

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI JARINGAN TEGANGAN
MENENGAH 20 kV DI PT.PLN (PERSERO) ULP KARANGANYAR**



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

Oleh:

ANDRIAN SHAIFUL ANWAR

D400160069

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI JARINGAN TEGANGAN
MENENGAH 20 kV DI PT.PLN (PERSERO) ULP KARANGANYAR**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

ANDRIAN SHAIFUL ANWAR

D400160069

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



cek pendataan
14/03/2020

AGUS SUPARDI, ST. MT.

NIK. 883

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI JARINGAN TEGANGAN
MENENGAH 20 kV DI PT.PLN (PERSERO) ULP KARANGANYAR

OLEH

ANDRIAN SHAIFUL ANWAR

D400160069

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 27 April 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

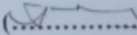
Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, ST.MT
(Ketua Dewan Penguji)



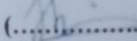
(.....)

2. Ir. Jatmiko, MT
(Anggota I Dewan Penguji)




(.....)

3. Hasyim Asy'ari, ST.MT
(Anggota II Dewan Penguji)



(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.,IPM
NIK/NIDI : 0630126302



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 27 April 2020

Penulis



ANDRIAN SHAIFUL ANWAR

D400160069

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 kV DI
PT.PLN (PERSERO) ULP KARANGANYAR

Abstrak

Berdasarkan hasil magang di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Karanganyar, sering terjadi pemadaman yang mengakibatkan banyak keluhan dari pelanggan. Hal ini disebabkan ketidaktepatan waktu yang di prediksi PLN dengan keadaan di lapangan. Ukuran keandalan suatu sistem dapat dinyatakan dengan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*). Tujuan penelitian ini untuk menganalisis keandalan sistem distribusi tenaga listrik di PT. PLN (Persero) ULP Karanganyar menurut indeks keandalan SAIDI dan SAIFI dengan menggunakan data gangguan distribusi yang terjadi selama tahun 2019. Adapun langkah yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan data pemadaman, dan data pelanggan yang diperoleh di PT. PLN (Persero) ULP Karanganyar. Setelah dilakukan perhitungan dan perbandingan indeks SAIFI dan SAIDI, maka setiap penyulang di ULP Karanganyar bisa dikatakan andal menurut standar SPLN 68 – 2 : 1986 karena nilainya masih di bawah batas maksimum. Menurut IEEE std 1366 – 2003, hanya penyulang PLR.14 yang dikatakan kurang andal karena nilai SAIFI melebihi batas yang ditentukan IEEE yakni 1,800 kali/pelanggan/tahun. Berdasarkan standar IEEE untuk SAIDI penyulang dikatakan kurang andal karena nilainya melebihi standar yaitu PLR.12 sebesar 2,590 jam/pelanggan/tahun dan PLR.14 sebesar 5,221 jam/pelanggan/tahun. Kemudian menurut standar indeks keandalan WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) yakni PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan kelas dunia, nilai total SAIDI dan SAIFI pada penyulang ULP Karanganyar dikatakan kurang karena nilainya melebihi batas maksimum yang ditetapkan yakni 3 jam/pelanggan dan 1,666 jam/pelanggan.

Kata Kunci: distribusi, keandalan, SAIDI, SAIFI

Abstract

Based on the results of the internship at PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Karanganyar, frequent blackouts have resulted in many complaints from customers. This is due to the inaccuracy predicted by PLN with the situation on the ground. Measuring the reliability of a system can be stated by SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) and SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*). The purpose of this study was to analyze the reliability of the electric power distribution system at PT. PLN (Persero) ULP Karanganyar according to the SAIDI and SAIFI reliability indexes using distribution disruption data that occurred during 2019. The steps taken were to collect blackout data, and customer data obtained at PT. PLN (Persero) ULP Karanganyar. After calculating and comparing the SAIFI and SAIDI indexes, each feeder in Karanganyar ULP can be said to be reliable according to the SPLN 68-2: 1986 standard because the value is still below the maximum limit. According to IEEE std 1366 - 2003, only PLR.14 feeders are said to be less reliable because the SAIFI value exceeds the limits specified by IEEE of 1,800 times / customer / year. Based on IEEE standard for SAIDI, feeders are said to be less reliable because the value exceeds the standard, namely PLR.12 of 2,590 hours / customer / year and PLR.14 of 5,221 hours / customer / year. Then according to the WCS (*World Class Service*) and WCC (*World Class Company*) reliability index standards namely PT. PLN (Persero) as a world class company, the total value of SAIDI and SAIFI on the Karanganyar ULP feeder is said to be lacking because the value exceeds the maximum limit set of 3 hours / customer and 1,666 hours / customer.

Keywords: distribution, reliability, SAIDI, SAIFI

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Sistem distribusi menerima daya dari jalur pengiriman dan diturunkan voltasenya dengan transformator daya (Brown, 2009). Dalam bidang distribusi keandalan jaringan harus ditingkatkan agar dapat mengurangi permasalahan yang dikeluhkan oleh para konsumen (pelanggan).

Permasalahan pada distribusi tenaga listrik yang paling mendasar adalah pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan. Penggunaan evaluasi keandalan sistem pada jaringan distribusi 20 kV merupakan salah satu faktor penting untuk menentukan segala langkah yang menjamin penanganan secara benar serta permasalahan yang mendasar pada jaringan tersebut, sehingga dapat diantisipasi terjadinya gangguan distribusi yang disebabkan karena menurunnya tingkat keandalan.

Kualitas keandalan distribusi tergantung pada mutu pelayanan yang dikeluhkan pelanggan dan peralatan pengaman yang digunakan saat menangani sebuah permasalahan khususnya di Unit Layanan Pelanggan (ULP). Jaringan dikatakan andal apabila jaringan tersebut frekuensi pemadamannya rendah dan mutu tegangannya optimal (sesuai standar).

Mutu pelayanan antara lain tergantung dari lamanya pemadaman dan frekuensi pemadaman yang terjadi, pelayanan yang dimaksud adalah pelayanan teknis yang mampu memberikan aliran energi listrik dengan daya yang mencukupi dan cepat dalam menangani saat terjadi gangguan. Kontinuitas pelayanan pada jaringan listrik berdasarkan banyaknya keluhan dari para pelanggan mengenai sering terjadinya pemadaman dan durasi waktu pemadaman (Saodah, 2008). Terdapat beberapa indeks yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan pelayanan berdasarkan berapa lama terjadi pemadaman selama setahun atau dikenal sebagai SAIDI dan berapa sering (frekuensi) terjadinya pemadaman selama setahun atau dikenal sebagai SAIFI.

Frekuensi pemadaman dan lamanya padam merupakan mutu pelayanan yang dirasakan jelas oleh pelanggan. Banyak keluhan yang diterima PT. PLN (Persero) ULP Karanganyar karena seringnya terjadi pemadaman dan durasi pemadaman yang lama. Dalam penelitian ini akan dibahas tentang ukuran keandalan suatu sistem yang dapat dinyatakan dengan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) yaitu seberapa sering sistem mengalami pemadaman dan berapa lama pemadaman terjadi dalam rentang waktu tertentu.

2. METODE

2.1 Jenis Penelitian

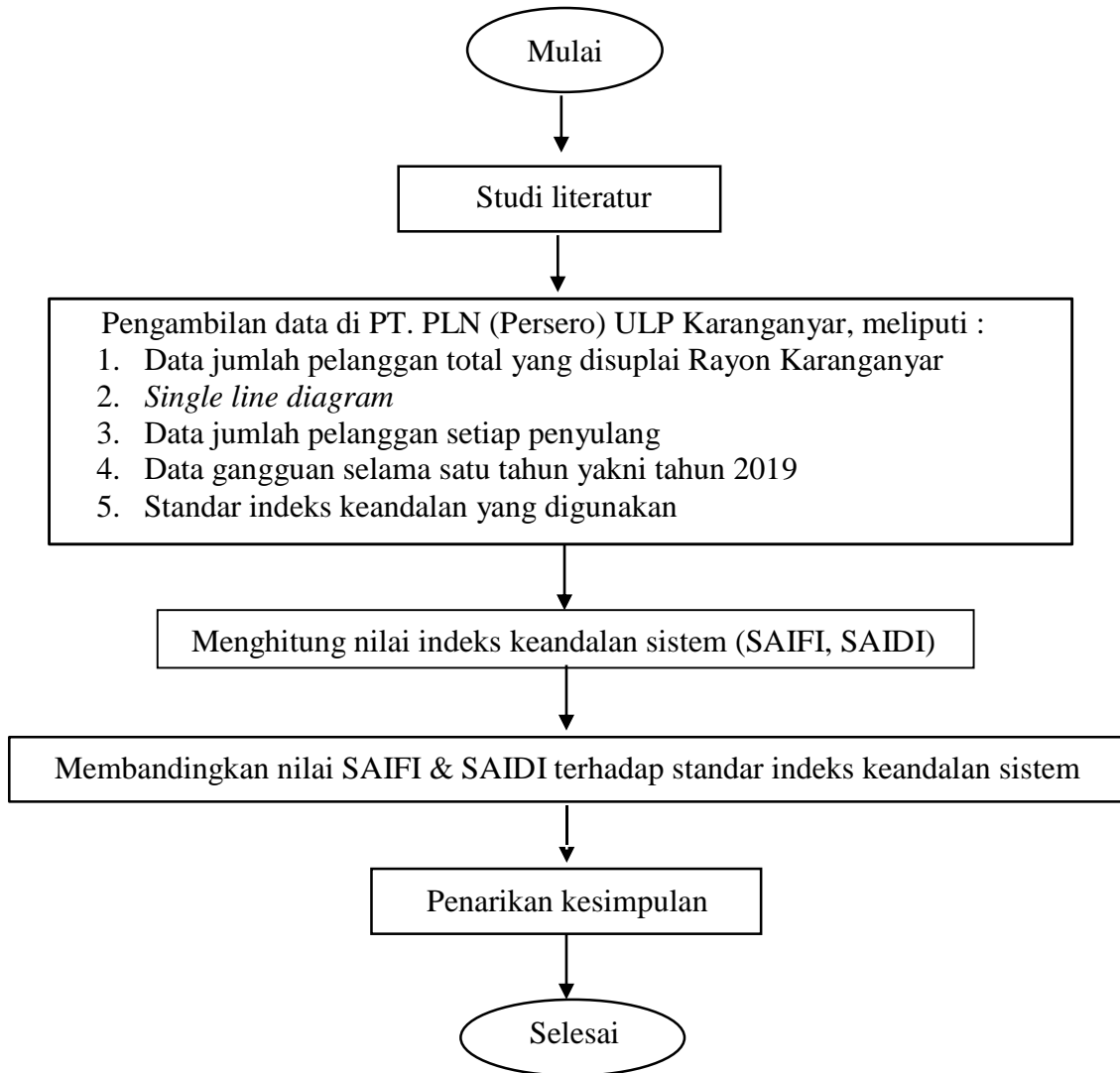
Jenis penelitian ini adalah *study literature* dari berbagai jurnal referensi dan dilanjutkan dengan pengambilan data di PT. PLN (Persero) ULP Karanganyar. Data-data yang dibutuhkan untuk menghitung keandalan unit layanan pelanggan antara lain data jumlah pelanggan yang ada di wilayah ULP Karanganyar, *single line diagram*, data jumlah pelanggan setiap penyulang dan data gangguan selama satu tahun. Setelah menghitung nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar SPLN 68 – 2 :1986, IEEE std 1366 – 2003, WCS (*World Class Service*) & WCC (*World Class Company*) untuk mengetahui tingkat keandalannya.

2.2 Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilakukan di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Karanganyar pada Tahun 2019. Data yang diperoleh merupakan hasil pencatatan data bulanan pada tahun 2019 dari PT PLN (Persero) ULP Karanganyar.

2.3 Desain Penelitian

Pada penelitian ini, ada beberapa tahap yang dilakukan secara sistematis, dimulai dari studi literatur sehingga mendapatkan hasil yang diinginkan, secara singkat tahapan penelitian dapat digambarkan dalam diagram alir berikut:



Gambar 1 Diagram alir mekanisme penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Jumlah Pelanggan setiap Penyulang di ULP Karanganyar

Berikut adalah data nama penyulang dan jumlah pelanggan yang berada di PT. PLN (persero) ULP Karanganyar. Data penyulang di ULP Karanganyar terdapat 04 penyulang dan jumlah pelanggan total dari masing-masing penyulang adalah

Tabel 1 Data pelanggan setiap penyulang

No	Penyulang	Jumlah Pelanggan
1	MSR. 01	19.212
2	PLR. 04	464
3	PLR. 12	27.121
4	PLR. 14	45.626
5	PLR. 16	34.288
Total		126.711

3.2 Frekuensi Gangguan dan Lama Pemadaman setiap Penyulang ULP Karanganyar

Frekuensi penyulang yang mengalami pemadaman selama tahun 2019, meliputi : data tanggal pemadaman dan waktu penyulang padam. Lama penyulang padam diperoleh dari selisih waktu nyala kembali dan waktu penyulang padam dalam satuan waktu menit.

Tabel 2 Frekuensi gangguan dan lama pemadaman

No	Penyulang	Tanggal	Jam Padam	Jam Nyala	Lama Padam (menit)
1	MSR.01	26 Juni 2019	10.20	12.15	155
2	MSR.01	12 Maret 2019	08.30	11.40	190
3	PLR.04	27 November 2019	09.20	11.30	130
4	PLR.12	12 Januari 2019	13.00	15.00	120
5	PLR.12	06 Maret 2019	10.00	13.20	200
6	PLR.12	10 April 2019	11.00	14.30	210
7	PLR.12	18 Juni 2019	09.25	12.00	195
8	PLR.14	14 November 2019	10.30	14.25	275
9	PLR.14	07 Februari 2019	13.00	15.20	140
10	PLR.14	05 Mei 2019	14.15	17.00	195
11	PLR.14	27 Agustus 2019	09.00	11.15	135
12	PLR.14	22 Januari 2019	12.40	14.45	125
13	PLR.16	07 Desember 2019	07.45	10.00	225
14	PLR.16	19 Juli 2019	10.20	12.30	130
15	PLR.16	03 Oktober 2019	08.00	10.00	120

3.3 Perhitungan Indeks Keandalan SAIFI Penyulang ULP Karanganyar

Berikut hasil perhitungan indeks keandalan SAIFI setiap penyulang ULP Karanganyar pada tahun 2019. Indeks SAIFI diperoleh dari jumlah pemadaman pada setiap penyulang, pelanggan setiap penyulang dan total keseluruhan pelanggan yang ada di ULP Karanganyar.

Nilai perhitungan SAIFI diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_t} \quad (1)$$

keterangan :

λ_i = Frekuensi gangguan

N_i = Jumlah pelanggan per penyulang yang padam

N_t = Jumlah total pelanggan yang dilayani

Menghitung nilai SAIFI pada penyulang MSR.01 :

$$\begin{aligned} SAIFI \text{ MSR. 01} &= \frac{2 \times 19.212}{126.711} \\ &= 0,303 \text{ kali/pelanggan/tahun} \end{aligned}$$

Tabel 3 Perhitungan indeks keandalan SAIFI

No	Penyulang	Frekuensi Padam	Pelanggan	SAIFI
1	MSR.01	2	19.212	0,303
2	PLR.04	1	464	0,003
3	PLR.12	4	27.121	0,856
4	PLR.14	5	45.626	1,800
5	PLR.16	3	34.288	0,811
Total			126.711	3,773

Selanjutnya, nilai SAIFI PLR.04, PLR.12, PLR.14, PLR.16 dihitung dengan cara yang sama, kemudian hasil SAIFI dari setiap penyulang dijumlahkan untuk mendapatkan total SAIFI pada semua penyulang di ULP Karanganyar. Berdasarkan perhitungan tabel 3 diatas, didapatkan nilai SAIFI total 3,773 kali/pelanggan/tahun.

Nilai SAIFI masing- masing penyulang di ULP Karanganyar dapat dikatakan andal dikarenakan nilainya tidak melebihi batas standar yang ditetapkan PLN pada SPLN 68 – 2 : 1986 yakni 3,2 kali/pelanggan/tahun. Menurut IEEE std 1366 – 2003 indeks keandalan yang ditetapkan sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun, berdasarkan ketentuan tersebut hanya penyulang PLR.14 yang dikatakan kurang andal karena nilainya melebihi standar yaitu 1,800 kali/pelanggan/tahun. Menurut

nilai indeks keandalan WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) keandalan sistem distribusi ULP Karanganyar dikatakan kurang andal yaitu memiliki indeks total SAIFI sebesar 3,773 kali/pelanggan/tahun.

3.4 Perhitungan Nilai Indeks Keandalan SAIDI ULP Karanganyar

Tabel 4 adalah hasil ringkasan perhitungan nilai indeks keandalan SAIDI di ULP Karanganyar tahun 2019. Nilai SAIDI didapatkan dari durasi penyulang yang padam dalam satuan waktu jam, pelanggan setiap penyulang dan jumlah total pelanggan yang dilayani oleh ULP Karanganyar.

Nilai perhitungan SAIDI diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{N_t} \quad (2)$$

keterangan :

U_i = Durasi pemadaman

N_i = Jumlah pelanggan per penyulang yang padam

N_t = Jumlah total pelanggan yang dilayani

Menghitung nilai SAIDI pada penyulang MSR.01 :

$$\begin{aligned} SAIDI \text{ MSR.01} &= \frac{5,75 \times 19.212}{126.711} \\ &= 0,872 \text{ jam/pelanggan/tahun} \end{aligned}$$

Tabel 4 Perhitungan nilai indeks keandalan SAIDI

No	Penyulang	Pelanggan	Lama padam (jam)	Lama padam (menit)	SAIDI
1	MSR. 01	19.212	5,75	345	0,872
2	PLR. 04	464	2,17	130	0,008
3	PLR. 12	27.121	12,1	725	2,590
4	PLR. 14	45.626	14,5	870	5,221
5	PLR. 16	34.288	7,92	475	2,143
Total		126.711	42,44	2.545	10,834

Selanjutnya, nilai SAIDI PLR.04, PLR.12, PLR.14, PLR.16 dihitung dengan cara yang sama, kemudian hasil SAIDI dari setiap penyulang dijumlahkan untuk mendapatkan total SAIDI pada semua penyulang di ULP Karanganyar. Berdasarkan perhitungan tabel 4 didapatkan nilai SAIDI total 10,834 jam/pelanggan/tahun.

Nilai SAIDI masing- masing penyulang di ULP Karanganyar dapat dikatakan andal dikarenakan nilainya tidak melebihi batas standar yang ditetapkan PLN pada SPLN 68 – 2 : 1986 yakni 21,09 jam/pelanggan/tahun. Menurut IEEE std 1366 – 2003 indeks keandalan yang ditetapkan sebesar 2,3 jam/pelanggan/tahun, berdasarkan ketentuan tersebut penyulang PLR.12 dan PLR.14 yang dikatakan kurang andal karena nilainya melebihi standar yaitu 2,590 jam/pelanggan/tahun dan 5,221 jam/pelanggan/tahun. Menurut nilai indeks keandalan WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) keandalan sistem distribusi ULP Karanganyar dikatakan kurang andal yaitu memiliki indeks total SAIFI sebesar 10,827 jam/pelanggan/tahun.

3.5 Analisis Nilai Indeks Keandalan SAIFI dan SAIDI di ULP Karanganyar

Tabel 5 Perbandingan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI menurut standar yang ditetapkan

No	Penyulang	Nilai SAIFI	Nilai SAIDI	SPLN		IEEE		WCC&WCS	
				SAIFI 3,2 k/p/th	SAIDI 21,09 j/p/th	SAIFI 1,45 k/p/th	SAIDI 2,3 j/p/th	SAIFI 3 k/p/th	SAIDI 1,666 j/p/th
1	MSR. 01	0,303	0,872	V	V	V	V		
2	PLR. 04	0,003	0,008	V	V	V	V		
3	PLR. 12	0,856	2,590	V	V	V	X		
4	PLR. 14	1,800	5,221	V	V	X	X		
5	PLR. 16	0,811	2,143	V	V	V	V		
Total		3,773	10,834	-	-	-	-	X	X

Keterangan:

k/p/th = kali/pelanggan/tahun

j/p/th = jam/pelanggan/tahun

V = Andal

X = Tidak andal

- = Tidak ada

Setelah dilakukan perhitungan dan perbandingan indeks SAIFI dan SAIDI, setiap penyulang di ULP Karanganyar bisa dikatakan andal menurut standar SPLN 68 – 2 : 1986 karena nilainya masih di bawah batas maksimum. Menurut IEEE std 1366 – 2003, hanya penyulang PLR.14 yang dikatakan kurang andal karena nilai SAIFI melebihi batas yang ditentukan IEEE yakni 1,800 kali/pelanggan/tahun. Berdasarkan standar IEEE untuk SAIDI penyulang dikatakan kurang andal

karena nilainya melebihi standar yaitu PLR.12 sebesar 2,590 jam/pelanggan/tahun dan PLR.14 sebesar 5,221 jam/pelanggan/tahun. Kemudian menurut standar indeks keandalan WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) yakni PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan kelas dunia, nilai total SAIDI pada penyulang ULP Karanganyar dikatakan kurang andal, sedangkan untuk SAIFI menurut WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) dikatakan kurang andal.

4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian keandalan sistem distribusi di PT.PLN (Persero)ULP Karanganyar dapat di simpulkan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI, maka setiap penyulang di ULP Karanganyar dikatakan andal menurut standar dari SPLN 68 – 2 : 1986 karena nilainya masih di bawah batas maksimum yang ditetapkan yakni SAIFI 3,2 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI 21,09 jam/pelanggan/tahun.
- 2) Berdasarkan perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI, nilai SAIFI pada penyulang PLR.14 dikategorikan tidak andal menurut standar IEEE std 1366 – 2003 yakni mencapai 1,800 kali/pelanggan/tahun karena nilainya melebihi 1,45 kali/pelanggan/tahun. Untuk SAIDI dikatakan kurang andal karena nilainya yang melebihi standar adalah PLR.12 sebesar 2.590 jam/pelanggan/tahun dan PLR.15 sebesar 5,221 jam/pelanggan/tahun.
- 3) Berdasarkan perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI menurut standar indeks keandalan WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) yakni PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan kelas dunia, nilai total SAIDI dan SAIFI pada penyulang ULP Karanganyar dikatakan kurang andal karena nilainya melebihi batas maksimum yang ditetapkan yakni 3 jam/pelanggan dan 1,666 jam/pelanggan.

PERSANTUNAN

Tugas akhir yang dikerjakan ini, tidak lepas dari berbagai pihak yang membantu. Penulis berterimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan hidayah, rahmat serta inayah-Nya.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan nasihat dan do'a.
3. Keluarga yang telah memberikan semangat dan do'a.
3. Bapak Agus Supardi ST, MT selaku pembimbing tugas akhir yang sudah memberikan arahan dan ilmunya terkait tugas akhir.
4. Bapak Kurniawan selaku supervesior dan bapak Suwandi selaku kepala teknik PT. PLN (Persero)ULP yang membantu mencarikan dan memberi data serta ilmunya.

5. Semua bapak dan ibu dosen Teknik elektro yang telah memberikan ilmunya selama perkuliahan.
6. Teman-teman teknik elektro angkatan 2016 yang selalu memberikan semangat untuk segera menyelesaikan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Akintola, Adebisi Ayodeji (2017). "Reliability Evaluation of Secondary Distribution System in Nigeria: A Case Study Of Ayetoro I Substation, Aguda, Lagos State". Department of Electrical and Information Engineering, College of Engineering, Covenant University, Ota, Ogun State, Nigeria.
- Erhaneli (2015). "*Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Indeks Keandalan Saidi Dan Saifi Pada Pt.Pln (Persero) Rayon Bagan Batu*". Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Padang.
- E. Brown, Richard (2009). "*Electric Power Distribution Reliability*". Taylor & Francis Group.
- Gonen, Turan (2014). "*Electric Power Distribution Engineering*". Taylor & Francis Group.
- IEEE std 1366-2003. (2003). *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*. USA
- Muntasyir, Muhammad Wahid (2018). "*Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Pada PT. PLN Rayon Palur*". Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik , Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- P. U. Okorie, A. I. Abdu (2015). "*Reliability Evaluation of Power Distribution Network System in Kano Metropolis of Nigeria. International Journal of Electrical and Electronic Science*".
- Salim, Muhammad Agus (2016). "*Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan Mutu Pelayanan*". Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Saodah, Siti (2008). "*Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI Dan SAIFI*". Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional.