanggan/tahun.

- Nilai indeks keandalan dari perhitungan SAIDI disetiap penyulang yaitu: pada penyulang GDN 01 sebesar 2,97 jam/pelanggan/tahun, GDN 02 sebesar 0,82 jam/pelanggan/tahun, GDN 03 sebesar 1,83 jam/pelanggan/tahun, GDN 04 sebesar 2,49 jam/pelanggan/tahun, GDN 05 sebesar 1,19 jam/pelanggan/tahun, WBN 06 sebesar 0,88 jam/pelanggan/tahun dan BNL 08 sebesar 0,84 jam/pelanggan/tahun.

2. Dari hasil perhitungan nilai indeks SAIFI dan SAIDI dilakukan perbandingan dengan nilai standar SPLN 68-2 : 1986 dan standar IEEE std 1366 – 2003 sebagai berikut :

- Untuk nilai indeks keandalan SAIFI pada sistem distribusi 20 kV PT. PLN (persero) Rayon Sedayu jika dibandingkan terhadap standar SPLN 68-2 : 1986 dengan nilai maksimal standar SAIFI sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun terdapat dua dari tujuh penyulang yang tidak memenuhi standar yaitu pada penyulang GDN 01 dan GDN 04 sehingga dua penyulang tersebut dikategorikan tidak handal. Untuk standar IEEE std 1366 – 2003 dengan nilai maksimal standar SAIFI sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun terdapat empat buah dari tujuh penyulang yang tidak memenuhi standar yaitu pada penyulang GDN 01, GDN 03, GDN 04 dan GDN 05 sehingga empat penyulang tersebut dikategorikan tidak handal karena memiliki nilai perhitungan SAIFI yang melebihi batas standar.

- Untuk nilai indeks keandalan SAIDI pada sistem distribusi 20 kV PT. PLN (persero) Rayon Sedayu jika dibandingkan terhadap standar SPLN 68-2 1986 dengan nilai maksimal standar SAIDI sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun semua penyulang dikategorikan handal karena nilai perhitungan SAIDI lebih kecil dibandingkan dengan nilai standar SPLN 68-2 1986. Sedangkan untuk standar IEEE std 1366-2003 dengan nilai maksimal standar SAIDI sebesar 2,30 jam/pelanggan/tahun terdapat dua dari tujuh penyulang yang tidak memenuhi standar yaitu pada penyulang GDN 01 dan GDN 04, sehingga dua penyulang tersebut dikategorikan tidak handal disebabkan besarnya nilai SAIDI tehitung melebihi standar IEEE std 1366-2003

3. Besarnya jumlah energi yang tidak tersalurkan akibat gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi 20 kV PT. PLN (persero) Rayon Sedayu tahun 2017, nilai ENS (*Energy Not Suplied*) pada penyulang GDN 01 yaitu sebesar 47.474 kWh dan nilai AENS (*Avarage Energi Not Suplied*) sebesar 2,308 kWh/pelanggan. Pada penyulang GDN 02 nilai ENS sebesar 24.734 kWh dan nilai AENS sebesar 1,513 kWh/pelanggan. Pada penyulang GDN 03 nilai ENS sebesar 44.579 kWh dan nilai AENS sebesar 3,007 kWh/pelanggan. Pada penyulang GDN 04 nilai ENS sebesar 47.908 kWh dan nilai AENS sebesar 4,913 kWh/pelanggan. Pada penyulang GDN 05 nilai ENS sebesar 40.715 kWh dan nilai AENS sebesar 3,990 kWh/pelanggan. Pada penyulang WBN 06 nilai ENS sebesar 36.215 kWh dan nilai AENS sebesar 2,698 kWh/pelanggan. Dan pada penyulang BNL 08 nilai ENS sebesar 27.366 kWh dan nilai AENS sebesar 1,905 kWh/pelanggan.

4. Berdasarkan perhitungan kerugian finansial pada Usaha Kecil Menengah (UKM) di warnet G Nett daerah Dusun Ngapak Godean yang disuplai oleh penyulang GDN 04 akibat terjadinya pemadaman listrik karena gangguan menyebabkan kerugian sebesar Rp. 1.668.730,- dengan diasumsikan komputer aktif semua.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adiba, F. A., Abidin, Z., & Suhariyanto, S. (2017). ANALISIS TATA LETAK RECLOSER MENGGUNAKAN METODE PENELITIAN STATISTIKA BEBAN DAN POPULASI GUNA MEMAKSIMALKAN KINERJA SISTEM. *Jurnal Teknika*, 9(2), 6.
- Arifani, N. I., & Winarno, H. (2013). Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV pada Penyulang Pandean Lamper 1, 5, 8, 9, 10 di GI Pandean Lamper. *GEMA TEKNOLOGI*, 17(3).
- Arifani, N. I., & Winarno, H. (2013). Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV pada Penyulang Pandean Lamper 1, 5, 8, 9, 10 di GI Pandean Lamper. *GEMA TEKNOLOGI*, 17(3).
- Erhaneli, E. (2016). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan Saidi Dan Saifi Pada Pt. Pln (Persero) Rayon Bagan Batu Tahun 2015. *Jurnal Teknik Elektro-Itp*, 5(2).
- Gerald, V., Hartati R. S., Weking A. I. (2009). Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik Pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial Gardu Induk Blimbing. *Jurnal* p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372.
- Hakiki, Aldina, 2017,” Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di Pt. Pln (Persero) Rayon Tegal Kota”, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Wicaksono, Haryo, 2017, “Analisis Keandalan Sistem Distribusi Energi Listrik Di Pt. Pln (Persero) Rayon Delanggu”, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Ikram, 2013,” SDTL Topologi Jaringan Listrik”, diakses pada tanggal 2 juni 2018 pukul 17.00 WIB, <https://goo.gl/FTKkBh>.
- Mulianda, A., Syahrizal, S., & Gapy, M. (2017). Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Banda Aceh Menggunakan Metode Section Technique. *Karya Ilmiah Mahasiswa Teknik Elektro*, 2(4).
- Perdana, W. P., Hasanah, R. N., & Dachlan, H. S. (2012). Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik Pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial Gardu Induk Blimbing. *Jurnal EECCIS*, 3(1), 6-12
- PT. PLN (Persero), 2010, Buku 1: Kriteria Desain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik, Jakarta.
- PT. PLN (Persero), 2010, Buku 3: Standar Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Tegangan Rendah., Jakarta.
- Rochman, Nur, 2017,” Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Menggunakan Metode *Reliability Index Assessment* Pada Penyulang Ktn 4 Gardu Induk Kentungan”, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Santoso, Muhammad, 2015, “Distribusi Tegangan Menengah”, Universitas Hasanuddin, diakses pada tanggal 2 juni 2018 pukul 16.00 WIB, dari <https://goo.gl/JHG8sh>.

Standar PLN (SPLN), 1985, 68-2: 1986, “Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua: Sistem Distribusi”, Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta.

Syahputra, Ramadoni, 2015, Buku Ajar “Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik”, LP3M UMY, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Suripto, Slamet, Tanpa Tahun, Buku Ajar “Dasar Sistem Tenaga”, Tanpa Penerbit, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Tribunsolo, 2016,” kerugian pln pada saat pemadaman listrik”  
, 20 juli 2018 pukul 22.00 WIB,  
<https://goo.gl/sxuycm>