

ANALISA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK WILAYAH KOTA LHOKSEUMAWE DI PT. PLN (PERSERO) RAYON KOTA LHOKSEUMAWE

Muhammad Imran, Andik Bintoro, Ezwarsyah

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh
Kampus Bukit Indah, Jalan Batam No. 06 Kecamatan Muara Satu Lhokseumawe
E-mail : andik@unimal.ac.id

Abstrak— Sistem keandalan pada jaringan distribusi sangat besar perannya untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik pada setiap konsumen. Oleh karena perannya yang sangat penting bagi konsumen, maka penyaluran listrik oleh PT. PLN tidak boleh terputus/padam selama 24 jam. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengetahui keandalan suatu sistem distribusi yaitu dengan menghitung indeks jumlah rata-rata gangguan sistem selama setahun yaitu SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), indeks durasi rata-rata gangguan sistem selama setahun yaitu SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), dan CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*). Parameter pembandingan yang digunakan adalah standar SPLN 68-2: 1986, standar IEEE std 1366-2003, dan standar WCC (*World Class Company*) & WCS (*World Class Service*). Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa pada penyulang CD-07 nilai SAIFI = 3,2 kali/tahun, SAIDI = 0,52 jam/tahun, dan CAIDI = 1,3 jam/tahun. Jika ditinjau dari SPLN 68-2: 1986 dengan SAIFI = 3,2 kali/tahun dan SAIDI = 21,09 jam/tahun maka penyulang CD-07 telah memenuhi standar PLN tersebut, sehingga penyulang CD-07 dapat dikategorikan handal. Jika ditinjau dari standar IEEE std 1366-2003 dengan SAIFI = 1,45 kali/tahun dan SAIDI = 2,3 jam/tahun, maka penyulang CD-07 hanya memenuhi standar dari SAIDI sedangkan SAIFI tidak memenuhi standar. Sedangkan jika dibandingkan dengan standar WCC (*World Class Company*) & WCS (*World Class Service*) dengan SAIFI = 3 kali/tahun dan SAIDI = 1,66 jam/tahun maka penyulang CD-07 hanya memenuhi standar dari SAIDI sedangkan SAIFI tidak memenuhi standar tersebut.

Keywords— Sistem distribusi, keandalan, SAIFI, SAIDI, CAIDI

I. PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan tenaga listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat diikuti dengan meningkatnya taraf hidup masyarakat. Sistem distribusi merupakan salah satu sistem yang vital dalam hal penyaluran daya listrik dari sistem transmisi menuju ke beban dan konsumen. Kinerja dari sistem distribusi ini memiliki peranan yang sangat besar dalam memenuhi kebutuhan tenaga dan dapat mempengaruhi tingkat kepuasan terhadap konsumen[1].

Faktor kehandalan perlu menjadi perhatian dalam mengoperasikan system jaringan distribusi. Gangguan yang

banyak terjadi pada jaringan distribusi saat ini tentu saja dapat mempengaruhi keandalan dalam penyaluran energi listrik.[2].

Untuk mengetahui tingkat keandalan dalam penyaluran energi listrik ke pelanggan dapat dilakukan dengan perhitungan serta membandingkannya dengan standar yang telah ditetapkan.[3].

Oleh karena itu, parameter yang dapat dijadikan acuan dalam mengetahui keandalan penyaluran energi listrik yaitu dengan menghitung indeks jumlah rata-rata gangguan sistem selama setahun yaitu SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), indeks durasi rata-rata gangguan sistem selama setahun yaitu SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*). Dengan demikian, kualitas penyaluran energi listrik dapat dikatakan baik apabila durasi pemadamannya secepat mungkin dan frekuensi pemadaman yang terjadi sekecil-kecilnya.

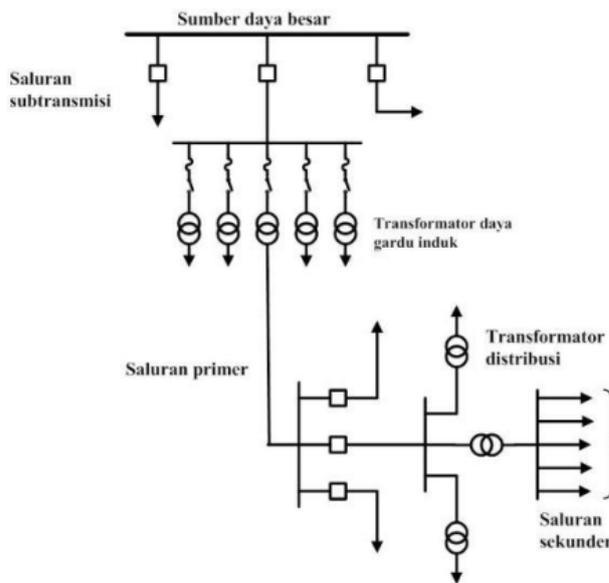
II. DASAR TEORI

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Dalam definisi secara umum, sistem distribusi adalah bagian dari sistem perlengkapan elektrik antara sumber daya besar (*bulk power source*, BPS) dan peralatan hubung pelanggan (*customer service switches*). Berdasar definisi ini maka sistem distribusi meliputi komponen-komponen berikut:

1. Sistem subtransmisi
2. Gardu induk distribusi
3. Penyulang distribusi atau penyulang primer
4. Transformator distribusi
5. Untai sekunder
6. Pelayanan pelanggan

Gambar 2.1 menunjukkan diagram satu garis dari sistem distribusi yang khas. Rangkaian subtransmisi mengirimkan energi dari sumber daya besar ke gardu induk distribusi. Tegangan subtransmisi berkisar antara 12,47 kV sampai dengan 245 kV.



Gambar 2.1 Diagram satu garis sistem distribusi

Setelah energi listrik sampai pada gardu induk distribusi, kemudian diturunkan tegangannya menggunakan transformator *step-down* menjadi tegangan menengah yang juga disebut sebagai tegangan distribusi primer. Kecenderungan pada saat ini tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah tegangan 20 kV. Setelah energi listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM), maka energi listrik kemudian diturunkan lagi tegangannya dalam gardu-gardu distribusi (transformator distribusi) menjadi tegangan rendah, yaitu tegangan 380/220 Volt, dan selanjutnya disalurkan melalui saluran sekunder atau Jaringan Tegangan Rendah (JTR) ke pelanggan PLN[4][5].

2.2. Keandalan Sistem Distribusi

Definisi keandalan (*reliability*) secara umum merupakan kemampuan sistem dapat berfungsi dengan baik untuk jangka waktu tertentu. Ukuran keandalan dapat dinyatakan dengan 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 yang tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai keandalan rendah akan menyebabkan sering terjadinya pemadaman[6].

Keandalan sistem distribusi sangat dipengaruhi oleh gangguan yang terjadi pada sistem yang menyebabkan terjadinya pemutusan beban atau *outage*, sehingga berdampak pada kontinuitas ketersediaan pelayanan tenaga listrik ke pelanggan. Tingkat keandalan pada sistem distribusi listrik dapat dilihat dari frekuensi terjadinya pemutusan beban (*outage*), berapa lama pemutusan terjadi dan waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan sistem dari pemutusan yang terjadi (*restoration*). Tingkat pemutusan yang terjadi ini berbanding terbalik dengan keandalan sistem. Frekuensi pemutusan beban yang tinggi akan mengakibatkan keandalan sistem yang rendah[7].

III. METODELOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah dengan melakukan perhitungan menggunakan bantuan perangkat lunak microsoft excell untuk mengetahui keandalan sistem terhadap gangguan yang kerap terjadi. Berikut ini merupakan metode dan langkah-langkah yang akan dilakukan adalah menghitung nilai indeks SAIFI, SAIDI, dan CAIDI terhadap gangguan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi Kota Lhokseumawe.

3.1. Metode pengumpulan data

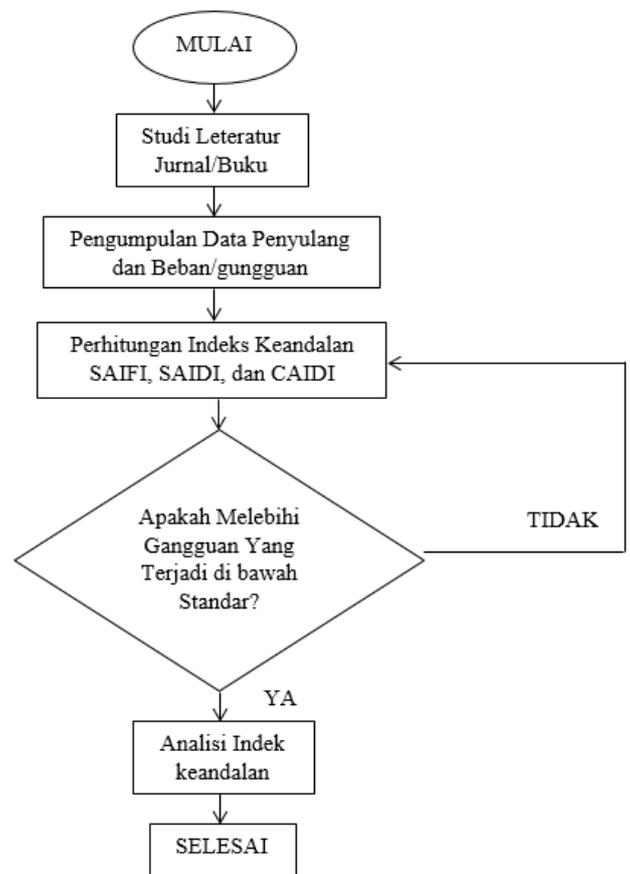
Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara-cara yang dapat digunakan peneliti untuk mengumpulkan data.

3.1.1. Data primier

Data ini diperoleh dari hasil pengamatan langsung terhadap objek penelitian. Salah satu metode yang digunakan yaitu dengan melakukan tanya jawab pada saat berada di lapangan untuk mengetahui kondisi gambaran umum sistem distribusi tenaga listrik di wilayah kerja PT. PLN (persero) Area Kota Lhokseumawe, guna untuk mengetahui tingkat keandalan sistem jaringan distribusi, dan target nilai indeks keandalan yang ingin dicapai oleh PT. PLN (persero) Area Kota Lhokseumawe.

3.1.2. Data sekunder

Proses pengumpulan data ini dilakukan dengan pengambilan data-data melalui studi pustaka dan dari data aset yang ada di PT. PLN (Persero) Area Kota Lhokseumawe.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2. Indek nilai keandalan

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

3.2.1. Laju kegagalan

Laju kegagalan adalah nilai rata-rata dari jumlah kegagalan pada selang waktu tertentu (T), dan dinyatakan dalam satuan kegagalan pertahun. Pada suatu pengamatan, nilai laju kegagalan dinyatakan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{f}{T} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana: λ = Angka kegagalan (kali/tahun)

f = Banyaknya kegagalan

T = Selang waktu pengamatan (1 tahun)

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

Nilai indeks ini didefinisikan sebagai jumlah rata-rata gangguan sistem yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya pertahun). Indeks ini ditentukan dengan persamaan :

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah dari perkalian angka kegagalan dan pelanggan padam}}{\text{Jumlah pelanggan total}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{\sum N_t} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana: λ_i = Angka kegagalan pada saluran i

N_i = Jumlah pelanggan pada saluran i

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani keseluruhan

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

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya gangguan sistem untuk setiap konsumen selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan persamaan :

$$SAIDI = \frac{\text{jumlah dari perkalian durasi gangguan dan pelanggan padam}}{\text{jumlah pelanggan}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum N_t} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana: U_i = Durasi gangguan pada saluran i

N_i = Jumlah pelanggan pada saluran i

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani keseluruhan

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

Nilai indeks ini di tinjau dari sisi pelanggan. Nilai indeks durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun, menginformasikan tentang waktu rata-rata untuk penormalan kembali gangguan tiap- tiap pelanggan dalam satu tahun dan ditetapkan ke dalam bentuk persamaan :

$$CAIDI = \frac{\text{Jumlah total durasi gangguan pelanggan}}{\text{Jumlah total gangguan pelanggan}}$$

$$CAIDI = \frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum \lambda_i \cdot N_i} \dots\dots\dots (3.4)$$

Indeks ini juga sama dengan perbandingan antara SAIDI dengan SAIFI

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \dots\dots\dots (3.5)$$

Besarnya nilai CAIDI ini dapat digambarkan sebagai besar durasi gangguan sistem distribusi keseluruhan ditinjau dari sisi pelanggan. Perbedaan nilai yang SAIDI dan CAIDI

mengindikasikan bahwa bagian yang keluar dari sistem hanya terkonsentrasi pada sisi pelanggan.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data jumlah pelanggan

Setelah melakukan pengambilan data di PT. PLN (Persero) Rayon Kota Lhokseumawe, didapatkan jumlah total pelanggan 11.832. Berikut ini data jumlah pelanggan pada penyulang CD-07.

Tabel 4.1 Data Jumlah Pelanggan

Nama Penyulang	Golongan Tarif	Jumlah Pelanggan
Penyulang CD - 07	B1	297
	I1	28
	P1	81
	R1	11.301
	S2	125
Total Jumlah Pelanggan		11.832

Tabel 4.2 Data gangguan penyulang CD-07

Bulan	Tanggal	Jam		Lama Padam (menit)
		Padam	Nyala	
Januari	17/01/2017	13:47	13:48	1
	26/01/2017	23:08	23:11	3
	31/01/2017	0:55	0:58	3
Febuari	12/02/2017	15:33	15:34	1
	13/02/2017	14:01	14:02	1
	17/02/2017	23:22	23:23	1
	23/02/2017	19:43	19:44	1
	26/02/2017	16:46	16:47	1
	28/02/2017	8:26	8:27	1
Maret	04/03/2017	7:05	7:07	2
	06/03/2017	17:51	17:53	1
	17/03/2017	18:42	18:43	1
	22/03/2017	12:59	14:22	83
	27/03/2017	7:57	7:58	1
April	08/04/2017	18:03	18:20	17
	11/04/2017	12:37	12:38	1
	13/04/2107	11:26	11:27	1
	18/04/2017	7:22	7:23	1
	18/04/2017	7:55	10:00	125
22/04/2017	7:00	7:05	5	

Mei	07/05/2017	9:33	9:35	2
	11/05/2017	3:30	3:31	1
Juni	02/06/2017	16:02	16:27	25
	06/06/2017	7:38	8:02	24
	24/06/2017	7:07	7:10	3
	25/06/2017	7:15	7:19	4
Juli	06/07/2017	16:32	16:36	4
	06/07/2017	16:46	17:30	44
	07/07/2017	17:29	17:30	1
	08/07/2017	12:59	13:02	3
	15/07/2017	8:30	8:31	1
	21/07/2017	7:20	7:21	1
26/07/2017	9:08	9:09	1	
Agustus	-	-	-	-
September	01/09/2017	14:38	14:39	1
	06/09/2017	17:13	17:16	3
	07/09/2017	19:54	19:55	1
	13/09/2017	13:51	13:53	2
	23/09/2017	7:20	7:21	1
Oktober	01/10/2017	4:06	4:07	1
	02/10/2017	17:22	17:24	2
	16/10/2017	10:59	11:06	7
	23/10/2017	21:01	21:02	1
	27/10/2017	13:05	13:05	0
	31/10/2017	8:07	8:09	2
November	02/11/2017	8:06	8:08	2
	04/11/2017	6:25	6:26	1
	09/11/2017	19:07	19:08	1
	12/11/2017	11:30	11:31	1
	16/11/2017	13:03	13:05	2
Desember	04/12/2017	1:42	1:45	3

4.2. Perhitungan dan analisis

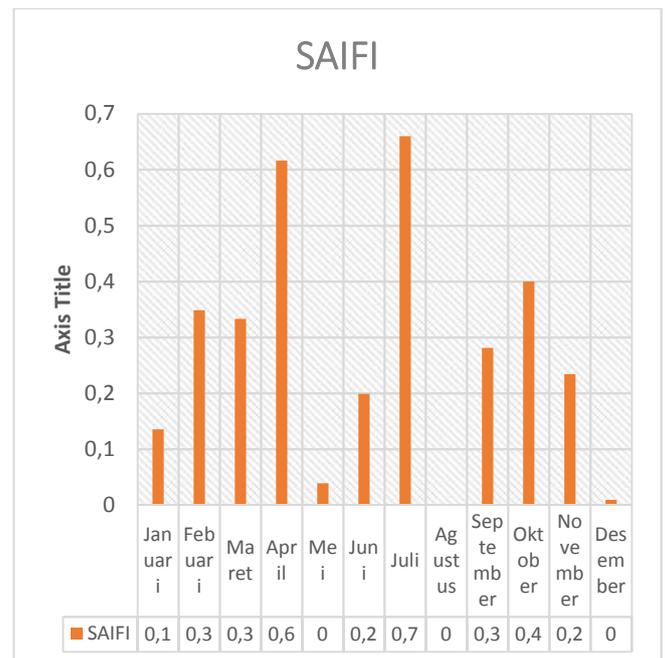
Perhitungan dan analisis yang dilakukan yaitu, perhitungan nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI.

1. SAIFI

Tabel 4.3 Nilai SAIFI Pada Penyulang CD-07

Bulan	Jumlah angka kegagalan	Jumlah pelanggan padam	Jumlah pelanggan penyulang	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)
Januari	3	534	11832	0,1354
Februari	6	687	11832	0,34838
Maret	5	789	11832	0,33342
April	6	1215	11832	0,61613

Mei	2	231	11832	0,03905
Juni	4	588	11832	0,19878
Juli	7	1115	11832	0,65965
Agustus	-	-	11832	-
September	5	666	11832	0,28144
Oktober	6	789	11832	0,4001
November	5	555	11832	0,23453
Desember	1	115	11832	0,00972
Total Nilai SAIFI Dalam Setahun				3,25659



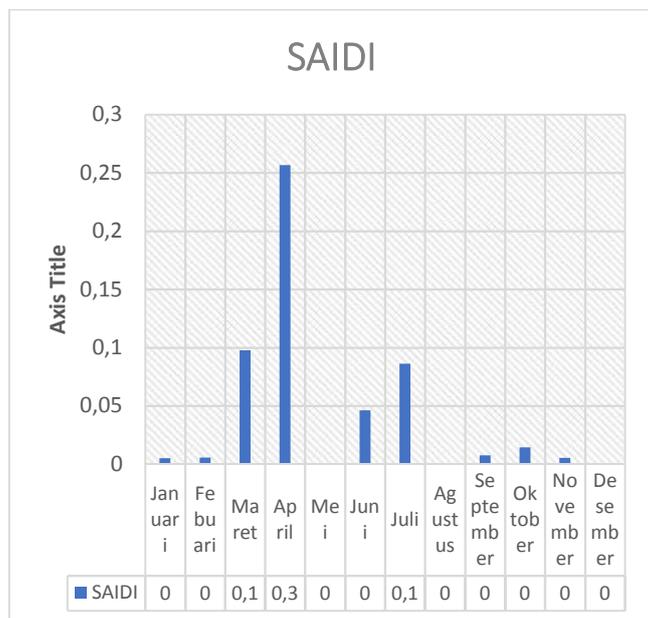
Gambar 4.1 Grafik SAIFI Penyulang CD-07

Dari hasil perhitungan nilai SAIFI pada penyulang CD-07, nilai SAIFI dapat dikategorikan handal jika mengacu pada standar nilai SAIFI menurut SPLN No 68-2 1986 yaitu sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun. Untuk standar internasional yang digunakan yaitu IEEE std 1366-2003 yang memiliki standar nilai SAIFI yaitu 1,45 kali/pelanggan/tahun, penyulang CD-07 yang berada pada Rayon Lhokseumawe dengan nilai SAIFI sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun dapat dikategorikan tidak handal, karena nilai SAIFInya tidak memenuhi standar nilai IEEE. Sedangkan untuk standar *World Class Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC) yang memiliki standar nilai SAIFI sebesar 3 kali/pelanggan/tahun, sedangkan untuk nilai SAIFI yang didapatkan berdasarkan data pemadaman yaitu sebesar 3,2 kali/pelanggan/tahun, jika mengacu pada nilai standar WCS dan WCC penyulang CD-07 dapat dikategorikan tidak handal dikarenakan tidak memenuhi standar dari WCS dan WCC.

2. SAIDI

Tabel 4.5 Nilai SAIDI Pada Penyulang CD-07

Bulan	Jumlah pelanggan padam	Jumlah pelanggan penyulang	Durasi Padam (Jam)	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)
Januari	534	11832	0,11667	0,00527
Februari	687	11832	0,1	0,00581
Maret	789	11832	1,46667	0,0978
April	1215	11832	2,5	0,25672
Mei	231	11832	0,05	0,00098
Juni	588	11832	0,93333	0,04638
Juli	1115	11832	0,91667	0,08638
Agustus	-	11832	-	-
September	666	11832	0,13333	0,00751
Oktober	789	11832	0,21667	0,01445
November	555	11832	0,11667	0,00547
Desember	115	11832	0,05	0,00049
Total Nilai SAIDI Dalam Setahun				0,52725



Gambar 4.2 Grafik SAIDI Penyulang CD-07

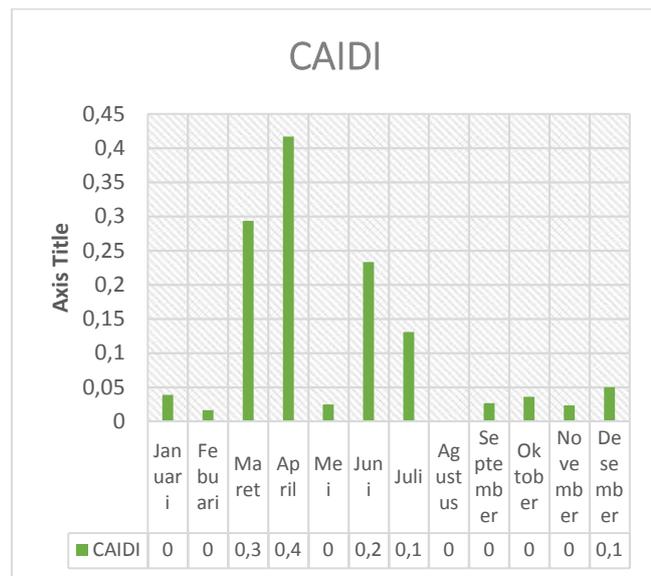
Dari hasil perhitungan nilai SAIDI pada penyulang CD-07 Rayon Kota Lhokseumawe, nilai SAIDI dapat dikategorikan handal jika mengacu pada standar nilai SAIDI menurut SPLN No 68-2 1986 yaitu sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun. Untuk standar internasional digunakan standar dari IEEE std 1366-2003 yang memiliki standar SAIFI yaitu sebesar 2,3 jam/pelanggan/tahun, jika dibandingkan dengan penyulang CD-07 Rayon Kota Lhokseumawe, nilai SAIDI yang didapatkan yaitu sebesar 0,52 jam/pelanggan/tahun dengan ini nilai SAIDI penyulang CD-07 dapat dikategorikan handal dikarenakan memenuhi standar dari IEEE std 1366-2003. Sedangkan untuk standar *World Class Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC) yang memiliki nilai SAIDI yaitu sebesar 1,666 jam/pelanggan/tahun, sedangkan untuk nilai SAIDI pada penyulang CD-07 yaitu sebesar 0,52 jam/pelanggan/tahun, jika ditinjau dari nilai SAIDI pada *World Class Service* (WCS) dan *World Class Company* (WCC) dengan hasil perhitungan SAIDI penyulang CD-07, maka dari itu penyulang CD-07 dengan nilai SAIDI sebesar 0,52 jam/pelanggan/tahun dapat dikategorikan handal karena nilai SAIDInya memenuhi standar dari *World Class Service*

(WCS) dan *World Class Company* (WCC) yang memiliki nilai SAIDI sebesar 1,666 jam/pelanggan/tahun.

3. CAIDI

Tabel 4.6 Nilai CAIDI Penyulang CD-07

Bulan	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)	CAIDI (jam/gangguan)
Januari	0,1354	0,00527	0,03889
Februari	0,34838	0,00581	0,01667
Maret	0,33342	0,0978	0,29333
April	0,61613	0,25672	0,41667
Mei	0,03905	0,00098	0,025
Juni	0,19878	0,04638	0,23333
Juli	0,65965	0,08638	0,13095
Agustus	-	-	-
September	0,28144	0,00751	0,02667
Oktober	0,4001	0,01445	0,03611
November	0,23453	0,00547	0,02333
Desember	0,00972	0,00049	0,05
Total	3,25659	0,52725	1,29095



Gambar 4.3 Grafik CAIDI Penyulang CD-07

Standar indeks nilai CAIDI yang digunakan adalah IEEE std 1366-2003 yaitu 1,47 jam/gangguan. Penyulang CD-07 yang ada di Rayon Kota Lhokseumawe telah memenuhi standar nilai IEEE karena nilai CAIDI nya lebih kecil dari standar nilai IEEE.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang CD-07 yang berada di wilayah kerja Rayon Kota Lhokseumawe dapat dikategorikan handal karena memenuhi dari standar nilai

- SAIFI dan SAIDI menurut SPLN No 68-2 1986 yaitu SAIFI 3,2 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI 21,09 jam/pelanggan/tahun.
2. Untuk standar internasional yang digunakan yaitu IEEE std 1366-2003 yang memiliki standar nilai SAIFI yaitu 1,45 kali/pelanggan/tahun, penyulang CD-07 dengan nilai SAIFI yaitu 3,3 kali/pelanggan/tahun dikategorikan kurang handal karena nilai SAIFI lebih besar dari standar IEEE dan untuk standar IEEE nilai SAIDI yaitu 2,3 jam/pelanggan/tahun, penyulang CD-07 memiliki nilai SAIDI yaitu 0,53 jam/pelanggan/tahun, dikategorikan handal karena nilai SAIDI telah memenuhi standar IEEE.
 3. Standar indeks nilai CAIDI penyulang CD-07 dapat dikategorikan handal karena telah memenuhi standar dari IEEE std 1366-2003 yaitu, 1,2 jam/tahun pada penyulang CD-07 dan 1,47 jam/tahun standar dari IEEE std 1366-2003.

VI. REFERENSI

- [1] G. A. Putra Yoga, "Analisa Keandalan Sistem Tenaga Listrik Di Wilayah Lampung Berdasarkan Ketersediaan Daya Pada Tahun 2016," p. 20, 2017.
- [2] M. Yulistya Perdana, I. T. Utomo M.T, and D. I. H. Soekotjo D. M.Sc, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Penyulang Jember Kota Dan Kalisat Di PT. PLN APJ Jember," pp. 1-9.
- [3] H. P. Wicaksono, I. G. N. S. Hernanda, and O. Penangsang, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section Technique," vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2012.
- [4] R. Hidayatullah, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20KV Menggunakan Metode Section Technique dan Ria – Section Technique pada Penyulang Adi Sucipto Pekanbaru," pp. 1-7, 2017.
- [5] A. T. Prabowo, B. Winardi, and S. Handoko, "ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20kV PADA PENYULANG PEKALONGAN 8 DAN 11," vol. 2, pp. 1-9, 2013.
- [6] T. A. Bondan Laksono, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di PT. PLN(PERSERO) UPJ Bantul," pp. 7-36, 2015.
- [7] 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)," vol. 5, no. 2, pp. 1-6, 2016.