

# Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik di PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV Kentungan

Rizki Ramadhan<sup>1</sup>, Slamet Hani<sup>2</sup>, dan Mujiman<sup>3</sup>

Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Sains & Teknologi AKPRIND

Kompleks Balapan Yogyakarta, Jalan Kalisahak No. 28, Klitren, Gondokusuman,  
Yogyakarta, Indonesia

Rizki\_ramadhan1995@yahoo.co.id<sup>1</sup>, shan.akprind@gmail.com<sup>2</sup>, mujiman@akprind.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRACT

*The increasing demand for power, requires an electric power system that has the reliability in the supply and distribution of power to a distribution network. In this research, the reliability calculation in the form of SAIFI, SAIDI and CAIDI at feeders in the substation Kentungan.*

*After the calculation, obtained SAIFI value on Rayon Sleman 2.86 times/customer/year, and Rayon Kalasan 2 times/customer/year. SAIFI value is said to be reliable according to SPLN No. 68-2 1986 which has a standard 3.2 times/customer/year. But for Rayon Yogya City 3.3 times/customer/year is said not reliable because it exceeds the standard set.*

*SAIDI value for the feeder substation Kentungan located in Sleman Rayon is 2.91 hours/customer/year, Rayon City Yogya is 4.62 hours/customer/year and Rayon Kalasan was 1.51 hours/customer/year. The value can be categorized very reliable because the value obtained is much smaller than the standard set by SPLN No. 68-2 1986 is SAIDI 21.09 hours/customer/year.*

**Keywords:** Reliability, SAIFI, SAIDI

## INTISARI

Semakin meningkatnya kebutuhan akan tenaga listrik, menuntut suatu sistem tenaga listrik yang mempunyai keandalan dalam penyediaan dan penyaluran dayanya pada suatu jaringan distribusi. Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan keandalan berupa SAIFI, SAIDI dan CAIDI pada penyulang di Gardu Induk Kentungan.

Setelah dilakukan perhitungan, didapat nilai SAIFI pada Rayon Sleman 2,86 kali/pelanggan/tahun, dan Rayon Kalasan 2 kali/pelanggan/tahun. Nilai SAIFI tersebut dikatakan handal menurut SPLN No 68-2 1986 yang memiliki standar 3,2 kali/pelanggan/tahun. Tetapi untuk Rayon Yogya Kota 3,3 kali/pelanggan/tahun dikatakan tidak handal karena melebihi standar yang ditetapkan.

Nilai SAIDI untuk penyulang Gardu Induk Kentungan yang berada di Rayon Sleman adalah 2,91 jam/pelanggan/tahun, Rayon Yogya Kota adalah 4,62 jam/pelanggan/tahun dan Rayon Kalasan adalah 1,51 jam/pelanggan/tahun. Nilai tersebut dapat dikategorikan sangat handal karena nilai yang didapat jauh lebih kecil dari standar yang ditetapkan oleh SPLN No 68-2 1986 yaitu SAIDI 21,09 jam/pelanggan/tahun.

**Kata Kunci:** Keandalan, SAIFI, SAIDI

## I. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya dunia teknologi baik di bidang industri, usaha, maupun rumah tangga yang mana hampir semua kebutuhan tersebut membutuhkan adanya daya listrik, maka PT. PLN (Persero) sebagai operator dan

pemasok utama energi listrik tentunya harus dapat memenuhi penyediaan kebutuhan tenaga listrik dengan pelayanan penyediaan tenaga listrik yang mempunyai tingkat keandalan sistem pendistribusian yang handal.

Keandalan sistem distribusi ialah suatu ukuran ketersediaan atau tingkan pelayanan penyedia tenaga listrik dari sistem ke pemakai. Ukuran keandalan dapat dinyatakan seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (restoration) (Hartati, 2007).

#### A. Indeks Keandalan

Keandalan dari pelayanan konsumen dapat dinyatakan dalam beberapa indeks yang biasanya digunakan untuk mengukur keandalan dari suatu sistem. Adapun indeks tersebut diantaranya:

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

$$SAIFI = \frac{\lambda_i \times N_i}{Nt} \quad (1)$$

Keterangan:

$\lambda_i$ = Angka kegagalan rata-rata atau frekuensi padam

$N_i$ = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban

$Nt$ = Jumlah konsumen yang dilayani

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

$$SAIDI = \frac{U_i \times N_i}{Nt} \quad (2)$$

Keterangan:

$U_i$ = Durasi gangguan

$N_i$ = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban

$Nt$ = Jumlah konsumen yang dilayani

3. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)

$$\begin{aligned} CAIDI &= \frac{\text{Jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah interupsi pelanggan}} \quad (3) \\ &= \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i \lambda_i} \end{aligned}$$

Keterangan:

$U_i$ = Durasi gangguan

$N_i$ = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban

$\lambda_i$ = Angka kegagalan rata-rata atau frekuensi padam

Indeks ini juga sama dengan perbandingan antara SAIDI dengan SAIFI, yaitu:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (4)$$

#### B. Standar Nilai Keandalan

1. Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68 - 2: 1986

Tabel 1. Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68-2: 1986

Indeks Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,2	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	21,09	Jam/pelanggan/tahun

2. Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE Std 1366-2003

Tabel 2. Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE Std 1366-2003

Indeks Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,45	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	2,30	Jam/pelanggan/tahun
CAIDI	1,47	Jam/tahun
ASAI	99,92	Persen

## II. METODOLOGI

### A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat pendukung yang digunakan untuk membantu dalam penyusunan laporan skripsi antara lain:

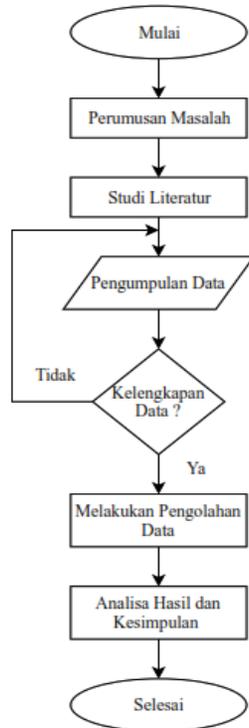
1. Satu unit laptop ACER dengan Intel Core i3
2. Satu set alat printer HP Deskjet 2545
3. Software Microsoft Office Excel 2016; digunakan untuk mengolah data.
4. Software Microsoft Office Word 2016; digunakan dalam penyusunan laporan skripsi.

2. Bahan

Bahan pendukung dalam penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini adalah berupa data-data yang dikumpulkan penulis antara lain:

1. Jumlah penyulang
2. Jumlah pelanggan tiap penyulang
3. Data gangguan pada penyulang

### B. Perancangan Sistem



Gambar 1. Flowchart Penelitian

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Jumlah Pelanggan Per Penyulang

Berikut ini adalah data jumlah pelanggan per penyulang di Gardu Induk 150 Kv Kentungan:

Tabel 3. Data Jumlah Pelanggan Tiap Penyulang di Gardu Induk Kentungan  
(Sumber: PT. PLN (Persero) APJ Yogyakarta)

No	Nama Penyulang	Wilayah/Rayon	Jumlah Pelanggan	Keterangan
1	KTN 01	Sleman, Kalasan	26.196	GI Kentungan mensuplay wilayah Kab. Sleman dan Kodya Yogyakarta bagian utara
2	KTN 02	Jogja Utara, Sleman	7.569	
3	KTN 03	Jogja Utara	8.622	
4	KTN 04	Sleman	9.074	
5	KTN 05	Sleman, Jogja Utara	10.067	
6	KTN 06	Sleman, Jogja	13.933	

		Utara	
7	KTN 07	Jogja Utara, Kalasan	6.269
8	KTN 08	Jogja Utara, Kalasan	7.815
9	KTN 09	Sleman	1.584
10	KTN 10	Sleman, Kalasan	21.926
11	KTN 11	Sleman, Kalasan	23.013
12	KTN 12	Jogja Utara	623
13	KTN 13	Sleman, Jogja Utara	10.186
14	KTN 14	Sleman, Kalasan	9.506
Total Jumlah Pelanggan			156.383

### B. Data Gangguan

Tabel 4. Data Gangguan Penyulang di Gardu Induk Kentungan Rayon Sleman

No	Nama Penyulang	Rayon	Waktu		Lama Padam (Menit)	Bulan
			Keluar	Masuk		
1	KTN 01	Sleman	15:14	16:10	56	Maret
2	KTN 01	Sleman	11:30	12:01	31	Maret
3	KTN 01	Sleman	9:17	10:38	81	Maret
4	KTN 01	Sleman	16:07	16:57	50	Agustus
5	KTN 01	Sleman	23:58	0:59	61	Agustus
6	KTN 01	Sleman	16:23	16:50	27	Desember
7	KTN 01	Sleman	14:30	14:39	9	Desember
8	KTN 04	Sleman	17:35	19:07	92	September
9	KTN 04	Sleman	9:44	10:56	72	Desember
10	KTN 04	Sleman	14:09	15:47	98	Desember
11	KTN 05	Sleman	9:55	11:22	87	Desember
12	KTN 06	Sleman	4:14	6:30	136	Maret
13	KTN 06	Sleman	9:55	11:32	97	Desember
14	KTN 09	Sleman	15:25	16:30	65	Maret
15	KTN 09	Sleman	9:14	10:20	66	Maret
16	KTN 09	Sleman	11:49	12:25	36	September
17	KTN 10	Sleman	5:36	6:21	45	Agustus
18	KTN 10	Sleman	16:15	16:19	4	November
19	KTN 10	Sleman	17:23	17:24	1	November
20	KTN 11	Sleman	11:30	11:38	8	Maret
21	KTN 11	Sleman	9:17	10:40	83	Maret
22	KTN 11	Sleman	17:58	18:06	8	Agustus
23	KTN 11	Sleman	16:07	16:19	12	Agustus

### C. Perhitungan dan Analisis SAIFI Rayon Sleman

1. Penyulang KTN 01

$$SAIFI = \frac{7 \times 26.196}{105.793} = 1,73 \text{ Kali/pelanggan/tahun}$$

2. Penyulang KTN 04

$$SAIFI = \frac{3 \times 9.074}{105.793} = 0,25 \text{ Kali/pelanggan/tahun}$$

3. Penyulang KTN 05

$$SAIFI = \frac{1 \times 10.067}{105.793}$$

$$= 0,09 \text{ Kali/pelanggan/tahun}$$

4. Penyulang KTN 06

$$SAIFI = \frac{2 \times 13.933}{105.793}$$

$$= 0,26 \text{ Kali/pelanggan/tahun}$$

5. Penyulang KTN 09

$$SAIFI = \frac{3 \times 1.584}{105.793}$$

$$= 0,04 \text{ Kali/pelanggan/tahun}$$

6. Penyulang KTN 10

$$SAIFI = \frac{3 \times 21.926}{105.793}$$

$$= 0,62 \text{ Kali/pelanggan/tahun}$$

7. Penyulang KTN 11

$$SAIFI = \frac{4 \times 23.013}{105.793}$$

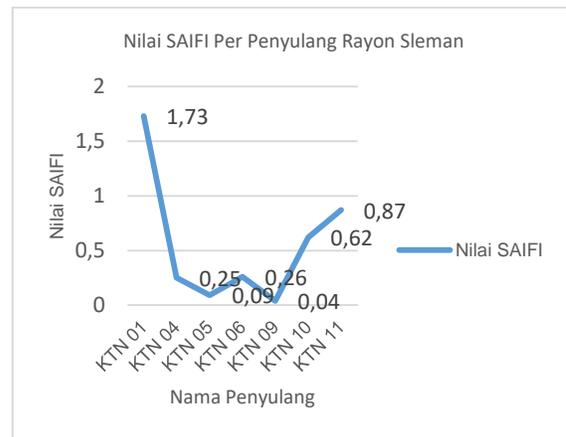
$$= 0,87 \text{ Kali/pelanggan/tahun}$$

Setelah dilakukan perhitungan SAIFI per penyulang, berikut ini adalah nilai total dari SAIFI pada Rayon Sleman.

Tabel 5. Total Nilai SAIFI Rayon Sleman

No	Nama Penyulang	Jumlah Angka Kegagalan (kali/tahun) ( $\sum \lambda_i$ )	Jumlah Pelanggan Penyulang ( $\sum Ni$ )	Jumlah Pelanggan Rayon ( $\sum Nt$ )	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)
1	KTN 01	7	2.6196	105.793	1,73
2	KTN 04	3	9.074	105.793	0,25
3	KTN 05	1	10.067	105.793	0,09
4	KTN 06	2	13.933	105.793	0,26
5	KTN 09	3	1.584	105.793	0,04
6	KTN 10	3	21.926	105.793	0,62
7	KTN 11	4	23.013	105.793	0,87
Total Nilai SAIFI Rayon Sleman					2,86

Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai SAIFI Penyulang Gardu Induk Kentungan pada Rayon Sleman ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Nilai SAIFI Pada Rayon Sleman

Penyulang yang paling banyak mengalami gangguan adalah KTN 01 yaitu sebanyak 7 kali dalam setahun. Dan yang paling sedikit mengalami gangguan adalah penyulang KTN 05 yaitu sebanyak 1 kali dalam setahun. Dari hasil perhitungan nilai total SAIFI pada penyulang Gardu Induk Kentungan Rayon Sleman adalah 2,86 kali/pelanggan/tahun, nilai SAIFI ini dapat dikategorikan handal menurut standar indeks SPLN No 68-2 1986 yaitu 3,2 kali/pelanggan/tahun. Tetapi jika menggunakan standar internasional IEEE std 1366-2003 yang memiliki standar 1,45 kali/pelanggan/tahun, total SAIFI pada penyulang di Rayon Sleman dikategorikan kurang handal.

#### D. Perhitungan dan Analisis SAIDI Rayon Sleman

1. Penyulang KTN 01

$$SAIDI = \frac{5,25 \times 26.196}{105.793}$$

$$= 1,30 \text{ Jam/pelanggan/tahun}$$

2. Penyulang KTN 04

$$SAIDI = \frac{4,36 \times 9.074}{105.793}$$

$$= 0,37 \text{ Jam/pelanggan/tahun}$$

3. Penyulang KTN 05  

$$SAIDI = \frac{1,45 \times 10.067}{105.793}$$

$$= 0,13 \text{ Jam/pelanggan/tahun}$$

4. Penyulang KTN 06  

$$SAIDI = \frac{3,88 \times 13.933}{105.793}$$

$$= 0,51 \text{ Jam/pelanggan/tahun}$$

5. Penyulang KTN 09  

$$SAIDI = \frac{2,78 \times 1.584}{105.793}$$

$$= 0,04 \text{ Jam/pelanggan/tahun}$$

6. Penyulang KTN 10  

$$SAIDI = \frac{0,8 \times 21.926}{105.793}$$

$$= 0,16 \text{ Jam/pelanggan/tahun}$$

7. Penyulang KTN 11  

$$SAIDI = \frac{1,85 \times 23.013}{105.793}$$

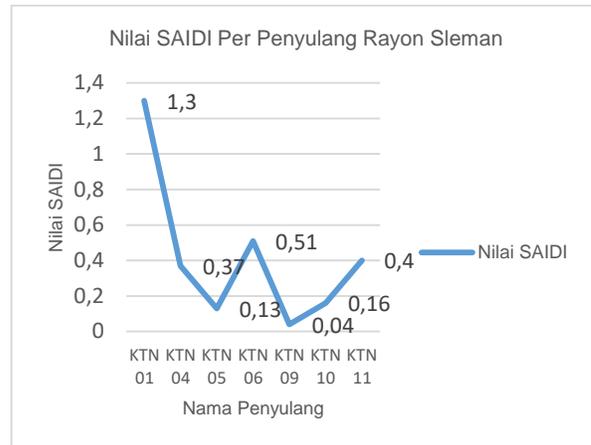
$$= 0,40 \text{ Jam/pelanggan/tahun}$$

Setelah dilakukan perhitungan SAIDI per penyulang, berikut ini adalah nilai total dari SAIDI pada Rayon Sleman.

Tabel 6 Total Nilai SAIDI Rayon Sleman

No	Nama Penyulang	Jumlah Durasi Gangguan (jam/tahun) ( $\sum U_i$ )	Jumlah Pelanggan Penyulang ( $\sum N_i$ )	Jumlah Pelanggan Rayon ( $\sum N_t$ )	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)
1	KTN 01	5,25	26.196	105.793	1,30
2	KTN 04	4,36	9.074	105.793	0,37
3	KTN 05	1,45	10.067	105.793	0,13
4	KTN 06	3,88	13.933	105.793	0,51
5	KTN 09	2,78	1.584	105.793	0,04
6	KTN 10	0,8	21.926	105.793	0,16
7	KTN 11	1,85	23.013	105.793	0,40
Total Nilai SAIDI Rayon Sleman					2,91

Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai SAIDI Penyulang Gardu Induk Kentungan pada Rayon Sleman ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Nilai SAIDI Pada Rayon Sleman

Penyulang yang paling lama mengalami gangguan adalah KTN 01 yaitu sebanyak 5,25 jam dalam setahun. Dan yang paling sedikit mengalami gangguan adalah penyulang KTN 10 yaitu 0,8 jam dalam setahun. Dari hasil perhitungan nilai total SAIDI pada penyulang Gardu Induk Kentungan Rayon Sleman adalah 2,91 jam/pelanggan/tahun, nilai SAIDI ini dapat dikategorikan sangat handal menurut standar indeks SPLN No 68-2 1986 yaitu 21,09 jam/pelanggan/tahun. Tetapi jika menggunakan standar internasional IEEE std 1366-2003 yang memiliki standar 2,3 jam/pelanggan/tahun, total SAIDI pada penyulang di Rayon Sleman dikategorikan kurang handal.

#### E. Perhitungan dan Analisis CAIDI Rayon Sleman

1. Penyulang KTN 01  

$$CAIDI = \frac{1,30}{1,73} = 0,75 \text{ Jam/tahun}$$

2. Penyulang KTN 04  

$$CAIDI = \frac{0,37}{0,25} = 1,48 \text{ Jam/tahun}$$

3. Penyulang KTN 05  

$$CAIDI = \frac{0,13}{0,09} = 1,44 \text{ Jam/tahun}$$

4. Penyulang KTN 06  

$$CAIDI = \frac{0,51}{0,26} = 1,96 \text{ Jam/tahun}$$

5. Penyulang KTN 09

$$CAIDI = \frac{0,04}{0,04} = 1 \text{ Jam/tahun}$$

6. Penyulang KTN 10

$$CAIDI = \frac{0,16}{0,62} = 0,16 \text{ Jam/tahun}$$

7. Penyulang KTN 11

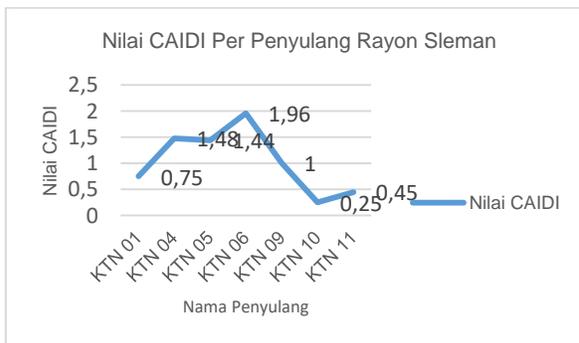
$$CAIDI = \frac{0,40}{0,87} = 0,45 \text{ Jam/tahun}$$

Setelah dilakukan perhitungan CAIDI per penyulang, berikut ini adalah nilai dari CAIDI pada Rayon Sleman.

Tabel 7. Nilai CAIDI Rayon Sleman

No	Nama Penyulang	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)	CAIDI (jam/tahun)
1	KTN 01	1,73	1,30	0,75
2	KTN 04	0,25	0,37	1,48
3	KTN 05	0,09	0,13	1,44
4	KTN 06	0,26	0,51	1,96
5	KTN 09	0,04	0,04	1
6	KTN 10	0,62	0,16	0,25
7	KTN 11	0,87	0,40	0,45

Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai CAIDI Penyulang Gardu Induk Kentungan pada Rayon Sleman ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai CAIDI Pada Rayon Sleman

Standar indeks nilai CAIDI yang digunakan adalah IEEE std 1366-2003 yaitu 1,47 jam/tahun. Penyulang di Gardu Induk Kentungan Rayon Sleman terdapat dua penyulang yang dikategorikan tidak handal yakni KTN 04 dan KTN 06. Sedangkan untuk

penyulang KTN 01, KTN 05, KTN 09, KTN 10 dan KTN 11 dapat dikategorikan handal.

#### IV. KESIMPULAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai SAIFI pada penyulang Gardu Induk Kentungan yang berada di wilayah Rayon Sleman adalah 2,86 kali/pelanggan/tahun dan Rayon Kalasan adalah 2 kali/pelanggan/tahun. Nilai tersebut dapat dikategorikan handal karena nilai indeks yang didapat lebih kecil dari standar nilai SAIFI menurut SPLN No 68-2 1986 yaitu SAIFI 3,2 kali/pelanggan/tahun. Sedangkan nilai SAIFI untuk Rayon Yogya Kota yaitu 3,3 kali/pelanggan tahun, nilai ini dikategorikan kurang handal karena nilai indeks yang didapat diatas standar yang ditetapkan.
2. Nilai SAIDI untuk penyulang Gardu Induk Kentungan yang berada di Rayon Sleman adalah 2,91 jam/pelanggan/tahun, Rayon Yogya Kota adalah 4,62 jam/pelanggan/tahun dan Rayon Kalasan adalah 1,51 jam/pelanggan/tahun. Nilai tersebut dapat dikategorikan sangat handal karena nilai yang didapat jauh lebih kecil dari standar yang ditetapkan oleh SPLN No 68-2 1986 yaitu SAIDI 21,09 jam/pelanggan/tahun.
3. Jika menggunakan standar internasional IEEE Std 1366-2003, yang memiliki standar SAIFI adalah 1,45 kali/pelanggan/tahun, dan nilai SAIDI adalah 2,30 jam/pelanggan/tahun. Maka nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang Gardu Induk Kentungan yang berdaa di wilayah Rayon Sleman, Rayon Yogya Kota dan Rayon Kalasan dikategorikan kurang handal.
4. Untuk memperbaiki tingkat keandalan penyulang adalah dengan meminimalkan gangguan yang terjadi baik gangguan yang berasal dari dalam sistem maupun dari luar sistem.
5. Gangguan-gangguan yang terjadi pada penyulang dapat mempengaruhi tingkat keandalan dari penyulang tersebut dan dapat mengganggu penyaluran listrik ke konsumen.

## B. Saran

1. PT. PLN (Persero) APJ Yogyakarta diharapkan untuk terus meningkatkan keandalan penyaluran energi listrik ke masyarakat.
2. Diperlukannya tindakan perbaikan dan perawatan pada penyulang-penyulang secara berkala untuk menunjang kontinuitas penyaluran energi listrik.

## V. UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam melakukan penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Amir Hamzah, M.T., selaku Rektor IST AKPRIND Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T., selaku Dekan FTI IST AKPRIND Yogyakarta.
3. Bapak Sigit Priyambodo, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta yang memberikan izin kepada penulis untuk belajar.
4. Bapak Slamet Hani, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, dan Bapak Mujiman, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pendamping, yang telah dengan penuh kesabaran dan ketulusan memberikan ilmu dan bimbingan terbaik kepada penulis.
5. Para Dosen Program Studi S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
6. Mas Ayup, selaku pembimbing pengambilan data di PT. PLN (Persero) APJ Yogyakarta.
7. Kedua orang tua, Bapak Suparmanto dan Ibu Supiyah yang telah memberikan doa, dukungan, dan semua yang telah diberikan kepada penulis baik moril maupun materi

## VI. DAFTAR PUSTAKA

Arifani, N. I. (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*.

- Erhanell. (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 ETP*.
- Fatoni, A. (2016). Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT. PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Anlysis). *Jurnal Teknik ITS*.
- Hartati, R. S. (2007). Penentuan Angka Keluar Peralatan Untuk Evaluasi Keandalan Sistem distribusi Tenaga Listrik. *Teknologi Elektro*.
- IEEE Std 1366-2003. (2003). *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reability Indices*. USA.
- Laksono, T. A. (2016). *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik di PT. PLN (Persero) UPJ Bantul*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Nurdiana, N. (2017). Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Gardu Induk Talang Ratu Palembang. *Jurnal Ampere*.
- Pabla. (1994). *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Perusahaan Umum Listrik Negara. (1986). *SPLN No 68-2: 1986 Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
- Rahmat, G. S. (2013). Evaluasi Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV di Surabaya Menggunakan Loop Restoration Scheme. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Santoso, R. (2016). Evaluasi Tingkat Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV pada Gardu Induk Bangkinang Dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis). *Jom FTEKNIK*.
- Suhadi dkk. (2008). *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid I*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Sukerayasa, W. (2007). Evaluasi Keandalan Penyulang Konfigurasi Radial dan Spindel. *Teknologi Elektro*.
- Suswanto, D. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang: Universitas Negeri Padang.

Syahputra, R. (2015). *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*. Yogyakarta: LP3M UMY.