

Naskah Publikasi

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK
(STUDI KASUS PADA GARDU INDUK WATES TAHUN 2017)**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1
Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun oleh :
DENY NOPRIYANTO
20120120023**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2018**

**Analysis of the Realibility of Electrical Power Distribution System
(Case Study: Wates Substation in 2017)**

**Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik
(Studi Kasus pada Gardu Induk Wates Tahun 2017)**

Deny Nopriyanto¹, Slamet Suropto², Rahmat Adiprasetya A.H³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro FT UMY, ²Dosen Program Studi
Teknik Elektro FT UMY, ³Dosen Program Studi Teknik Elektro FT UMY

ABSTRAK

Electrical energy is one of the most important and almost inseparable needs of human life today. Every year there is always an increase in electricity demand due to an increase in people's lives, this increase must be accompanied by good and reliable electricity distribution services.

In the operation of a network system, reliability distribution is the success rate of a system to carry out continuous distribution to customers. This study aims to analyze the reliability of the electric power distribution system at the Wates Substation in 2017. The parameters used to determine the reliability of this distribution system are SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index), CAIDI (Costumer Average Interruption Duration Index), ASAI (Average Service Availability Index), and ASUI (Average In-dex Unavailability Service). Then compare the reliability index values that are in accordance with the standards used, namely the SPLN standard 68-2 1986, the IEEE standard 1366-2003 and the World Class Company (WCC) & World Class Service (WCS) standards. In this study also performed ENS (Energy Not Supplied) calculations to find out the amount of energy not channeled which is a loss for suppliers, namely PT. PLN.

Based on the calculation and reliability index analysis that has been done, the results show that, based on the SPLN standard 68-2 1986, the SAIFI value for all feeders is said to be less reliable because it is larger than the standard, namely 3.2 times / customer / year. The SAIDI value for all feeders is categorized as reliable because it is smaller than the standard 21.9 hours / customer / year. Whereas based on the IEEE standards 1366-2003 and World Class Company (WCC) & World Class Service (WCS) standards the value of SAIFI and SAIDI for all feeders of the Wates Substation was declared less reliable. Losses that cannot be channeled based on ENS are 307,699 KVAh. To increase the value of reliability, repairs and maintenance are needed.

Keywords: Reliability, SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, ASUI, ENS

INTISARI

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting dan hampir tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia saat ini. Setiap tahun selalu terjadi peningkatan kebutuhan listrik akibat peningkatan kehidupan masyarakat, peningkatan ini harus dibarengi oleh pelayanan penyaluran energi listrik yang baik dan handal.

Dalam pengoperasian sistem jaringan distribusi keandalan merupakan tingkat keberhasilan suatu sistem melakukan pendistribusian secara berkelanjutan kepada pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa keandalan sistem distribusi tenaga listrik pada Gardu Induk Wates tahun 2017. Parameter yang digunakan dalam mengetahui keandalan pada sistem distribusi ini yaitu SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index), CAIDI (*Costumer Average Interruption Duration Index*), ASAI (*Average Service Availability Index*), dan ASUI (*Average Service Unavailability In-dex*). Kemudian membandingkan nilai indeks keandalan yang sesuai dengan standar yang digunakan yaitu standar SPLN 68-2 1986, standar IEEE std 1366-2003 dan standar World Class Company (WCC) & World Class Service (WCS). Dalam penelitian ini juga dilakukan perhitungan ENS (*Energy Not Supplied*) untuk mengetahui besar energi tidak tersalurkan yang merupakan kerugian bagi penyalur yaitu PT. PLN.

Berdasarkan perhitungan dan analisis indeks keandalan yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa, berdasarkan standar SPLN 68-2 1986 nilai SAIFI pada semua penyulang dikatakan kurang handal karena lebih besar dari standar yaitu 3,2 kali/pelanggan /tahun. Nilai SAIDI pada semua penyulang dikategorikan handal karena lebih kecil dari standar 21,9 jam/pelanggan/tahun. Sedangkan berdasarkan standar IEEE std 1366-2003 dan standar World Class Company (WCC) & World Class Service (WCS) nilai SAIFI dan SAIDI pada semua penyulang Gardu Induk Wates dinyatakan kurang handal. Kerugian yang tidak dapat disalurkan berdasarkan ENS adalah sebesar 307.699 KVAh. Untuk meningkatkan nilai keandalan diperlukan adanya perbaikan dan pemeliharaan.

Kata kunci: Keandalan, SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, ASUI, ENS

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia khususnya dan dunia pada umumnya terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat serta pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat.

Dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik, perlu diimbangi dengan peningkatan pembangkit energi listrik dengan infrastruktur dan kemampuan distribusi yang andal, sehingga penyaluran energi listrik ke pelanggan berjalan lancar dengan kualitas penyaluran energi listrik yang memenuhi standar. Keandalan ini biasanya dapat dilihat dari sejauh mana suplai energi listrik bisa memenuhi kebutuhan pelanggan secara kontinu dalam satu tahun. Permasalahan yang paling mendasar dari sudut pandang pelanggan terletak pada mutu, kontinuitas dan keandalan sistem distribusi energi listrik. Menurut Pabla (1986) dalam bukunya yang berjudul *Sistem distribusi daya listrik*, pada proses penyaluran energi listrik secara garis besar dibagi menjadi tiga bagian, yaitu pembangkit listrik,

jaringan transmisi dan jaringan distribusi. Jaringan distribusi inilah yang berperan untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke konsumen secara terus-menerus. Faktor usia dan gangguan-gangguan pada jaringan distribusi berpengaruh langsung kepada para pelanggan. Sebanyak 90% dari terputusnya aliran listrik ke pelanggan berasal dari jaringan distribusi. Jaringan distribusi lebih rawan terkena gangguan jika dibandingkan dengan pembangkit dan jaringan transmisi.¹

Kualitas energi listrik yang diterima konsumen sangat dipengaruhi oleh sistem pendistribusiannya. Untuk itu diperlukan sistem distribusi energi listrik dengan keandalan yang tinggi. Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan / tingkat pelayanan penyediaan energi listrik dari sistem ke pelanggan. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi. Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan energi listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang

¹ A. S. Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1994.

mempunyai keandalan rendah dilihat bila tingkat ketersediaan energinya rendah yaitu sering padam.

Adapun beberapa indeks yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan sistem jaringan distribusi adalah indeks yang berorientasi pelanggan seperti metode SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), CAIDI (*Costumer Average Interruption Duration Index*), ASAI (*Average Service Availability Index*), dan ASUI (*Average Service Unavailability Index*) serta indeks ENS (*Energy Not Supplied*). Dengan pendekatan ini penyaluran energi listrik akan dinilai baik apabila frekuensi pemadaman yang terjadi sekecil-kecilnya dan durasi pemadaman secepat mungkin.

Adanya kasus pemadaman listrik wilayah kerja gardu induk Wates seperti diberitakan oleh KRjogja.com pada 20 Desember 2016 bahwa warga pedukuhan Beji kelurahan Wates kabupaten Kulon Progo mengeluhkan selama November sampai Desember tercatat sudah 13 kali listrik mati di daerah tersebut, yang disampaikan oleh Apriyanto, Ketua RT 3 Beji, kepada wartawan di Media Center

(MC) Bagian Hubungan Masyarakat (Humas) Pemkab Kulonprogo.² Serta berita oleh kulonprogo.sorot.co pada 2 November 2017 bahwa Pengelola obyek wisata Kalibiru Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, mengeluhkan terjadinya pemadaman listrik yang dalam sebulan bisa lebih dari 35 kali.³

Sawegu (2009) pada penelitiannya mengenai Evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik, Studi kasus pada PT. PLN Cabang Jayapura. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa indeks keandalan realisasi operasi untuk SAIFI ; 5.65118 kali/pelanggan/tahun, lebih baik dari target yaitu : 10.9169 kali/pelanggan / tahun sehingga dapat dikategorikan andal. Sedangkan realisasi operasi untuk SAIDI : 14.01678 jam/pelanggan/tahun, lebih buruk dari target yaitu: 6.7811 jam/pelanggan/tahun sehingga dapat dikategorikan kurang andal.⁴

METODE

Pada penelitian tugas akhir ini data yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari sumbernya melainkan dari suatu lembaga dalam hal ini yang bertanggung jawab adalah

² D. Widiyanto, "Warga Keluhkan Listrik Byar-Pet," *krjogja.com*, 2016.

³ B. Bharata, "Keseringan Byar Pet, Pengelola Kalibiru Keluhkan Pemadaman Listrik," *kulonprogo.sorot.co*, 2017.

⁴ O. M. Sawegu, "Evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik :: Studi kasus pada PT. PLN Cabang Jayapura," 2009.

Kantor PLN Area Yogyakarta yang berlokasi di Jalan Gedongkuning No.3 Banguntapan, Yogyakarta. Tujuan dari pengambilan data ini adalah untuk memperoleh data yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir yang kemudian digunakan untuk menganalisis seberapa handal sistem distribusi listrik di masing-masing penyulang (*feeder*) pada Gardu Induk Wates tahun 2017.

Setelah data yang dibutuhkan telah terkumpul, selanjutnya dilakukan perhitungan probabilitas berdasarkan SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, ASUI. Kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui seberapa besar tingkat keandalan realisasi sistem distribusi tenaga listrik pada setiap penyulang (*feeder*) di Gardu Induk 150 kV Wates dengan membandingkan pada nilai standar indeks keandalan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini. Standar nilai indeks yang digunakan adalah SPLN 68-2 : 1986, IEEE std 1366-2003, standar world-class company (WCC) dan world class service (WCS).

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas dari suatu sistem untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan, pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan. Sedangkan keandalan dalam sistem distribusi adalah

suatu ukuran ketersediaan / tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai.

Indeks Keandalan

Dalam penentuan indeks keandalan, untuk sistem secara keseluruhan maka faktor-faktor jumlah pelanggan, frekuensi dan durasi/ lama pemadaman dapat dievaluasi dan bisa didapatkan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah frekuensi atau lama pemadaman rata-rata tahunan.

Standar Nilai Indeks Keandalan

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

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3.2	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	21.09	jam/pelanggan/tahun

Tabel 2. 2 Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1.45	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	2.3	jam/pelanggan/tahun
CAIDI	1.47	jam/gangguan
ASAI	99.92	Persen

Tabel 2. 3 Standar Nilai Indeks Keandalan WCS & WCC

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	1.666	jam/pelanggan/tahun

Gardu Induk Wates

memiliki dua buah Trafo dengan kapasitas 30 MVA dan 60 MVA. Total penyulang yang ada di Gardu Induk Wates berjumlah 7 buah, dengan pembagian Trafo 1 kapasitas 30 MVA

disalurkan untuk penyulang WT02, WT04 dan WT05 sedangkan trafo 2 kapasitas 60 MVA disalurkan untuk penyulang WT01, WT03, WT06 dan WT07.

Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan di PT. PLN (Persero) Yogyakarta diperoleh data-data yang berkaitan dengan analisis keandalan sistem distribusi sebagai berikut.

Tabel 4.4 Jumlah Pelanggan per Zona

NO	NAMA PENYULANG	NOMOR ZONA	NOMOR TIANG	JUMLAH PELANGGAN
1	WTS01	1	WT1-11	2.197
2	WTS 01	2	S1-119/8 (S1-429-104)	6.901
3	WTS02	1	WT2-4	7.299
4	WTS02	2	S1-98A/332	5.022
5	WTS02	3	S1-98A/252	7.718
6	WT 03	1	WT3-4	2.410
7	WT 03	2	WT3-84	2.495
8	WT 03	3	S1-5/28	7.639
9	WT04	1	WT4-5	7.531
10	WT04	2	WT4-196A	5.424
11	WT 05	1	WT5-17	6.646
12	WT 05	2	S1-363/60	6.387
13	WT 05	3	S1-66/4	9.566
14	WT 05	4	S1-122/14	11.064
15	WT06	1	WT6-3	3.056
16	WT06	2	WT4-333	15.431
17	WT07	1	WT7-146	1
TOTAL				106.787

Tabel 4.5 Jumlah Pelanggan per Penyulang

NO	NAMA PENYULANG	JUMLAH PELANGGAN
1	WT01	9.098
2	WT02	20.039
3	WT03	12.544
4	WT04	12.955
5	WT05	33.663
6	WT06	18.487
7	WT07	1
TOTAL		106.787

Tabel 4.6 Pelanggan Terganggu via PMT

NO	TANGGAL	GARDU INDUK / PENYULANG	BEBAN (AMP)	TEGANGAN KV	LAMA PADAM (MENIT)	JUMLAH PELANGGAN
1	08/02/2017	Wates / WT 01	15	20,4	58	9098
2	29/11/2017	Wates / WT 01	42	20,40	133	9098

Tabel 4.7 Pelanggan Terganggu via Recloser

NO	TANGGAL	GARDU INDUK / PENYULANG	NO TIANG	BEBAN (AMP)	TEGANGAN KV	LAMA PADAM (MENIT)	JUMLAH PELANGGAN
1	06/01/2017	Wates / WT 01	S1-119-8	26	20,8	18	6.901
2	09/01/2017	Wates / WT 01	S1-119-8	21	20,5	52	6.901
3	16/01/2017	Wates / WT 01	S1-119-8	89	21,3	34	6.901
4	13/07/2017	Wates / WT 01	S1-119-8	19	21,1	65	6.901
5	13/07/2017	Wates / WT 01	S1-119-8	18	21,0	189	6.901
6	24/07/2017	Wates / WT 01	S1-119-8	18	20,8	43	6.901
7	19/08/2017	Wates / WT 01	S1-119-8	19	21,0	68	6.901
8	17/11/2017	Wates / WT 01	S1-119/8	28	21,4	36	6.901

Ket: data gangguan yang digunakan hanya pada WT01 untuk memudahkan perhitungan

Perhitungan Nilai SAIFI

$$SAIFI = \frac{\sum Ni}{Nt}$$

Dimana :

$\sum i$ = Setiap kejadian/ gangguan

Ni = Jumlah pelanggan terinterupsi di setiap gangguan

Nt = Jumlah pelanggan keseluruhan

Cara Perhitungan

$$= \frac{\text{Jumlah pelanggan terinterupsi setiap kejadian}}{\text{Jumlah total pelanggan yang dilayani}}$$

$$\begin{aligned} WT01 &= \frac{(2 \times 9098) + (8 \times 6901)}{9098} \\ &= \frac{(18196) + (55208)}{9098} \\ &= \frac{73404}{9098} = 8,07 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai saifi dapat dilihat seperti pada tabel 4.10 di bawah.

Tabel 4.10 Nilai SAIFI

NO	NAMA PENYULANG	NILAI SAIFI (KALI/PELANGGAN/TAHUN)
1	WT01	8,07
2	WT02	10,02
3	WT03	19,19
4	WT04	13,79
5	WT05	14,52
6	WT06	11,02
7	WT07	8

Berdasarkan perhitungan diatas nilai SAIFI pada setiap penyulang pada gardu induk Wates adalah kurang handal karena nilai dari setiap penyulang lebih besar dari batas yang telah di tentukan oleh SPLN 68- 2 1986 sebesar 3,2 kali/ tahun, IEEE std 1366- 2003 sebesar 1,45 kali/ tahun dan WCC (*world class company*) dan WCS (*world class service*) dengan nilai 3 kali/ tahun.

Perhitungan Nilai SAIDI

Perhitungan Data Gangguan

DURASI PADAM (MENIT)	JUMLAH PELANGGAN TERINTERUPSI	DURASI PELANGGAN TERINTERUPSI
58	9.098	527.684
133	9.098	1.210.034
18	7.116	128.088
52	7.116	370.032
34	7.116	241.944
65	7.116	462.540
189	7.116	1.344.924
43	7.116	305.988
68	7.116	483.888
36	7.116	256.176
TOTAL		5.222.723

$$SAIDI = \frac{\sum Ni \cdot ri}{Nt}$$

Dimana :

$\sum i$ = Setiap kejadian/ gangguan

ri = Durasi padam pelanggan dalam satu tahun pada sistem i

Ni = Jumlah pelanggan terinterupsi di setiap gangguan

Nt = Jumlah pelanggan keseluruhan

Cara Perhitungan

$$\frac{\text{Penjumlahan pelanggan terinterupsi} \times \text{durasi interupsi}}{\text{Jumlah total pelanggan yang dilayani}}$$

$$WT01 = \frac{522723}{9098} = 574,05 \text{ menit} \\ = 9,57 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan nilai saidi dapat dilihat seperti pada tabel 4.18 di bawah.

Tabel 4.11 Nilai SAIDI

NO	NAMA PENYULANG	NILAI SAIDI (JAM/PELANGGAN/TAHUN)
1	WT01	9,57
2	WT02	8,0
3	WT03	21,03
4	WT04	13,04
5	WT05	13,35
6	WT06	8,58
7	WT07	5,55

Berdasarkan perhitungan diatas nilai SAIDI pada penyulang handal karena lebih kecil dari batas yang telah di tentukan oleh SPLN 68- 2 1986 sebesar 21,09 jam/ tahun. Untuk standar IEEE std 1366- 2003 sebesar 2,30 jam/ tahun dan WCC dan WCS sebesar 1,666 jam/ tahun, nilai SAIDI pada setiap penyulang masih dinyatakan kurang handal karena melebihi batas yang telah di tentukan.

Perbandingan Nilai SAIFI dan SAIDI dengan standar

NO	NAMA PENYULANG	NILAI SAIFI	NILAI SAIDI	SPLN		IEEE		WCC DAN WCS	
				SAIFI (kpt)	SAIDI (jpt)	SAIFI (kpt)	SAIDI (jpt)	SAIFI (kpt)	SAIDI (jpt)
1	WT01	8,07	9,57	x	✓	x	x	x	x
2	WT02	10,02	8,0	x	✓	x	x	x	x
3	WT03	19,19	21,03	x	✓	x	x	x	x
4	WT04	13,79	13,04	x	✓	x	x	x	x
5	WT05	14,52	13,35	x	✓	x	x	x	x
6	WT06	11,02	8,58	x	✓	x	x	x	x
7	WT07	8	5,55	x	✓	x	x	x	x

Perhitungan Nilai CAIDI

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

Cara Perhitungan

$$WT01 = \frac{9,57}{8,07} = 1,19$$

$$WT02 = \frac{8,0}{10,02} = 0,80$$

Hasil perhitungan nilai caidi dan standar IEEE std 1366-2003 dapat dilihat seperti pada tabel 4.18 di bawah.

Tabel 4.20 Nilai CAIDI

NO	NAMA PENYULANG	NILAI CAIDI (JAM/ GANGGUAN)	STANDAR CAIDI 1,47 JAM/ GANGGUAN
1	WT01	1,19	✓
2	WT02	0,80	✓
3	WT03	1,10	✓
4	WT04	0,95	✓
5	WT05	0,92	✓
6	WT06	0,78	✓
7	WT07	0,69	✓

Berdasarkan perhitungan nilai CAIDI, dengan standar IEEE std 1366- 2003 sebesar 1,47 jam/ gangguan, seluruh penyulang pada gardu induk wates dapat dikatakan handal.

Perhitungan Nilai ASAI dan ASUI

$$ASAI = \frac{(8760-SAIDI)}{8760}$$

$$ASUI = 1 - ASAI$$

Cara Perhitungan

$$ASAI = \frac{(8760-SAIDI)}{8760}$$

$$WT01 = \frac{(8760-9,57)}{8760} = 0,9989$$

$$ASUI = 1 - ASAI$$

$$WT01 = 1 - 0,9989 = 0,0011$$

Hasil perhitungan nilai asai dan asui serta perbandingan standar IEEE std 1366-2003 dapat dilihat pada tabel 4.22 di bawah.

NO	NAMA PENYULANG	NILAI ASAI	NILAI ASUI	PERSENTASE ASAI	STANDAR ASAI 99,92 %
1	WT01	0,9989	0,0011	99,89	X
2	WT02	0,9991	0,0009	99,91	X
3	WT03	0,9976	0,0024	99,76	X
4	WT04	0,9985	0,0015	99,85	X
5	WT05	0,9985	0,0015	99,85	X
6	WT06	0,9990	0,0010	99,90	X
7	WT07	0,9994	0,0006	99,94	✓

Berdasarkan perhitungan, nilai ASAI pada setiap penyulang nya berdasarkan pada standar yang telah ditentukan untuk nilai ASAI oleh IEEE std 1366 – 2003 yaitu sebesar 99,92%, hanya penyulang WT07 memperoleh nilai yang memenuhi standar. Oleh karena itu, kinerja dari Gardu Induk Wates ditinjau dari kinerja pada setiap penyulang berdasarkan nilai ASAI dan ASUI dikatakan kurang handal.

Perhitungan Nilai ENS

Perhitungan Data Gangguan

NAMA PENYULANG	DAYA KVA	DURASI PADAM (JAM)	ENERGI TAK TERSUPLAI TIAP KEJADIAN
WT 01	529,99	0,97	512
WT 01	1483,98	2,22	3.289
WT 01	936,67	0,30	281
WT 01	745,63	0,87	646
WT 01	3283,35	0,57	1.861
WT 01	694,36	1,08	752
WT 01	654,70	3,15	2.062
WT 01	648,46	0,72	465
WT 01	691,07	1,13	783
WT 01	1037,81	0,60	623
WT 01	529,99	0,97	512
TOTAL			11.275

$$ENS = \sum_i P_i \cdot r_i = \sum_i E_i$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

Dimana :

\sum_i = Setiap kejadian/ gangguan

P_i = Beban rata-rata terganggu oleh setiap gangguan i

r_i = Durasi padam pelanggan dalam satu tahun pada sistem i

E_i = Energi tak tersuplai akibat setiap interupsi i

P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

$$\sqrt{3} = 1,732$$

Cara Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \\ &= 1,732 \times 15 \times 20,4 \\ &= 529,99 \text{ KVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi} &= P_i \cdot r_i \\ &= 529,99 \times 0,97 = 512 \text{ KVAh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ENS} &= \sum_i P_i \cdot r_i \\ &= 512 + 3.289 + 281 + 646 + \\ &\quad 1.861 + 752 + 2.062 + 465 + \\ &\quad 783 + 623 + 512 \\ &= 11.275 \text{ KVAh} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai ENS dapat dilihat seperti pada tabel 4.30 di bawah.

NO	NAMA PENYULANG	NILAI ENS (KVAH)
1	WT01	11.275
2	WT02	89.467
3	WT03	33.980
4	WT04	62.829
5	WT05	71.944
6	WT06	33.178
7	WT07	5.025
Total		307.699

Berdasarkan perhitungan nilai ENS pada seluruh penyulang yang ada pada gardu induk wates selama setahun pada 2017. Nilai yang diperoleh untuk ENS adalah sebesar 307.699 KVAh, yang merupakan nilai energi yang semestinya dapat tersuplai pada konsumen tetapi akibat terjadinya gangguan pada sistem jaringan energi tersebut tidak tersuplai, dan merupakan kerugian dari PT. PLN (persero) sebagai penyedia energi listrik milik negara.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- nilai SAIFI berdasarkan SPLN 68-2: 1986, IEEE std 1366-2003, WCC dan WCS nilai SAIFI pada seluruh penyulang Wates dinyatakan kurang handal karena melebihi standar yang telah di tentukan. Dengan nilai SAIFI terbesar adalah pada penyulang WT03 yaitu 19,19 kali/ pelanggan/ tahun.
- Nilai SAIDI berdasarkan SPLN 68-2: 1986 dinyatakan handal karena nilai yang diperoleh lebih kecil dari standar. Berdasarkan IEEE std 1366-

2003, WCC dan WCS nilai SAIDI dinyatakan kurang handal karena seluruhnya tidak memenuhi standar yang di tetapkan. Dengan nilai terbesar penyulang WT03 yaitu 21,03 jam/ pelanggan/ tahun.

- Nilai CAIDI pada setiap penyulang Gardu Induk Wates dikatakan handal karena tidak melebihi standar yang ditetapkan oleh IEEE sebesar 1,47 jam/ gangguan. Dengan nilai CAIDI terbesar pada penyulang WT01 dan WT03 yaitu sebesar 1,19 jam/ gangguan dan 1,10 jam/ gangguan.
- Nilai ASAI hanya pada penyulang WT07 yang dinyatakan handal dengan nilai 99,94%, sedangkan untuk ke-enam penyulang lain nya yaitu WT01, WT02, WT03, WT04, WT05, dan WT06 dinyatakan kurang handal karena memiliki nilai dibawah standar yang ditetapkan IEEE std 1366-2003 yaitu sebesar 99,92%.
- Berdasarkan perhitungan indeks keandalan ENS pada gardu induk Wates diperoleh nilai sebesar 307.699 KVAh.

B. Saran

- Dengan banyaknya gangguan yang terjadi di area kerja Gardu Induk Wates mengingat cukup luasnya kawasan yang dilayani maka PT. PLN (Persero) Area Yogyakarta harus melakukan pemeliharaan dan

pengecekan secara rutin terhadap sistem jaringan distribusi demi menjamin ketersediaan energy listrik yang optimal terhadap pelanggan, serta untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi.

- Area penyulang dengan nilai keandalan yang masih di bawah standar perlu dilakukan pengecekan, pemeliharaan dan perawatan secara berkala pada titik yang dirasa rawan terjadi gangguan baik gangguan eksternal (pohon, binatang, umbul-umbul dll) maupun gangguan internal (komponen pmt, isolator gardu dll) agar memperkecil frekuensi gangguan dan meningkatkan nilai keandalan demi memenuhi target yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. Pabla, *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga, 1994.
- [2] D. Widiyanto, "Warga Keluhkan Listrik Byar-Pet," *krjogja.com*, 2016. [Online]. Available: http://krjogja.com/web/news/read/19289/Pelanggan_Beji_Keluhkan_Listrik_PLN_Byar_Pet. [Accessed: 01-Jan-2018].
- [3] B. Bharata, "Keseringan Byar Pet, Pengelola Kalibiru Keluhkan Pemadaman Listrik," *kulonprogo.sorot.co*, 2017. [Online]. Available: <http://kulonprogo.sorot.co/berita-5215-keseringan-byar-pet-pengelola-kalibiru-keluhkan-pemadaman-listrik.html>. [Accessed: 01-Jan-2018].
- [4] S. Saodah, "Evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik berdasarkan saidi dan saifi," *Semin. Nas. Apl. Sains dan Teknol. 2008 – IST AKPRIND Yogyakarta*, pp. 45–51, 2008.
- [5] O. M. Sawegu, "Evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik :: Studi kasus pada PT. PLN Cabang Jayapura," 2009.
- [6] R. S. Abdi, "ANALISA KEANDALAN KINERJA SISTEM DISTRIBUSI GARDU INDUK GEJAYAN 150KV PADA PENYULANG GJN02," Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [7] A. Kadir, *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press), 2006.
- [8] T. Gonen, *Electric Power Distribution System Engineering*. McGraw-Hill International Edition, 1986.
- [9] R. S. Hartati, I. W. Sukerayasa, I. N. Setiawan, and W. G. Ariastina, "Penentuan Angka Keluar Peralatan Untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik," *Teknol. Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 52–55, 2007.
- [10] I. D. Saputra, "ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 20 kV DI GARDU INDUK BANJARNEGARA TAHUN 2016," Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [11] R. Syahputra, *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*. 2016.
- [12] D. Suswanto, *Diktat Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Edisi Pert. Padang, 2009.
- [13] P. PLN, "SPLN 52-3: Pola

- Pengaman Sistem Bagian Tiga
Distribusi 6 kV dan 20 kV,”
1983.
- [14] N. I. Arifani and H. Winarno,
“Analisis Nilai Indeks Keandalan
Sistem Jaringan Distribusi Udara
20 KV Pada Penyulang Pandean
Lamper 1,5,8,9,10 Di GI
Pandean Lamper,” *GEMA
Teknol.*, vol. 17, no. 3, pp. 131–
134, 2013.
- [15] Erhaneli, “EVALUASI
KEANDALAN SISTEM
DISTRIBUSI TENAGA
LISTRIK BERDASARKAN
INDEKS KEANDALAN SAIDI
DAN SAIFI PADA PT.PLN
(Persero) RAYON BAGAN
BATU TAHUN 2015,” *J. Tek.
Elektro ITP*, vol. 5, no. 2, pp.
120–129, 2016.
- [16] Suhadi, *TEKNIK DISTRIBUSI
TENAGA LISTRIK JILID 2*.
Departemen Pendidikan
Nasional, 2008.
- [17] Yudianto M Sitompul, "Evaluasi
keandalan sisitem distribusi
jaringan 20kv metode
pendekatan indeks kandalan studi
kasus sistem distribusi
pekanbaru".UGM, 2005