

Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv dari Gi Industri Penyulang I.5 sampai dengan Gardu Hubung Rapak

Tri Teguh Setiawan^{1*}, A. Asni B², Bambang Sugeng³

^{1,2}Fakultas Teknik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Balikpapan

³Dosen Luar Biasa Universitas Balikpapan

*teguh_pln@ymail.com

Abstract

The reliability of the electric power distribution system can be seen from the SAIDI number (System Average Interruption Duration Index) or long extinguished in one period and SAIFI (Sytem Average Interruption Frequency Index) or outages in one period. PT PLN (Persero) Balikpapan Area is currently trying to improve service used reliability improvement methods, namely by maneuvering the radial system network load into a loop system network and installing reclosers. Feeder Industry 5 (I.5) for 2017 has SAIDI realization value of 7.741 hours / year, and SAIFI is 5.03 times / year. It can be interpreted that SAIDI-SAIFI 5 industrial feeders are relatively few of the value of the revised targets. This shows that industrial feeder 5 has a high level of reliability. But it still does not meet the IEEE Std standard. 1366-2000 with a SAIDI score of 2.30 hours / year and a SAIFI value of 1.45 times / year. After the improvement is obtained the value of SAIDI is almost close to the IEEE Std standard value. 1366-2000 which is 2,365 hours / year.

Keywords : Reliability, SAIDI/SAIFI, Load Manuver, Recloser.

Abstrak

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik dapat dilihat dari angka SAIDI (*Sistem Average Interruption Duration Index*) atau lama padam dalam satu periode dan SAIFI (*Sytem Average Interruption Frequency Index*) atau kali padam dalam satu periode. PT PLN (Persero) Area Balikpapan pada saat ini berupaya untuk perbaikan pelayanan digunakan metode perbaikan keandalan yaitu dengan metode manuver beban jaringan sistem radial menjadi jaringan sitem loop dan pemasangan *recloser*. Penyulang Industri 5 (I.5) periode 2017 mempunyai nilai realisasi SAIDI sebesar 7,741 jam/tahun, dan SAIFI sebesar 5,03 kali/tahun. Dapat diartikan bahwa SAIDI-SAIFI penyulang industri 5 relatif sedikit dari nilai realisasi yang ditargetkan. Hal ini menunjukkan bahwa penyulang industri 5 mempunyai tingkat keandalan yang tinggi. Namun masih belum memenuhi standar IEEE Std. 1366-2000 dengan nilai SAIDI sebesar 2,30 jam/tahun dan nilai SAIFI 1,45 kali/tahun. Setelah adanya perbaikan didapatkan nilai SAIDI hampir mendekati nilai standar IEEE Std. 1366-2000 yaitu sebesar 2,365 jam/tahun.

Kata kunci : Keandalan, SAIDI/SAIFI, Manuver beban, *Recloser*.

1. Pendahuluan

Berdasarkan PERMEN ESDM Nomor 27 Tahun 2017 pasal 2 mengenai tingkat mutu pelayanan yang disediakan oleh PT PLN (Persero) berisi indikator mutu pelayanan salah satunya adalah frekuensi di titik pemakaian dengan satuan hertz, lama

gangguan dengan satuan jam/bulan/konsumen, dan jumlah gangguan dengan satuan kali/bulan/konsumen. Dan Keputusan Direktur Jendral Ketenagalistrikan Nomor 50 K/23/DJL.3/2017 tentang Besaran Tingkat Mutu Pelayanan Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara Tahun

2017, dimana ditetapkan besaran tingkat mutu pelayanan PT PLN (Persero) Tahun 2017 Direktorat Bisnis Regional Kalimantan khususnya pada PLN Wilayah Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara Area Balikpapan untuk lama gangguan yang dialami konsumen adalah 10 Jam/bulan, dan untuk jumlah gangguan yang dialami konsumen adalah 10 kali/bulan. Tetapi masih ada penyulang yang memiliki tingkat lama dan jumlah gangguan dibawah dari nilai yang ditentukan. Hal tersebut disebabkan oleh adanya gangguan pada jaringan tenaga listrik. Ada 2 faktor yang mempengaruhi adanya gangguan yaitu internal dan eksternal. Sehingga dalam penyaluran listrik distribusi akan mengalami padam sehingga berdampak pada penjualan tenaga listrik ke konsumen menjadi berkurang.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penulis ingin membahas mengenai perbaikan keandalan sistem distribusi 20 kV pada penyulang Indsutri 5 (I.5) yang menggunakan metode manuver beban jaringan sistem radial menjadi jaringan sistem loop dan pemasangan recloser. Perbaikan keandalan sistem distribusi 20 kV yang dilakukan pada penyulang Indsutri 5 (I.5) diharapkan memenuhi ketetapan target kinerja PLN.

1.1. Tinjauan Umum Keandalan Sistem Distribusi

1. Saluran distribusi dibagi menjadi 2 saluran yaitu : saluran udara dan saluran bawah tanah[1].
2. Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat-pusat listrik yang interkoneksi satu dengan lainnya, melalui transmisi atau distribusi. Dengan demikian maka penyampaian tenaga listrik dari tempat dibangkitkannya yang disebut pusat tenaga listrik sampai ke tempat pelanggan memerlukan berbagai penanganan teknis[2].
3. Keandalan adalah kemungkinan dari sistem untuk dapat bekerja optimal untuk waktu yang telah ditentukan dalam berbagai kondisi[3].
4. Keandalan merupakan tingkat keberhasilan

kinerja suatu system atau bagian dari system tenaga listrik, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu[4].

5. Keandalan (*reliability*) adalah sebagai peluang suatu komponen atau sistem memenuhi fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu yang diberikan selama digunakan dalam kondisi beroperasi[5].
6. Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas dari peralatan atau sistem untuk dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu[6].

Beberapa definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa keandalan didefinisikan sebagai kemungkinan dari suatu sistem untuk dapat bekerja pada kondisi dan jangka waktu operasi yang ditentukan. Sistem distribusi tentunya mempunyai nilai keandalan tertentu dan dapat diperoleh dengan menghitung indeks keandalannya.

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks telah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan jaringan[7].

1.2. Laju Kegagalan

Laju kegagalan adalah banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu t_1 sampai t_2 disebut laju kegagalan (*failure rate*), dan dapat didefinisikan sebagai harga rata-rata dari jumlah kegagalan per satuan waktu pada satuan selang waktu pengamatan (T). Untuk selang waktu pengamatan diperoleh[8] :

$$\lambda = \frac{f}{T} \quad (1.1)$$

Dimana :

λ = Angka kegagalan

f = Jumlah kegagalan selama selang waktu percobaan

T = Jumlah lamanya selang waktu

1.3. Laju Perbaikan

Laju perbaikan adalah waktu yang dibutuhkan suatu alat yang gagal atau keluar untuk beroperasi kembali dengan cara diganti atau diperbaiki, dengan satuan jam. Dalam perhitungannya untuk mendapatkan waktu kegagalan rata-rata yang dialami oleh sebuah alat, maka[3]:

$$r = \frac{U}{\lambda} = \frac{\sum_i \lambda_i r_i}{\sum_i \lambda_i} \quad (1.2)$$

Keterangan :

U = Waktu kegagalan per tahun (Jam/tahun)

λ = Angka kegagalan per tahun (Gangguan/tahun)

r = Waktu kegagalan (Jam)

1.4. Laju Perbaikanper-Tahun (U)

Laju perbaikan per tahun adalah banyaknya waktu perbaikan rata-rata per tahun pada suatu alat. Diperoleh dengan cara mengalikan angka kegagalan dan waktu keluar alat tersebut, maka[3]:

$$U = \sum_i \lambda_i r_i \quad (1.3)$$

Keterangan :

U = Waktu kegagalan per tahun (Jam/tahun)

λ = Angka kegagalan per tahun (Gangguan/tahun)

r = Waktu kegagalan (Jam)

1.5. SAIDI (Sistem Average Interruption Duration Index)

SAIDI atau *Sistem Average Interruption Duration Index* merupakan *index* rata-rata dari jumlah durasi gangguan pada pelanggan selama 1 tahun. Indeks ini ditemukan dengan membagi jumlah seluruh durasi gangguan pada pelanggan tiap tahun dengan total jumlah pelanggan yang dilayani dengan hasil jam/pelanggan, dengan rumus[3]:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m C_i t_i}{N} \text{ Jam / Tahun} \quad (1.4)$$

Keterangan :

m = Jumlah pemadaman dalam satu tahun

N = Jumlah konsumen yang dilayani

t_i = Lamanya tiap – tiap pemadaman

C_i = Jumlah konsumen yang dilayani

1.6. SAIFI (Sistem Average Interruption Frequency Index)

SAIFI atau *Sistem Average Interruption Frequency Index* merupakan indeks rata-rata dari jumlah gangguan per tahun yang terjadi pada pelanggan yang dilayani dengan jumlah total keseluruhan pelanggan yang dilayani[3].

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^m C_i}{N} \text{ Pemadaman / Tahun} \quad (1.5)$$

Keterangan :

m = Jumlah pemadaman dalam satu tahun

N = Jumlah konsumen yang dilayani

Tabel 1 Operasi Kerja dan Pemulihan Pelayanan

Index	Operasi Kerja	Waktu/ jam
A	Menerima panggilan adanya pemadaman dan waktu yang dibutuhkan untuk perjalanan ke GI	0,5
A	Menerima panggilan adanya pemadaman dan waktu yang dibutuhkan untuk perjalanan ke alat penutup kembali	1
B	Waktu yang dibutuhkan untuk sampai dari satu gardu ke gardu berikutnya	0,16
B	Waktu yang dibutuhkan untuk sampai dari satu gardu ke gardu berikutnya untuk sistem spot network	0,2
C	Waktu yang dibutuhkan untuk memeriksa indikator gangguan (untuk sistem spindle)	0,083
D	Waktu yang dibutuhkan untuk membuka / menutup pemutus tenaga / penutup kembali	0,25
E	Waktu yang dibutuhkan untuk membuka / menutup sakelar	0,15

	beban / sakelar pisah	
F	Waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kawat penghantar udara	3
G	Waktu yang dibutuhkan untuk mencari lokasi gangguan pada kabel bawah tanah	5
H	Waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kabel saluran bawah tanah	10
I	Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti / memperbaiki pemutus tenaga, sakelar beban, penutup kembali / sakelar pisah	10
J	Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti penyambung kabel (bulusan) untuk kabel yang berisolasi kertas	15
K	Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti trafo distribusi	10
L	Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti pelindung jaringan	10
M	Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti / memperbaiki bus tegangan rendah	10

(Sumber : [9])

Tabel 2 Standarisasi nilai SAIFI dan SAIDI

	SAIFI, No. of			SAIDI, No. of		
	Interruption/Year			Interruption/Year		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%
IEEE Std. 1366-2000	0,90	1,10	1,45	0,89	1,50	2,30
EI (1999) [Excludes storms]	0.92	1,10	1,45	0,89	1,50	2,30
EI (1999) [with storms]	1,11	1,33	2,15	1,36	3,00	4,38
CEA (2001) [with storms]	1,03	1,95	3,16	0,73	2,26	3,28
PA Consulting (2001) [with storms]				1,55	3,05	8,35
IP&LLarge City Comparison	0,72	0,95	1,15	1,02	1,64	2,41

Indianapolis Power & Light, 2000)

Keterangan: 25% is the lower quartile, 50% is the median, 75% is the upper quartile[10].

1.7. CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

Indeks ini memberikan informasi lama waktu (durasi) rata-rata setiap pemadaman. Indeks ini dirumuskan dengan :

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (1.6)$$

Besarnya nilai CAIDI ini dapat digambarkan sebagai besar durasi pemadaman (r) sistem distribusi keseluruhan ditinjau dari sisi pelanggan[11].

1.8. ASAI (Average Service Availability Index)

Indeks ini adalah perbandingan total jumlah pelanggan yang dapat dilayani perjamnya, yakni jumlah layanan yang tersedia selama periode waktu tertentu yang dapat diberikan ke pelanggan. ASAI biasanya dapat dihitung secara bulanan (730 jam) atau secara tahunan (8.760 jam)[8]. Indeks ini dirumuskan dengan :

$$ASAI = \frac{Nix \ 8760 - U_i}{Nix \ 8760} \quad (1.7)$$

Dimana :

Ni = Jumlah pelanggan pada bulan tersebut
 8760 = Jumlah jam dalam satu tahun
 U_i = Lama gangguan rata-rata

1.9. ASUI (Average Service Unavailability Index)

Indeks ini menggambarkan tingkat ketidaktersediaan layanan (suplai daya) yang diterima oleh pelanggan[4]. Indeks ini dirumuskan dengan :

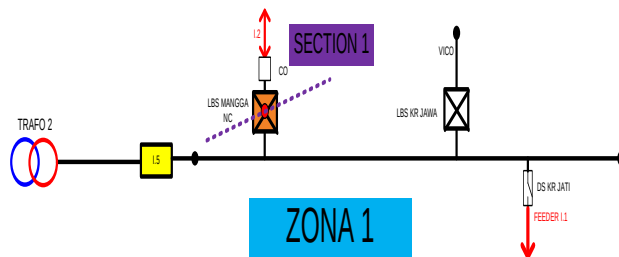
$$ASUI = 1 - ASAI \quad (1.8)$$

1.10. ASUI (Average Service Unavailability Index)

Secara umum konfigurasi suatu jaringan tenaga listrik hanya mempunyai 2 konsep konfigurasi :

a. Jaringan Radial

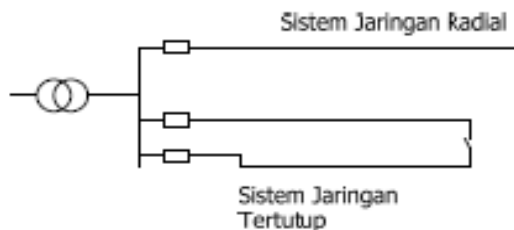
Jaringan radial yaitu jaringan yang hanya mempunyai satu pasokan tenaga listrik, jika terjadi gangguan akan terjadi “*black-out*” atau padam pada bagian yang tidak dapat dipasok. Keuntungannya ada pada kesederhanaan dari segi teknis dan biaya investasi yang rendah[12].



Gambar 1. Sistem Jaringan Radial

b. Jaringan Bentuk Tertutup

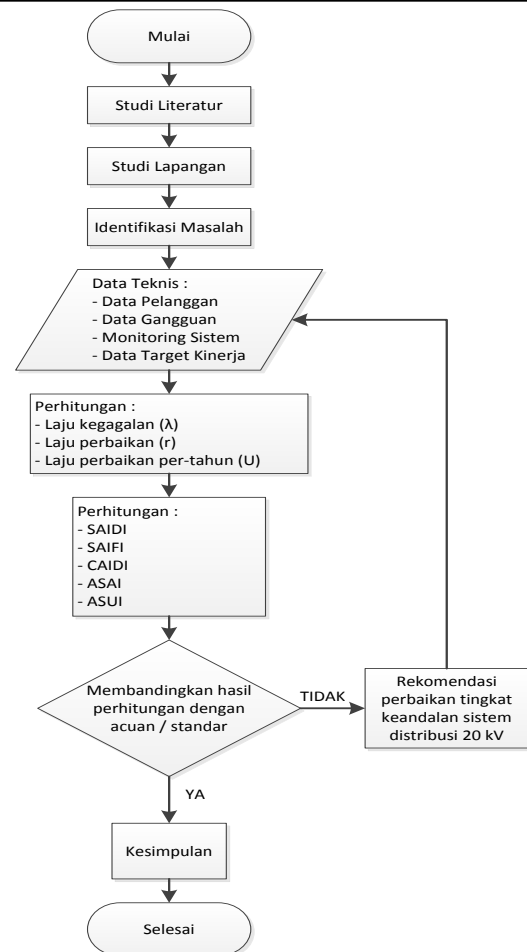
Jaringan bentuk tertutup yaitu jaringan yang mempunyai alternatif pasokan tenaga listrik jika terjadi gangguan. Sehingga bagian yang mengalami pemadaman (*black-out*) dapat dikurangi atau bahkan dihindari.



Gambar 1.2 Pola Jaringan Distribusi Dasar

2. Metoda Penelitian

Penelitian mempunyai langkah penyelesaian sebagai berikut :



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

Adapun tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi literatur mempunyai peranan yang paling penting dalam suatu penelitian, karena dapat dimanfaatkan sebagai landasan logika berfikir dalam menyelesaikan masalah secara ilmiah. Studi literatur dilakukan dengan cara mempelajari teori-teori dan referensi dari buku standart PLN yang akan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian.
2. Melakukan pengamatan lapangan / observasi untuk mendapatkan data peralatan yang terpasang, lama padam dan jumlah pemadaman.
3. Selanjutnya melakukan identifikasi masalah dengan langkah-langkah yang digunakan adalah menelusuri akar penyebab permasalahan dan pengumpulan data mengenai sistem distribusi tenaga listrik.

4. Melakukan validasi data pengumpulan data asset yang ada di PT. PLN (Persero) Area Balikpapan. Adapun data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :
 - a. Data single line diagram 20 kV Penyulang Industri 5
 - b. Data jumlah pelanggan
 - c. Data gangguan penyulang Tahun 2017
 - d. Paramater sesuai SPLN No.59 Tahun 1985, Standar IEEE Std. 1366-2000, dan Target Kinerja PLN.
5. Menghitung nilai laju kegagalan dengan persamaan (1.1), menghitung nilai laju perbaikan menggunakan persamaan (1.2), dan menghitung nilai laju perbaikan per-tahun menggunakan persamaan (1.3).
6. Melakukan analisa perhitungan SAIDI / SAIFI dengan persamaan (1.4) dan persamaan (1.5).
7. Melakukan analisa dan perhitungan nilai CAIDI dengan persamaan (1.6).
8. Selanjutnya menghitung nilai indeks ASAI dengan persamaan (1.7), kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai ASUI menggunakan persamaan (1.8).
9. Dan melalui studi pustaka sebagai perbandingan apakah sudah sesuai standar pada table (1.2) dan target PLN.
10. Kesimpulan yang diharapkan adalah penekanan jumlah gangguan dan lama gangguan pada Penyulang Industri 5 sehingga didapatkan keandalan jaringan distribusi 20 kV secara terus-menerus.

3. Hasil Penelitian

3.1. Gardu Induk Industri

Gardu Induk Industri mempunyai 3 (tiga) buah transformator daya, yaitu Trafo I berkapasitas 60 MVA, Trafo II berkapasitas 60 MVA, dan Trafo III berkapasitas 30 MVA yang melayani 13 penyulang yang berada di wilayah kerja PT. PLN (Persero) Area Balikpapan.

3.2. Jumlah Konsumen Penyulang di Gardu Induk Industri

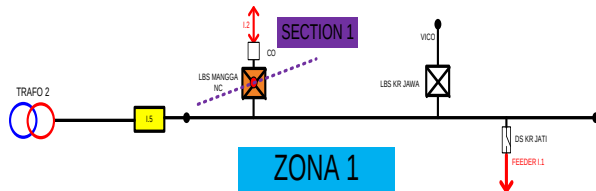
Setelah melakukan pengambilan data di PT. PLN (Persero) Area Balikpapan didapatkan jumlah total pelanggan yang dilayani oleh Gardu Induk Industri adalah 76.740 konsumen. Data jumlah konsumen yang disuplai oleh masing-masing penyulang seperti pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Jumlah Konsumen Penyulang di Gardu Induk

Industri			
No	Penyulang	Jumlah Konsumen (Plg)	Jumlah Trafo (Bh)
1	Industri 1	15.408	92
2	Industri 2	8.044	68
3	Industri 3	3.831	34
4	Industri 4	611	5
5	Industri 5	7.419	53
6	Industri 6	2	2
7	Industri 7	2.498	48
8	Industri 8	4.082	27
9	Industri 9	11.371	121
10	Industri 10	17.052	113
11	Industri 11	1	1
12	Industri 12	4	4
13	Industri 13	6.417	102
TOTAL		76.740	670

3.3. Penyulang Industri 5

Penyulang Industri 5 mempunyai panjang total keseluruhan jaringan yang meliputi jaringan distribusi utama dan *lateral* atau percabangan yaitu 12,31 Kms dan mempunyai jumlah total pelanggan sebanyak 7.419 konsumen. Penyulang Industri 5 terdapat 1 buah PMT, 1 buah LBS otomatis, dan 2 LBS manual yang membagi menjadi 1 zona dan 2 seksi. Penyulang Industri 5 menggunakan konfigurasi *radial*, dimana pada saat kondisi normal jaringan bekerja secara *radial* dan ketika terjadi gangguan pada salah satu *section* maka penyulang akan terjadi pemadaman secara keseluruhan dikarenakan tidak adanya titik manuver beban ke penyulang lain.

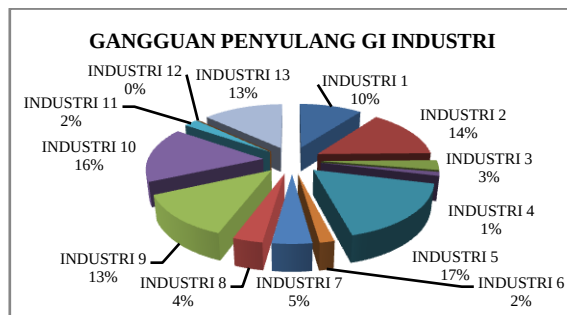


Gambar 3. Pembagian Zona, dan Section

3.4. Data Gangguan Penyulang Industri

Data gangguan penyulang selama Tahun 2017 didapatkan data :

- Waktu keluar (pemadaman / trip)
- Waktu masuk (nyala)
- Lama padam (durasi)
- Arus gangguan (I)
- Penyebab padam



Gambar 4. Grafik Gangguan Penyulang GI Industri Tahun 2017

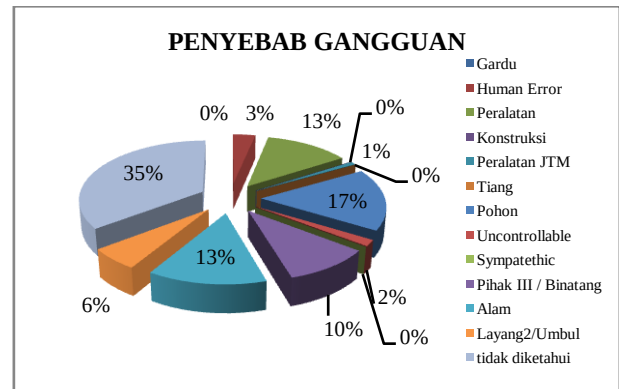
Dari hasil pengambilan data tersebut maka akan diketahui berapa durasi pemadaman dan frekuensi padam serta penyebab padam pada penyulang yang terjadi selama satu tahun. Selain itu juga akan diketahui jumlah energy yang tidak tersalurkan akibat pemadaman yang terjadi.

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa Penyulang Industri 5 (I.5) adalah penyulang dengan pemadaman terbanyak yaitu 30 kali yang menyumbang 17% dari total gangguan penyulang pada GI Industri selama Tahun 2017. Berdasarkan kategori penyebab padam terdapat 2 (dua) penyebab yaitu internal dan eksternal. Adapun pengelompokan dari

masing-masing penyebab adalah sebagai berikut :

- Penyebab Internal :
 - Gardu
 - Human error
 - Peralatan
 - Konstruksi
 - Peralatan JTM
 - Tiang
- Penyebab Eksternal
 - Pohon
 - Uncontrollable
 - Sympatethic
 - Pihak III / binatang
 - Alam
 - Layang-layang / Umbul-umbul
 - Tidak diketahui

Banyak faktor penyebab gangguan yang terjadi pada penyulang di Gardu Induk Industri. Dan dominasi penyebab gangguannya adalah “TIDAK DIKETAHU” dengan penyumbang terbanyak yaitu 35% dari total penyebab gangguan dan 17% gangguan diakibatkan karena “POHON”.



Gambar 5. Grafik Penyebab Gangguan Penyulang GI Industri Tahun 2017

3.5. Analisa Perhitungan

❖ Laju kegagalan (λ) : $\lambda = \frac{f}{T}$

$\lambda = \frac{52}{12} = 4,33 \text{ kali / tahun}$

❖ Laju perbaikan (r) : $r = \frac{U}{\lambda}$

$r = \frac{80,0667}{4,33} = 18,48 \text{ jam}$

❖ Laju perbaikan per-tahun (U) :

$$U = \sum_i \lambda_i r_i$$

$$U = 4,33 \times 18,48 = 80,07 \text{ jam/tahun}$$

Diketahui bahwa dari hasil perhitungan diatas pada Sub-Bab 4.5.1 didapatkan :

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum_{i=1}^m C_i t_i}{N} = \frac{7.419 \times 80,0667}{76.740} = 7,741 \text{ jam/tahun}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum_{i=1}^m C_i}{N} = \frac{7.419 \times 52}{76.740} = 5,03 \text{ kali/tahun}$$

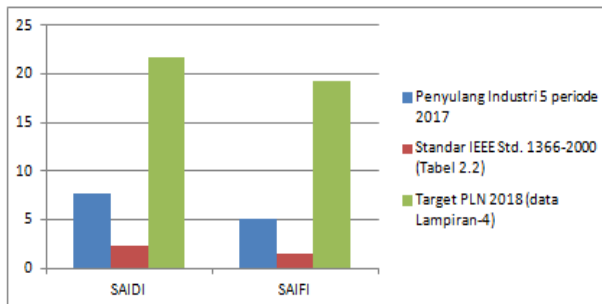
$$\text{CAIDI} = \frac{\text{SAIDI}}{\text{SAIFI}} = \frac{7,741}{5,03} = 1,54 \text{ jam/pelanggan}$$

$$\text{ASAI} = \frac{N \times 8760 - U_i}{N \times 8760} = \frac{(7.419 \times 8760) - 80,07}{7.419 \times 8760} = \frac{64990359}{64990440} = 0,999$$

$$\begin{aligned} \text{ASUI} &= 1 - \text{ASAI} \\ &= 1 - 0,999 \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan nilai indeks keandalan penyulang industri 5 (I.5)

No	Penyulang	Nilai Indeks Keandalan				
		SAIDI	SAIFI	CAIDI	ASAI	ASUI
1.	Industri 5	7,741	5,03	1,54	0,999	0,001
standar IEEE Std. 1366-2000		2,30	1,45			
Target PLN 2018		21,75	19,29			



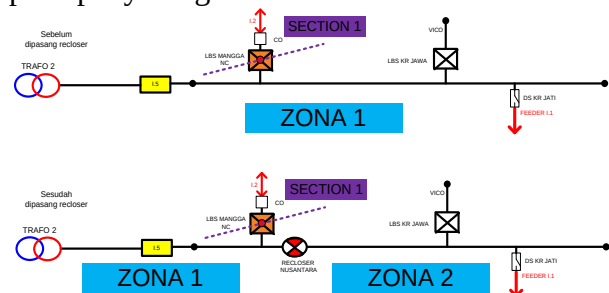
Gambar 6. Grafik Perbandingan antara Nilai SAIDI dan SAIFI dengan standar IEEE Std. 1366-2000 dan Target PLN

3.6. Upaya Perbaikan

Pada umumnya ada dua cara untuk memperbaiki keandalan suatu sistem tenaga listrik, cara pertama adalah mengurangi frekuensi terjadinya gangguan, dan cara kedua adalah mengurangi durasi gangguan.

Perencanaan pemasangan jaringan baru dengan design jaringan menggunakan jenis penampang MVTIC sangat membantu dalam upaya mengurangi potensi frekuensi terjadinya pemadaman tenaga listrik sistem distribusi 20 kV dan dapat dilakukan perubahan sistem jaringan distribusi pada Penyulang Industri 5 yang semula radial menjadi *open loop*.

Pemasangan *recloser* / *sectionalizer* adalah salah satu upaya juga untuk mengurangi potensi lama durasi pemadaman, dikarenakan peralatan ini dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis. Posisi pemasangan peralatan ini pada jaringan distribusi 20 kV sangat menentukan kinerja keandalan jaringan itu sendiri. Berikut gambar single line pemasangan recloser/sectionalizer pada penyulang industri 5 :



Gambar 7. Single Line Diagram Pemasangan Recloser pada Jaringan Distribusi Penyulang Industri 5 (I.5)

Dengan menggunakan perhitungan yang sama sesuai persamaan pada Sub-bab 3.5 didapatkan hasil upaya perbaikan keandalan penyulang industri 5 jika setelah adanya pemasangan recloser/sectionalizer maupun pemasangan jaringan baru menggunakan jenis penampang MVTIC :

Tabel 5. Hasil Perbaikan Indeks Keandalan Penyulang Industri 5

	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan	Penurunan (%)
SAIDI	7,741	2,365	69%
SAIFI	5,03	2,03	60%
CAIDI	1,54	1,165	24%
ASAI	0,999	0,999	0%
ASUI	0,001	0,001	0%

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan dan analisis pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor penyebab terjadinya pemadaman akibat faktor internal yaitu *human error* sebesar 3%, peralatan 13%, dan peralatan JTM 1%. Untuk faktor eksternal masih dominasi sebesar 17% dikarenakan pohon, *uncontrollable* 2%, pihak 3/binatang 10%, alam 13%, layang-layang/umbul-umbul 6% dan 35% gangguan tidak diketahui.
2. Pada hasil analisis keandalan sistem distribusi 20 kV Penyulang Industri 5 (I.5) didapat nilai SAIDI = 7,741 jam/tahun, nilai SAIFI = 5,03 kali/tahun, nilai CAIDI = 1,54 jam/tahun, nilai ASAI = 0,999, dan nilai ASUI = 0,001. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan data pemadaman yang terjadi selama satu tahun, dapat diketahui bahwa penyulang Industri 5 masih memenuhi target PLN akan tetapi masih belum memenuhi standar IEEE Std. 1366-2000 yang ditentukan yaitu SAIDI = 2,30 jam/tahun dan SAIFI 1,40 kali/tahun.
3. Pada upaya perbaikan indeks keandalan SAIDI dan SAIFI pada penyulang industri 5 didapatkan hasil positif penurunan pemadaman lebih dari 50% dengan adanya pemasangan *recloser/sectionalizer* pada jaringan distribusi 20 kV dan sistem konfigurasi jaringan tipe *loop*.

5. Saran

Adapun saran yang disampaikan adalah perlu dilakukan pemeliharaan berkala pada jaringan distribusi 20 kV untuk mengurangi gangguan akibat faktor internal maupun eksternal, terutama pada jaringan bebas pohon ROW (*Right of Way*) 2,5 meter sehingga keandalan sistem distribusi pada penyulang Industri 5 menjadi lebih baik.

6. Daftar Pustaka

- [1] P. P. (Persero) P. P. dan P. Pusat Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan, *Kriteria Disain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, 1st ed. Jakarta: PT PLN (PERSERO), 2010.
- [2] G. R. A. Y. Hardiyanti, "Perbaikan Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah Penyulang Pakis di Gardu Induk Menggala Provinsi Lampung," Sekolah Tinggi Teknik-PLN, 2017.
- [3] J. M. T. Haryono *et al.*, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Penyulang Jember Kota dan Kalisat di PT PLN APJ Jember," pp. 1–9.
- [4] 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.
- [5] F. Yusuf Ridho Surya Dharma Nainggolan, "Analisis Keandalan Berbasis Sistem pada Jaringan Distribusi 20 kV UPJ PT PLN (Persero) Area Pekanbaru Rayon Panam," Jom FTEKNIK, vol. 3, no. 2, pp. 1–9, 2016.
- [6] A. Fatoni, R. S. Wibowo, and A. Soeprijanto, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT . PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)," J. Tek. ITS, vol. 5, no. 2, pp. 462–467, 2016.
- [7] A. Basrahpulungan, "Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Di Wilayah Area Pelayanan Jaringan (APJ) Padang PT . PLN (Persero) Cabang Padang," J. Nas. Tek. Elektro, vol. 1, no. 1, pp. 58–61, 2012.
- [8] R. Saputra, "Analisa Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV pada Feeder PT . PLN (

- Persero) Rayon Sungai Penuh - Kerinci,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 6, no. 1, pp. 93–98, 2017.
- [9] P. U. L. Negara, “Standar Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV,” SPLN 59: 1985, 1985.
- [10] W. P. Perdana, R. N. Hasanah, and H. S. Dachlan, “Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik Pada Jaringan Dsitribusi Primer Tipe Radial Gardu Induk Blimbing,” *J. EECIS*, vol. III, no. 1, pp. 6–12, 2009.
- [11] A. T. Prabowo, I. B. Winardi, M. Kom, and S. Handoko, “Anaisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV pada Penyulang Pekalongan 8 Dan 11,” *J. Tek. Elektro UNDIP*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2013.
- [12] N. Hidayah, A. B. Muljono, and Supriyatna, “Analisis Manuver Jaringan Terhadap Keandalan Kontinuitas Penyaluran Tenaga Listrik Penyulang di Area Ampenan,” *Dielektrika*, vol. 3, no. 1, pp. 109–115, 2014.