

ANALISA KEANDALAN SUTM 20 KV PENYULANG MENGARE DI PLN (PERSERO) ULP GIRI

Faris Badruddin¹, Gatut Budiono²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Smolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. +62315931800, Faks +62315929767

Email: Farisbadruddin18@gmail.com

ABSTRAKS

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan jaringan dengan konsumen terbanyak diseluruh Indonesia, hal ini dikarenakan kontruksi dari jaringan ini merupakan yang termurah dibandingkan dengan jaringan lainnya Untuk melihat keandalan suatu sistem diperlukan indeks keandalan. Dimana indeks keandalan adala parameter tingkat keandalan sebagai pensuplai tenaga listrik yang disalurkan untuk konsumen. Indeks keandalan menggunakan pada jaringan distribusi merupakan SAIFI untuk menentukan nilai gangguan/tahun, SAIDI untuk menentukan nilai padam jam/tahun, sedangkan CAIDI untuk menentukan nilai frekuensi gangguan sesaat. Pada Penelitian ini melakukan pengukuran nilai keandalan sistem distribusi dengan menggunakan metode *Section Technique*, dimana sistem akan dibagi beberapa *section* atau bagian kecil, hal ini dilakukan untuk mempersingkat waktu dan meminimalisir kesalahan. Nilai SAIFI, SAIDI yang didapat lalu membandingkan dengan standar PLN, dimana standar yang digunakan yaitu SPLN 68-2 : 1986 (PLN (Persero), SPLN No.68-2 : 1986, 1985) nilai SAIFI 3.2 kali/tahun, SAIDI 21 jam/tahun. Terlihat bahwa nilai SAIFI sebesar 10.504829682 kali/tahun yang dianalisis tidak meenuhi syarat atau tergolong tidak handal namun nilai SAIDI sebesar 15.4519692 jam/tahun penyulang yang dianalisis tergolong handal dan memenuhi standar PLN.

Kata kunci : *SUTM, Indeks Keandalan, Section Technique*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan jaringan dengan konsumen terbanyak diseluruh Indonesia, hal ini dikarenakan kontruksi dari jaringan ini merupakan yang termurah dibandingkan dengan jaringan lainnya (Nurmiati Pasra, 2018). Kemungkinan gangguan terdapat di jaringan distribusi 20 kV akan berpengaruh terhadap keandalannya, sehingga aliran listrik akan terganggu saat dialirkan kepada pelanggan (Handayani, 2017). Gangguan sering terjadi karena adanya kegagalan isolasi. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan gangguan, diantaranya faktor manusia, faktor internal meliputi gangguan-gangguan kerusakan pada sistem alat yang terpasang, misalnya recloser dan load breaker switch. Faktor eksternal dapat terjadi akibat dari gangguan pada lingkungan seperti cuaca buruk, banjir, gempa bumi, tanah longsor, petir, maupun gangguan dari hewan atau pohon sekitar-sekitar (Alwi Daffa Rosydi, 2019). Dampak pemadaman merugikan bagi pelanggan dan PLN dikarenakan gangguan. Bentuk upaya agar pelayanan lebih baik serta pelayanan yang memuaskan dengan menjaga kualitas keandalan sistem tenaga listrik. Tingkat keandalan perlu diperhatikan untuk menentukan kinerja suatu sistem. Keandalan dilihat sejauh mana

tenaga listrik mampu mensuplai energi secara berkelanjutan dalam setahun ke pelanggan. Permasalahan tingkat keandalan terdapat pada mutu, kelangsungan dan ketersediaan listrik untuk konsumen. Maka sangat perlu melakukan analisa terhadap keandalan jaringan tegangan menengah mampu mengetahui standart sistem dalam mensuplai energi. Untuk melihat keandalan suatu sistem diperlukan indeks keandalan. Dimana indeks keandalan adalah parameter tingkat keandalan sebagai pensuplai tenaga listrik yang disalurkan untuk konsumen. Indeks keandalan menggunakan pada jaringan distribusi merupakan SAIFI untuk menentukan nilai gangguan/tahun, SAIDI untuk menentukan nilai padam jam/tahun, sedangkan CAIDI untuk menentukan nilai frekuensi gangguan sesaat. (Departemen Pertambangan Dan Energi, 1985).

Pada Penelitian ini melakukan pengukuran nilai keandalan sistem distribusi dengan menggunakan metode *Section Technique*, dimana sistem akan dibagi beberapa *section* atau bagian kecil, hal ini dilakukan untuk mempersingkat waktu dan meminimalisir kesalahan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi terdiri dari struktur tenaga listrik, dimana terdiri dari pusat pembangkit listrik, saluran transmisi dan sistem distribusi. Pada umumnya jaringan distribusi di Indonesia terdiri atas bagian-bagian (Siswanto, 2009), secara garis besar sistem jaringan distribusi di Indonesia terdiri dari Gardu Induk (GI), Tegangan Menengah (TM), Gardu Distribusi (GD), dan Saluran Tegangan Rendah (TR). Sistem jaringan distribusi tenaga listrik merupakan aliran energi listrik tersalurkan dari pembangkit tenaga listrik menuju konsumen sesuai dengan yang dibutuhkan (Siswanto, 2009).

2.2 Recloser (Penutup Baik Otomatis/PBO)

Recloser terpasang di sepanjang SUTM. *Recloser* berfungsi untuk mengamankan bagian yang terganggu dengan memanfaatkan sensor tegangan, sehingga bagian yang terganggu akan diisolasi dan melakukan rekonfigurasi jaringan sehingga diharapkan dapat memperbaiki keandalan (Silaban, 2010).

2.3 Gangguan Pada Sistem Jaringan Distribusi

Gangguan adalah kesalahan yang terjadi pada sebuah sistem sehingga menghambat sistem bekerja sebagaimana mestinya. Kesalahan atau gangguan pada sistem ketenagalistrikan sudah pasti akan terjadi, gangguan tersebut bisa berasal dari faktor alam maupun dari kesatuan ketenagalistrikan itu sendiri. Sebagian banyak gangguan pada SUTM tidak hanya disebabkan oleh petir namun bisa juga disebabkan oleh sentuhan pohon maupun hewan.

2.4 Keandalan Jaringan Distribusi 20 KV

Keandalan merupakan bagaimana suatu alat bekerja pada waktu dan keadaan tertentu. (Siswanto, 2009) menyatakan ada tiga jenis konfigurasi jaringan distribusi primer, yaitu :

1. Struktur Radial
2. Struktur Ring (Loop)
3. Struktur Spindel

2.5 Metode Section Technique

Section Technique adalah sistem metode yang sudah terstruktur melihat keandalan sistem distribusi dimana kerusakan peralatan memberikan efek operasi. Untuk membatasi *persection* dari letak *sectionalizer* tersendiri. Konsekuensi pada peralatan secara sistematis diidentifikasi dengan melakukan evaluasi pada saat gangguan terjadi.

a. Faktor-Faktor Nilai Keandalan Tahunan

1. Laju Kegagalan

Laju Kegagalan yaitu Peralatan mengalami kerusakan, dimana λ dipengaruhi waktu sistem jalan.

$$\lambda LPI = \sum i = k\lambda i \quad (1)$$

λi = laju kegagalan peralatan

k = peralatan yang terpengaruh terhadap load point.

2. Laju Perbaikan

Laju Perbaikan peralatan adalah lama suatu sistem/komponen pada saat perbaikan (kondisi OFF).

$$\mu LPI = \sum i = k\alpha i \times r \quad (2)$$

$k\alpha i$ = laju kegagalan load point

r = repairing time

rs = switching time

b. Indeks Keandalan Metode Section Technique

1. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI adalah jumlah kegagalan terjadi dimana pelanggan yang dilayani waktu setahun. Indeks ini dilakukan dengan cara membagi semua jumlah kegagalan peralatan dalam hitungan pertahun serta jumlah semua konsumen.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha k \times M_k}{\sum M} \quad (3)$$

αk = laju kerusakan saluran

M_k = jumlah konsumen saluran

M = total seluruh konsumen

2. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI adalah jumlah lama kerusakan pada pelanggan yang dilayani setahun. Indeks ini dilakukan dengan cara membagi jumlah lamanya kerusakan sistem selama periode masa waktu sudah ditentukan serta jumlah semua konsumen.

$$SAIDI = \frac{\sum \mu k \times M_k}{\sum M} \quad (4)$$

μk = perbaikan sistem saluran

M_k = jumlah konsumen saluran

M = total seluruh konsumen

3. Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

CAIDI adalah indeks lama gangguan konsumen diperkirakan pertahun sebagai informasi dalam waktu rata-rata supaya penormalan kembali gangguan pada konsumen pertahun.

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (5)$$

c. Indeks Keandalan Peralatan Sistem Distribusi Berdasarkan SPLN No.59 : 1985

Tabel 1. Indeks keandalan saluran

Saluran Udara	
<i>Sustained Failure rate (a/km/yr)</i>	0.2
<i>r (repair time)(jam)</i>	3
<i>rs (switch time)(jam)</i>	0.15

Tabel 2. Indeks Kerusakan Peralatan

Komponen	<i>a (failure rate)</i>	<i>r (repair time)(jam)</i>	<i>rs (switch time)(jam)</i>
Trafo	0.005/unit/tahun	10	0.15
CB	0.004/unit/tahun	10	0.15
Sectionalizer	0.003/unit/tahun	10	0.15

3. MODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang agar mengetahui peninjauan terhadap data teknis pada jaringan distribusi 20 kV PT.PLN (Persero) ULP GIRI khususnya penyulang Mengare dimana hasilnya akan dibandingkan standart yang dikeluarkan PT.PLN (Persero) ULP GIRI.

1.2 Teknik Analisis

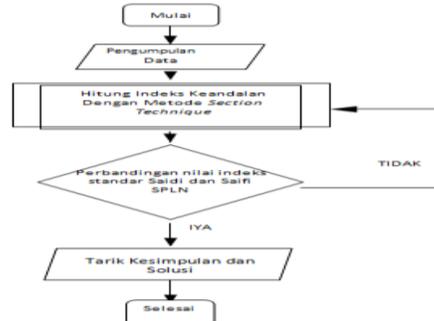
Data yang sudah diambil makan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai indeks yang dibutuhkan, yaitu : dengan menggunakan rumus tertera maka dilakukan evaluasi hasil indeks penyulang Mengare dengan menggunakan metode *Section Technique* yang dibutuhkan serta membandingkan hasil standar SPLN 68-2 : 1986.

Untuk mengevaluasi data dari indeks keandalan Dasar dan Indeks Keandalan jaringan SUTM 20kV yaitu :

1. Siapkan data-data yang diperlukan, berupa data single line diagram penyulang Mengare, data jumlah konsumen, panjang penyulang, lama waktu padam, dan data penyebab-penyebab gangguan penyulang Mengare yang berada di lingkup PT.PLN ULP GIRI.
2. Menghitung nilai indeks keandalan jaringan Distribusi Penyulang Mengare dengan metode *section technique* agar mendapat nilai indeks keandalan berupa SAIFI, SAIDI serta CAIDI.
3. Setelah mendapatkan nilai indeks keandalan dasar, maka membandingkan hasil standar SPLN 68-2 : 1986 agar dapat menyimpulkan penyulang Mengare keadaan andal tidaknya
4. Setelah di dapatkan kesimpulan, maka solusi apa yang cocok agar penyulang Mengare bisa dikatakan andal.

1.3 Prosedur Penelitian (Flowchart)

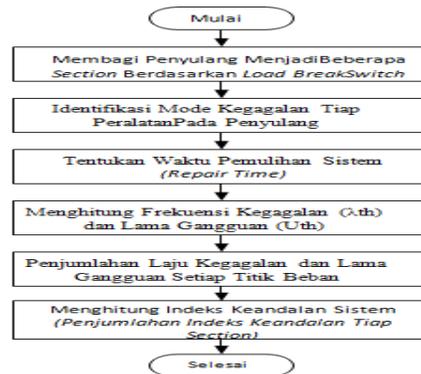
Dibawah merupakan alur penyelesaian pembahasan mengenai keandalan sutm 20 kV dan solusinya pada penyulang Mengare di PLN ULP GIRI.



Gambar 1. Diagram Alur Analisa Penelitian

1.4 Flowchart Metode *Section Technique*

Berikut merupakan alur pengerjaan metode *section technique* untuk perhitungan menentukan indeks keandalan sutm 20 kV dan solusinya pada penyulang Mengare di PLN ULP GIRI.



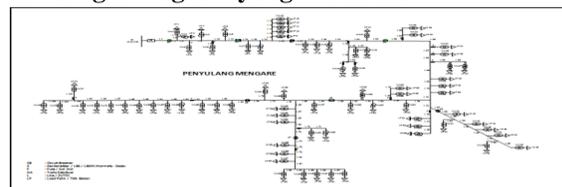
Gambar 2. Diagram Alur Metode Section Technique

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Sistem

Data penyulang Mengare di ULP Giri tahun 2019 untuk perhitungan ini menggunakan metode *section technique*. Data berupa single line diagram seta mengklarifikasi tiap bus pada tiap titik pada parameter yana sudah ditentukan maka didapatkan data-data sebagai berikut.

a. Single Diagram yang Dievaluasi



Gambar 3. Single Line Diagram Penyulang Mengare

b. Data load point berdasarkan section

Jumlah pelanggan setiap *section* dipenyulang Mengare sangatlah bervariasi, jumlah pelanggan *section* I 620 pelanggan, *section* II 2549 pelanggan, *section* III 874 pelanggan, *section* IV 2515 pelanggan, *section* V 1754 pelanggan, *section* VI 2892 pelanggan, *section* VII 2487 pelanggan, *section* VIII 2847 pelanggan. Pelanggan penyulang Mengare terdiri atas pelanggan industri, pelanggan rumah tangga, pelanggan publik dan pelanggan komersial.

Penyulang Mengare terbagi menjadi 8 *section* dengan total panjang penyulang 68,537 kms.

Jumlah line dan panjang line setiap *section* juga berbeda. *Section* I panjang line 3.19 kms, jumlahnya line 12, mulai line1-12, 6NA, mulai LP1-6. *Section* II panjang line 1.15 kms, jumlahnya line 11, mulai line22-32, 7NA, mulai LP7-13. *Section* III panjang line 3.40 kms, jumlahnya line 11, mulai line13-21, 8NA, mulai LP14-21. *Section* IV panjang line 11.85 kms, jumlahnya line 25, mulai line33-57, 18NA, mulai LP22-39. *Section* V panjang line 5.92 kms, jumlahnya line 9, mulai line58-66, 7NA, mulai LP40-46. *Section* VI panjang line 4.88 kms, jumlahnya line 12, mulai line67-78, 8NA, mulai LP47-54. *Section* VII panjang line 12.67 kms, jumlahnya line 9, mulai line79-87, 8NA, mulai LP55-62. *Section* VIII panjang line 8.13 kms, jumlahnya line 15, mulai line88-102, 14NA, mulai LP63-76.

4.2 Analisa Section 1

Untuk mengetahui suatu kerusakan pada peralatan sistem dapat dilihat daftar metode kegagalan. Daftar metode kerusakan terdapat dalam *Section Technique* berikut :

Tabel 3. *section 1*

Data Peralatan		Efek Sistem	
No. Gangguan	Komponen	LP Repair Time	LP Switching Time
1	CB	LP1-LP6	-
2-7	T1-T6	LP1-LP6	-
8-19	LI-L12	LP1-LP6	LP7-LP76
20	S1	LP1-LP6	LP7-LP76

Langkah dalam menentukan laju kegagalan peralatan setiap *section* yaitu :

$$\lambda_{LP1} = \sum i = k \times \lambda_i \quad (6)$$

λ_i = laju kerusakan

k = peralatan yang terpengaruh

Jika diambil satu contoh yaitu load point satu (LP1) pada line 1 maka dapat dihitung laju kegagalan line 1 kaitannya terhadap panjang jaringan berikut ini :

$$\alpha \text{ (Line 1)} = \text{Failure rate Peralatan} \times \text{Panjang Saluran Udara} \\ = 0,2 \times 0,295 = 0,059 \text{ gangguan/tahun}$$

Tabel 4. Perhitungan Laju Kegagalan LP1

Peralatan	Failure Rate Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	α (gangguan/tahun)
CB	0.004	-	0.004
Trafo	0.005	-	0.005
S1	0.003	-	0.003
LI-L12	0.2	3.195	0.639
Jumlah Total Kelajuan Kegagalan ($\Sigma i = k \alpha$)			0.651

Berdasarkan tabel diatas, untuk menghitung nilai load point 1 berdasarkan perhitungan perkalian antara nilai failure rate dan data panjang saluran maka didapatlah nilai laju kegagalan untuk load point 1 yaitu 0.651. Nilai failure rate untuk load point 2 hingga 6 adalah sama dengan jumlah failure rate load point 1, karena nilai failure rate tiap-tiap trafo diasumsikan sama.

Tabel 5. Perhitungan Laju Kegagalan LP7

Peralatan	Failure Rate Peralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	α (gangguan/tahun)
CB	0.004	-	0.004
Trafo	0	-	0
S1	0.003	-	0.003
LI-L12	0.2	3.195	0.639
Jumlah Total Kelajuan Kegagalan ($\Sigma i = k \alpha$)			0.646

Berdasarkan tabel diatas, untuk menghitung load point 7 berdasarkan perhitungan perkalian antara failure rate dan data panjang saluran maka didapatkan nilai laju kegagalan load point 7 yaitu 0.646.

Langkah dalam menentukan durasi gangguan peralatan setiap *section* yaitu :

$$\mu_{LP1} = \sum i = k \alpha_i \times r \quad (7)$$

r = repairing time

rs = switching time

Jika diambil satu contoh yaitu load point satu (LP1) pada line 1 maka dapat dihitung durasi gangguan line 1 kaitannya terhadap panjang jaringan seperti berikut ini :

$$\mu \text{ (Line 1)} = \text{failure rate } (\alpha) \times \text{Repair Time } (\mu) \\ = 0.059 \times 3 = 0.177 \text{ jam/tahun}$$

Tabel 6. Pehitungan Durasi Gangguan LP1

Peralatan	α (fault/yr)	Repair Time (r/jam)	Switching Time (rs/jam)	μ (jam/tahun)
CB	0.005	10	0,15	0.05
Trafo	0.004	10	0,15	0.04
S1	0.003	10	0,15	0.03
LI-12	0.639	3	0,15	1.917
Jumlah Total Durasi Gangguan ($\Sigma i = k_i$)				2.037

Perhitungan untuk mencari load point 2 sampai 6 pada *section* 1 menggunakan langkah dan cara yang sama dan hasilnya pun juga sama karena nilai repair time setiap trafo diasumsikan sama yaitu 2.037.

Tabel 7. Perhitungan Durasi Gangguan LP7

Peralatan	α (fault/yr)	Repair Time (r/jam)	Switching Time (rs/jam)	μ (jam/tahun)
CB	0.005	10	0.15	0.00075
Trafo	0	10	0.15	0
S1	0.003	10	0.15	0.00045
LI-12	0.639	3	0.15	0.09585
Jumlah Total Durasi Gangguan ($\Sigma i=ki$)				0.09705

Nilai durasi gangguan untuk load point 7 hingga 76 adalah sama dengan nilai load point 7. Hal ini terjadi karena saat komponen section mengalami gangguan sehingga sistem lain (section 2, 3 hingga 8) akan mengalami pemutusan sementara, selanjutnya Sectionalizer 2 akan membuka dan beban section 2, 3 hingga 8 akan dilayani kembali oleh GI Manyar penyulang Mengare.

Tabel 8. Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan

Load Point	Indeks Keandalan Load Point	
	α (gangguan/tahun)	μ (jam/tahun)
LP1-LP6	0.651	2.037
LP7-LP76	0.646	0.09705

Dari tabel berikut, kita dapat menentukan nilai saidi dan saifi pada section 1. Sebagai contoh, yaitu SAIFI pada load point 1. Nilai SAIFI dapat ditentukan dengan mengalihkan α LP1 dengan konsumen LP1 dan membagi nilai tersebut dengan jumlah keseluruhan konsomen.

$$SAIFI = \frac{\sum \alpha k \times Mk}{\sum M} \quad (8)$$

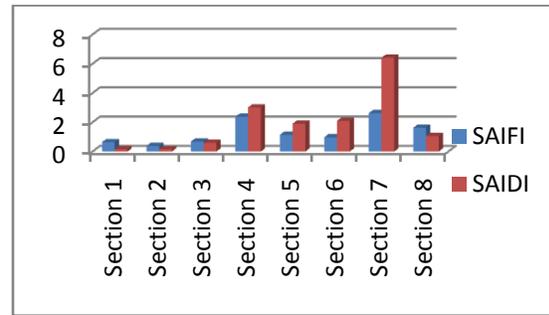
$$SAIFILP1 = \frac{0.651 \times 292}{16538} = 0.011494256 \text{ kali/tahun}$$

$$SAIDI = \frac{\sum \mu k \times Mk}{\sum M} \quad (9)$$

$$SAIDILP1 = \frac{2.037 \times 292}{16538} = 0.035965897 \text{ jam/tahun}$$

Perhitungan SAIFI dan SAIDI untuk Load Point didapatkan nilai SAIFI 0.011494256 nilai SAIDI 0.035965897. Untuk menghitung nilai LP2 hingga LP76 dilakukan dengan menggunakan cara yang sama. Setelah mendapatkan keseluruhan nilai SAIFI dan SAIDI LP1-LP76 maka dilakukan penjumlahan total nilai SAIFI, SAIDI Section 1. Jadi nilai SAIFI dan SAIDI di section 1 adalah 0.646187443 gangguan/tahun dan 0.169777597 jam/tahun.

Setelah mengetahui nilai indeks kendalan per-section dapat menjumlahkan nilai indeks keandalan sistem jaringan penyulang tiap section.



Gambar 5. Diagram SAIFI dan SAIDI Section 1- Section 8

Tabel 9. Nilai Total SAIFI dan SAIDI

Section	Indeks Keandalan Sistem	
	SAIFI	SAIDI
1	0.6461874	0.1697776
2	0.3882685	0.167565
3	0.6906653	0.6026274
4	2.3801604	3.0222131
5	1.1490611	1.9097968
6	0.9860743	2.1014181
7	2.6313519	6.417106
8	1.6330607	1.0614652
TOTAL	10.50483	15.451969

Berdasarkan nilai SAIFI, SAIDI yang diperoleh dari perhitungan persection. Untuk penyulang yang di analisis di peroleh nilai SAIFI 10.504829682 kali/tahun dan nilai SAIDI 15.4519692 jam/tahun , maka nilai CAIDI 1.47093953.

4.3 Perbandingan Nilai Indeks Section Technique dengan SPLN 68-2:1986

Tabel 10. Perbandingan Nilai Indeks Keandalan

Indeks Keandalan	Perbandingan Nilai SAIDI dan SAIFI		Hasil
	Section Technique	SPLN 68-2:1986	
SAIFI	10.5048296 kali/tahun	32 kali/tahun	Tidak Memenuhi Standart
SAIDI	15.4519692 jam/tahun	21 jam/tahun	Memenuhi Standart

Nilai SAIFI, SAIDI yang didapat lalu dibandingkan dengan standar PLN, dimana standar yang digunakan yaitu SPLN 68-2 : 1986 (PLN (Persero), SPLN No.68-2 : 1986, 1985) nilai SAIFI 3.2 kali/tahun, SAIDI 21 jam/tahun. Terlihat bahwa nilai SAIFI sebesar 10.504829682 kali/tahun yang dianalisis tidak memenuhi syarat atau tergolong tidak handal namun nilai SAIDI sebesar 15.4519692 jam/tahun penyulang yang dianalisis tergolong handal dan memenuhi standar PLN.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil dari perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI Penyulang Mengare menggunakan metode *Section Technique*. Nilai SAIFI sebesar 10.504829682 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 15.4519692 jam/tahun, maka nilai CAIDI sebesar 1.47093953.
2. Nilai SAIFI, SAIDI yang didapat lalu dibandingkan dengan standar PLN, dimana standar yang digunakan yaitu SPLN 68-2 : 1986 nilai SAIFI 3.2 kali/tahun, SAIDI 21 jam/tahun. Terlihat bahwa nilai SAIFI sebesar 10.504829682 kali/tahun yang dianalisis tidak memenuhi syarat atau tergolong tidak handal namun nilai SAIDI sebesar 15.4519692 jam/tahun penyulang yang dianalisis tergolong handal dan memenuhi standar PLN.
3. Untuk meminimalisir gangguan pada sisi trafo distribusi maka PLN perlu menyediakan penghalang panjat agar binatang tidak bisa naik dan mengcover semua titik sambung yang ada di trafo distribusi seperti *cover bushing trafo*, *cover fco* dan *cover arrester* untuk meningkatkan nilai indeks keandalan.

5.2 Saran

1. Diharapkan agar kepada PLN ULP Giri untuk melakukan pemeliharaan berskala agar dapat mengurangi gangguan akibat peralatan ataupun karena binatang sekitar yang dapat mengganggu sistem distribusi atau untuk memperkecil gangguan dari gesekan pohon dengan kawat konduktor, demi menjamin kualitas pelayanan terhadap konsumen yang lebih baik.
2. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan penggabungan dengan metode yang lain, agar mampu mendapatkan nilai indeks keandalan jaringan distribusi secara maksimal.

PUSTAKA

- Alwi Daffa Rosydi, E. P. (2019). Prototype Pendeteksi Titik Gangguan Jaringan 20 Kv Dengan Metode Arus Gangguan. *in Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika* .
- Departemen Pertambangan Dan Energi. (1985). *Perusahaan Umum Listrik Negara, Lembaga Masalah Ketenaga Listrikan*. Jakarta: Spln 68-2 : 1986 Hal 11. .
- Handayani, D. a. (2017). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Menggunakan Metode Saidi Dan Saifi di PT.PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015. *in Jurnal Teknik Elektro ITP* .
- Normalasari, Dewi. (2010). *Analisa Keandalan Sistem Distribusi dengan Metode Reliability*

Index Assessment pada Sistem Distribusi 20 KV di PLN APJ Jember. Fakultas Teknik, Universitas Jember.

- Nurmiati Pasra, A. M. (2018). Gangguan Yang Terjadi Pada Sistem Jointing Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah 20 Kv. *in Jurnal Sutet . PLN (Persero), SPLN No.68-2 : 1986. (1985). Tingkat Jaminan Tenaga Listrik Bagian 2 : Sistem Distribusi*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.
- Silaban, A. (2010). *Studi Tentang Penggunaan Recloser Pada Sistem Jaringan Distribusi 20 KV*. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Siswanto, D. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Universitas Negeri Padang.
- Wahyudi, D. (2016). Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI pada PT.PLN (Persero) Rayon Kakap. *in Jurnal Teknik Elektro* .
- Wijayanti, N. (2018). Analisis Keandalan Penyulang Sistem Distribusi 20 Kv di PT. PLN (Persero) APJ Klaten Rayon Boyolali. *in Jurnal Teknik Elektro ITP* .