

P-33

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PENYULANG 20 kV PADA PT. PLN (PERSERO) RAYON TANJUNG REDEB PADA TAHUN 2021 DENGAN MENGGUNAKAN METODE SECTION TECHNIQUE

ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF THE 20 kV DISTRIBUTION SYSTEM OF PT PLN (PERSERO) RAYON TANJUNG REDEB IN 2021 BY USING THE SECTION TECHNIQUE METHOD.

Muhammad Ammar Faruq^{1*}, Muslimin², Restu Mukti Utomo³,
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jalan Abdul Wahab Syahrani, Samarinda, Kalimantan Timur

*E-mail: faruqammari@gmail.com

Diterima 06-10-2023	Diperbaiki 13-10-2023	Disetujui 17-10-2023
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

Belum diketahuinya nilai indeks keandalan pada sistem distribusi penyulang 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb dengan menggunakan metode Section Technique. Belum diketahuinya perbandingan antara indeks keandalan sistem distribusi penyulang 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb dengan standar IEEE dan SPLN. Belum diketahuinya cara untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Untuk mengetahui indeks keandalan pada sistem distribusi penyulang 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb menggunakan metode Section Technique Untuk mengetahui perbandingan antara indeks keandalan sistem distribusi penyulang 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb dengan standar IEEE dan SPLN. Untuk mengetahui cara meningkatkan keandalan pada sistem distribusi penyulang 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb menggunakan metode Section Technique Metode Section Technique merupakan metode yang terstruktur dalam menganalisa suatu sistem. Metode section technique ini dalam menganalisis suatu keandalan sistem distribusi didasarkan pada bagaimana suatu kegagalan dari peralatan mempengaruhi operasi sistem. Efek dari gangguan individual peralatan secara sistematis diidentifikasi dengan menganalisis apa yang terjadi jika mengalami gangguan. Kemudian masing-masing kegagalan pada peralatan akan dianalisis dari semua titik beban (load point) Hasil analisis indeks keandalan menggunakan metode section technique pada penyulang BRU 1 tahun 2021 didapat nilai SAIFI sebesar 6,44433 kali/pelanggan/tahun, SAIDI sebesar 8,3787 jam/pelanggan/tahun, dan CAIDI sebesar 3,90196 jam/kegagalan. Dari hasil analisis keandalan metode section technique nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021 dibandingkan dengan standar SPLN 68-2: 1986 dengan nilai SAIFI 3,2 kali/pelanggan/tahun, SAIDI 21 jam/pelanggan/tahun, dan CAIDI 6,56 jam/kegagalan. Maka dapat dilihat bahwa nilai SAIFI penyulang BRU 1 sebesar 6,44433 kali/pelanggan/tahun belum memenuhi standar, sedangkan nilai SAIDI sebesar 8,3787 jam/pelanggan/tahun dan CAIDI sebesar 3,90196 jam/kegagalan penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021 masih memenuhi standar dan tergolong handal. Jika dibandingkan dengan standar IEEE dengan nilai SAIFI 1,45 (kali/pelanggan/tahun), SAIDI 2,3 (jam/pelanggan/tahun), dan CAIDI 1,59 (jam/kegagalan). Maka dapat dilihat bahwa nilai SAIFI SAIFI sebesar 6,44433 penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021, nilai SAIDI sebesar 8,3787 jam/pelanggan/tahun, penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021 dan nilai CAIDI sebesar 3,90196 jam/kegagalan penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021, belum memenuhi standar.

Kata kunci: Sistem Jaringan Distribusi, Keandalan Sistem, Rayon Tanjung Redeb, Section Technique, SAIFI, SAIDI, CAIDI

ABSTRACT

The reliability index value of the 20 kV feeder distribution system at PT is not yet known. PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb using the Section Technique method. The comparison between the reliability index of the 20 kV feeder distribution system at PT. PLN (Persero) Tanjung Redeb Rayon with IEEE and SPLN standards. There are no known ways to increase the reliability of the electricity distribution system. To determine the reliability index of the 20 kV feeder distribution system at PT.

PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb uses the Section Technique method to determine the comparison between the reliability index of the 20 kV feeder distribution system at PT. PLN (Persero) Tanjung Redeb Rayon with IEEE and SPLN standards. To find out how to increase reliability in the 20 kV feeder distribution system at PT. PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb uses the Section Technique method. The Section Technique method is a structured method for analyzing a system. This section technique method in analyzing a distribution system's reliability is based on how an equipment failure affects system operation. The effects of individual equipment faults are systematically identified by analyzing what happens if they experience a fault. Then each equipment failure will be analyzed from all load points. The results of the reliability index analysis using the section technique method on the BRU 1 feeder in 2021 obtained a SAIFI value of 6.44433 times/customer/year, SAIDI of 8.3787 hours /customer/year, and CAIDI of 3.90196 hours/failure. From the results of the reliability analysis of the section technique method, the SAIFI, SAIDI and CAIDI values of the PT.PLN Rayon Tanjung Redeb BRU 1 feeder in 2021 were compared with the SPLN 68-2: 1986 standard with a SAIFI value of 3.2 times/customer/year, SAIDI 21 hours/customers/year, and CAIDI 6.56 hours/failure. So it can be seen that the SAIFI value of BRU 1 feeder is 6.44433 times/customer/year and does not meet the standard, while the SAIDI value is 8.3787 hours/customer/year and CAIDI is 3.90196 hours/failure of BRU 1 feeder PT.PLN Rayon Tanjung Redeb in 2021 still meets standards and is classified as reliable. When compared with IEEE standards with a SAIFI value of 1.45 (times/customer/year), SAIDI 2.3 (hours/customer/year), and CAIDI 1.59 (hours/failure). So it can be seen that the SAIFI SAIFI value is 6.44433 for BRU 1 feeder PT.PLN Rayon Tanjung Redeb in 2021, the SAIDI value is 8.3787 hours/customer/year, the BRU 1 feeder for PT.PLN Rayon Tanjung Redeb in 2021 and the CAIDI value is as high as 3.90196 hours/failure of feeder BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb in 2021, does not meet standards.

Keywords: Distribution Network System, System Reliability, Rayon Tanjung Redeb, Section Technique, SAIFI, SAIDI, CAIDI

PENDAHULUAN

Sistem distribusi listrik secara luas sebagai bagian sistem tenaga listrik antara gardu induk penyaluran (*the bulk power sources*) dan fasilitas pelanggan (*customers' facilities*). Pada umumnya sistem distribusi diartikan sebagai bagian dari sistem listrik antara gardu induk distribusi dengan pelayanan pelanggan. Di negara Indonesia, tegangan pada subtransmisi memanfaatkan tegangan tinggi 70 kV. Tegangan listrik dari subtransmisi masuk ke gardu induk distribusi dan diturunkan menjadi tegangan menengah 20 kV, yang sebelumnya terlebih dahulu tegangan diturunkan oleh trafo distribusi menjadi tegangan rendah 220/380V [1]

Untuk mengetahui tolak ukur keandalan suatu penyulang maka ada penetapan indeks keandalan yaitu besaran untuk membandingkan suatu sistem distribusi. Indeks-indeks keandalan yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*). Sebagai tolak ukur penentu indeks keandalan yaitu berdasarkan standar PLN dan juga berdasarkan IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) [2]

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu dengan yang lainnya dihubungkan oleh jaringan transmisi dan jaringan distribusi sehingga merupakan sebuah satu kesatuan yang saling terinterkoneksi. Pembangkitan tenaga listrik berasal dari pusat-pusat listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG dan PLTD. Tegangan dari pusat listrik akan dinaikkan oleh trafo penaik tegangan (*step up transformer*), kemudian disalurkan melalui saluran transmisi Tegangan Tinggi 66 kV dan 150 kV. Sedangkan untuk saluran Tegangan Ekstra Tinggi mempunyai tegangan mulai 500 kV [1].

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka akan sampai ke Gardu Induk (GI) dan tegangannya akan diturunkan oleh trafo penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan distribusi primer yang dipakai PLN dengan besar tegangan 20 kV, 12 kV dan 6 kV. Setelah melalui jaringan distribusi primer tegangan akan diturunkan oleh gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah 380/220 volt atau 220/127 volt, kemudian disalurkan ke pelanggan PLN [1].

METODOLOGI

Metode *Section Technique* merupakan metode yang terstruktur dalam menganalisa suatu sistem. Metode *section technique* ini dalam menganalisis suatu keandalan sistem distribusi didasarkan pada bagaimana suatu kegagalan dari peralatan mempengaruhi operasi sistem. Efek dari gangguan individual peralatan secara sistematis diidentifikasi dengan menganalisis apa yang terjadi jika mengalami gangguan. Kemudian masing-masing kegagalan pada peralatan akan dianalisis dari semua titik beban (*load point*) [3].

INDEKS TITIK BEBAN

- a. Frekuensi Gangguan (*failure rate*) setiap titik beban yaitu penjumlahan laju kegagalan semua peralatan yang berpengaruh terhadap titik beban.

$$\lambda_i = \lambda \times P \tag{1}$$

dimana:

λ = laju kegagalan untuk peralatan K (unit/tahun)

P = perpanjangan saluran (km/unit)

- b. Lama gangguan tahunan rata-rata untuk titik beban

$$U_i = \sum_{i=K} \lambda_i \times r_i \tag{2}$$

dimana:

U_i = durasi gangguan untuk peralatan K

λ_i = laju kegagalan konstan (kegagalan/tahun)

r_i = waktu perbaikan peralatan (*repairing time or switching*)

$i = 1, 2, 3, \dots, K$

K = Semua peralatan yang berpengaruh terhadap load point

INDEKS KEANDALAN

- a. SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) menginformasikan tentang frekuensi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi, cara menghitungnya yaitu total frekuensi pemadaman dari konsumen dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani. Secara matematis dituliskan sebagai:

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \tag{3}$$

dimana:

λ_i = indeks kegagalan rata-rata per tahun (*failure/year*)

N = jumlah konsumen pada sistem

N_i = jumlah konsumen pada titik beban

- b. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi, cara menghitungnya yaitu total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani. Secara matematis dituliskan sebagai:

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i \times N_i)}{\sum N} \tag{4}$$

dimana:

U_i = durasi kegagalan peralatan pada titik beban (*hour/year*)

N = jumlah konsumen pada sistem

N_i = jumlah konsumen pada titik beban

- c. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata konsumen untuk setiap gangguan yang terjadi, cara menghitungnya yaitu SAIDI dibagi dengan SAIFI.

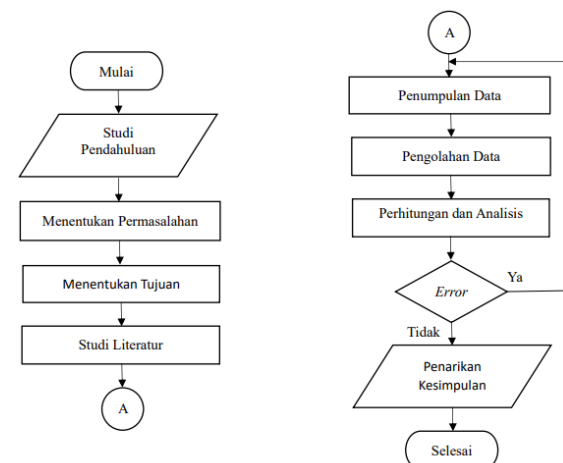
$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \tag{5}$$

Tabel 1 Standar Nilai Indeks Keandalan

Standar Indeks Keandalan	SAIFI Kali/Tahun	SAIDI Jam/Tahun	CAIDI Jam/Kegagalan
SPLN 68-2:1986	3,2	21	6,56
IEEE std 1366-2003	1,45	2,3	1,59

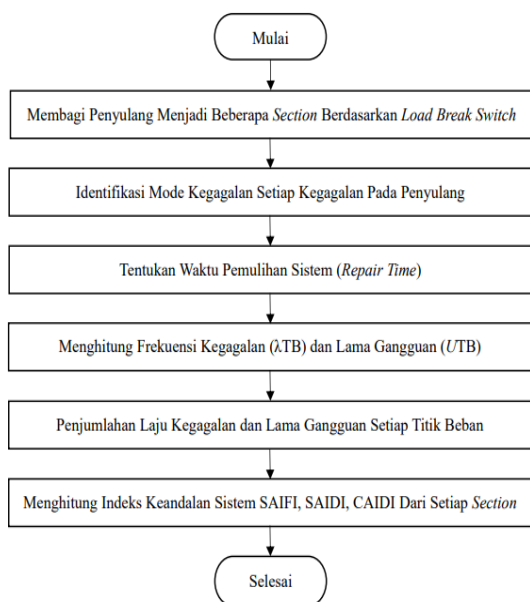
TAHAPAN PENELITIAN

Berikut adalah Diagram tahapan penelitian yang dilakukan:



Gambar 1 Diagram tahapan penelitian

Berikut ini adalah tahapan-tahapan penyelesaian dari metode *section technique*:



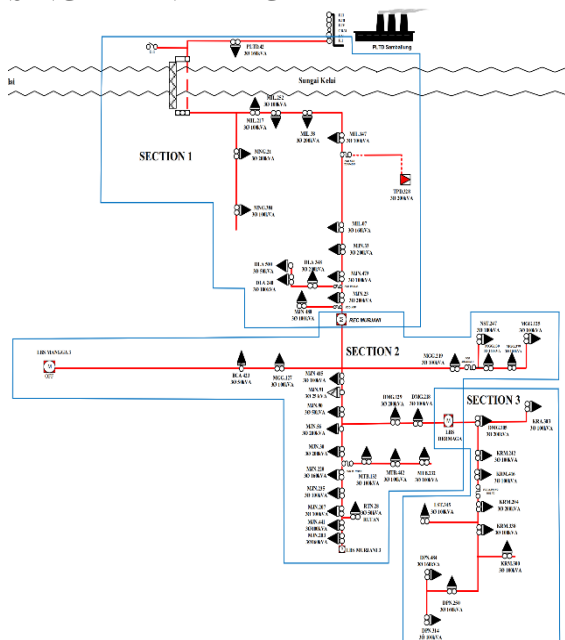
Gambar 2 Flowchart perhitungan dan analisis keandalan menggunakan metode section technique

(Persero) Rayon Tanjung Redeb sebagai objek yang akan dianalisa pada pembahasan skripsi ini. Data gangguan yang terjadi pada tahun 2021. Pada data tersebut di analisa secara matematis untuk mendapatkan nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI dengan menggunakan metode section technique pada penyulang PT.PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb dengan sesuai jumlah pelanggan yang ada.

Tabel 2 Data Peralatan dan Data Konsumen

No.	Titik Beban	Jumlah Konsumen
1	DMG 105	114
2	KRA 303	67
3	KRM 242	69
4	KRM 416	116
5	KRM 204	53
6	KRM 338	57
7	LST 345	34
8	KRM 300	31
9	DPN 484	28
10	DPN 250	97
11	DPN 314	44
Total	11	710

SINGLE LINE DIAGRAM



Gambar 3 Single Line Diagram Penyulang BRU 1

Tabel 3 Data Panjang Saluran

No.	Saluran Penyulang	Panjang Saluran (km)
1	LINE 96	0,10
2	LINE 97	0,10
3	LINE 98	0,03
4	LINE 99	0,60
5	LINE 100	0,20
6	LINE 101	0,03
7	LINE 102	0,50
8	LINE 103	0,20
9	LINE 104	0,30
10	LINE 105	0,60
11	LINE 106	0,90
12	LINE 107	0,90
13	LINE 108	0,80
14	LINE 109	0,04
15	LINE 110	0,60
16	LINE 111	0,50
17	LINE 112	0,60
18	LINE 113	0,40
19	LINE 114	0,50
20	LINE 115	0,90
21	LINE 116	0,10
22	LINE 117	0,30
23	LINE 118	0,40
24	LINE 119	0,50
25	LINE 120	0,10
26	LINE 121	0,20
27	LINE 122	0,40
28	LINE 123	0,60
29	LINE 124	0,10
30	LINE 125	0,90
31	LINE 126	0,60
32	LINE 127	0,70
33	LINE 128	0,90
34	LINE 129	0,30
35	LINE 130	0,20
36	LINE 131	0,12
37	LINE 132	0,50
Total	37	15,72

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjadi faktor yang sangat penting bagi PT.PLN (Persero) Rayon Tanjung Redeb dikarenakan merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang penyedia energi listrik dimana tujuannya adalah untuk memenuhi kebutuhan energi listrik ke konsumen sehingga indeks merupakan nilai yang wajib dipenuhi keandalan sistem dengan menggunakan perhitungan SAIDI, SAIFI dan CAIDI dengan menggunakan metode section technique maka akan diketahui suatu sistem masuk ke dalam kategori handal atau tidak, pada PT.PLN

Tabel 4 Indeks Kegagalan Peralatan

No.	Peralatan	Failure Rate (λ)	Repair Time (U)
1	LBS DERMAGA	0,00012	1,4
2	DMG 105 – DPN 314	0,06613	1,4
3	LINE 96 - LINE 132	0,06629	1,29

Tabel 5 Worksheet Section Technique

No.	Nama Peralatan	Titik Beban dipengaruhi Repair Time
1	LBS DERMAGA	TB39 - TB49
2	DMG 105	TB39
3	KRA 303	TB40
4	KRM 242	TB41
5	KRM 416	TB42
6	KRM 204	TB43
7	KRM 338	TB44
8	LST 345	TB45
9	KRM 300	TB46
10	DPN 484	TB47
11	DPN 250	TB48
12	DPN 314	TB49
13	LINE 96 – LINE 132	TB39 - TB49

Tabel 5 Perhitungan (λ) Titik Beban 39

Peralatan	Failure Rate Peralatan (Kegagalan/Unit/Tahun)	Panjang Saluran (km)	λ (fault/year)
LBS DERMAGA	0,06612	-	0,06612
DMG 105	0,06613	-	0,06613
LINE 96	0,06629	0,1	0,00663

Tabel 6 Perhitungan (U) Titik Beban 39

Perlatan	λ (fault/year)	Waktu Perbaikan (hour)	U (hour/year)
LBS DERMAGA	0,06612	1,4	0,0926
DMG 105	0,06613	1,4	0,0926
LINE 96	0,00663	1,29	0,0086

Tabel 7 Nilai Frekuensi Kegagalan dan Lama Gangguan Pada Titik Beban

Titik Beban	λ (fault/year)	U (hour/year)
DMG 105 TB39	1,17433	1,52946
KRA 303 TB40	1,17433	1,52946
KRM 242 TB41	1,17433	1,52946
KRM 416 TB42	1,17433	1,52946
KRM 204 TB43	1,17433	1,52946
KRM 338 TB44	1,17433	1,52946
LST 345 TB45	1,17433	1,52946
KRM 300 TB46	1,17433	1,52946
DPN 484 TB47	1,17433	1,52946
DPN 250 TB48	1,17433	1,52946
DPN 314 TB49	1,17433	1,52946

Berdasarkan table diatas dapat diperoleh SAIFI, SAIDI dan CAIDI sebagai berikut :

$$SAIFI_{TB39} = \frac{N_{TB39} \times \lambda_{TB39}}{N_{Section 3}}$$

$$= \frac{114 \times 1,17433}{710}$$

$$= 0,18855 \text{ Kali/Pelanggan/Tahun}$$

$$SAIDI_{TB39} = \frac{N_{TB39} \times U_{TB39}}{N_{Section 3}}$$

$$= \frac{144 \times 1,52946}{710}$$

$$= 0,24558 \text{ Jam/Pelanggan/Tahun}$$

$$CAIDI_{TB39} = \frac{SAIDI_{TB39}}{SAIFI_{TB39}} = \frac{0,24558}{0,18855}$$

$$= 1,30241 \text{ Jam/Pelanggan}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai indeks keandalan SAIFI, SAIDI dan CAIDI pada TB39 sampai TB49 dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 8 Indeks Keandalan TB39 sampai TB49

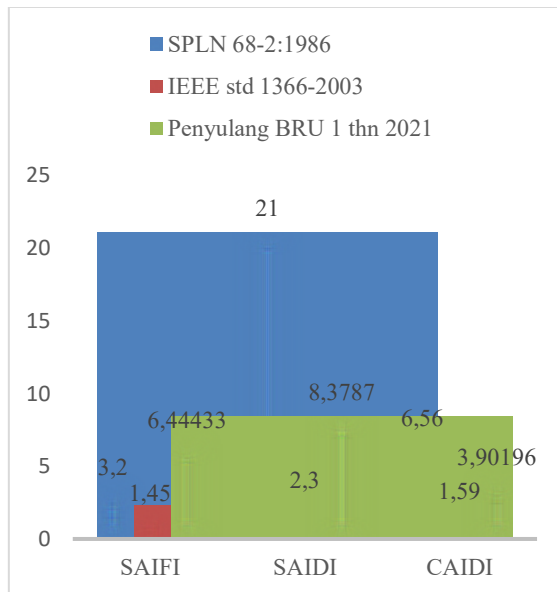
Titik Beban	SAIFI	SAIDI	CAIDI
DMG 105	0,18855	0,24558	1,30241
KRA 303	0,11082	0,14433	1,30241
KRM 242	0,11413	0,14864	1,30241
KRM 416	0,19186	0,24988	1,30241
KRM 204	0,08766	0,11417	1,30241
KRM 338	0,09428	0,12279	1,30241
LST 345	0,05624	0,07324	1,30241
KRM 300	0,05127	0,06678	1,30241
DPN 484	0,04631	0,06032	1,30241
DPN 250	0,16044	0,20895	1,30241
DPN 314	0,07278	0,09478	1,30241
HASIL	1,17433	1,52946	1,30241

Setelah mengetahui indeks keandalan setiap section yang ada pada penyulang BRU 1, maka dapat diperoleh nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI pada penyulang tahun 2021 dengan cara menjumlahkan indeks keandalan pada setiap section. Sedangkan untuk indeks keandalan CAIDI dengan cara menjumlahkan indeks keandalan pada setiap section kemudian dibagi jumlah section yang ada pada penyulang. Dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9 Indeks Keandalan Sistem Persection

Standar Indeks Keandalan	SAIFI Kali/Tahun	SAIDI Jam/Tahun	CAIDI Jam/Kegagalan
--------------------------	------------------	-----------------	---------------------

1	3,16310	4,10960	1,29923
2	2,10690	2,73964	1,30032
3	1,17433	1,52946	1,30241
TOTAL	6,44433	8,37870	3,90196



Gambar 3 Grafik Perbandingan Analisis Metode Section Technique

KESIMPULAN

Dari hasil analisis keandalan metode *section technique* nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021 dibandingkan dengan standar SPLN 68-2: 1986 dengan nilai SAIFI 3,2 kali/pelanggan/tahun, SAIDI 21 jam/pelanggan/tahun, dan CAIDI 6,56 jam/kegagalan. Maka dapat dilihat bahwa nilai SAIFI penyulang BRU 1 sebesar 6,44433 kali/pelanggan/tahun belum memenuhi standar, sedangkan nilai SAIDI sebesar 8,3787 jam/pelanggan/tahun dan CAIDI sebesar 3,90196 jam/kegagalan penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021 masih memenuhi standar dan tergolong handal. Jika dibandingkan dengan standar IEEE dengan nilai SAIFI 1,45 (kali/pelanggan/tahun), SAIDI 2,3 (jam/pelanggan/tahun), dan CAIDI 1,59 (jam/kegagalan). Maka dapat dilihat bahwa nilai SAIFI sebesar 6,44433 penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021, nilai SAIDI sebesar 8,3787 jam/pelanggan/tahun, penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021 dan nilai CAIDI sebesar 3,90196 jam/kegagalan penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb tahun 2021, belum memenuhi standar.

SARAN

Sangat diperlukan pemeliharaan rutin terhadap peralatan-peralatan yang ada

pada penyulang BRU 1 PT.PLN Rayon Tanjung Redeb terutama saluran udara yang factor gangguannya cukup besar agar keandalan sistem tetap terjaga. Untuk penelitian selanjutnya dapat mencoba perhitungan indeks keandalan suatu jaringan distribusi 20 kV dengan menggunakan metode yang lain. Untuk perhitungan indeks keandalan selanjutnya bisa menghitung lebih dari satu penyulang dan ruang lingkup yang berbeda dan dapat dikembangkan dalam bagian perencanaan untuk dapat memenuhi nilai keandalan sistem distribusi sesuai dengan indeks keandalanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.H. An, B.H. Kim, J.H. Jeong, D.M. Kim, Ajiatmo, D., & Wigantoro, A. H. (2013). *Kajian Mencari Alternatif Keandalan Sistem Kelistrikan Dan Efisiensi Jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah (Studi Kasus: PT PLN (Persero) Area Situbondo)*. Jombang: Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum.
- [2] Jufrizel, M., & Hidayatullah, R. (2017). *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20KV Menggunakan Metode Section Technique Dan Ria – Section Technique Pada Penyulang Adi Sucipto Pekanbaru*. Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.
- [3] Partawan, I. N., Arjana, I. G. D., & Weking, A. I. (2014). *Studi Perbandingan Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Menggunakan Metode Section Technique Dan Rnea Pada Penyulang Renon*. Bali: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- [4] M.F. Ubaidullah Al-Amin. (2021). *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah Pada Gardu Induk Tengkawang Kota Samarinda Menggunakan Metode Section Technique*
- [5] Al qoyyimi, T. A., Penangsang, O., & Aryani, N. K. (2017). *Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Penyulang Tegalsari Surabaya Dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (Geographic Information System)*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [6] Gonen, T. (1986). *Electric Power Distribution Sistem Engineering*. Mc Graw-Hill. United States of America.
- [7] SPLN 52-3, 1983: 5. *Pola Pengamanan Sistem Distribusi 6 KV dan 20 KV*. Jakarta:

- Departemen Pertambangan dan Energi,
Perusahaan Umum Milik Negara.
- [8] Kadir A,. (2000). *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia
- [9] Sanaky, M. R. (2017). *Peningkatan Indeks Keandalan Dengan Penambahan Recloser Pada Sistem Distribusi Di Pltd Subaim Menggunakan Metode Section Technique*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang
- [10] R. Wibowo. dkk. (2010). *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*
- [11] J.E. Wicaksono (2019). *Penyulang Lowokwaru Menggunakan Metode RIA (Reliability IndexAssessment) Dan Software Etap (Electrical Transient Analisis Program)* Universitas Muhammadiyah Malang, 2019.
- [12] SPLN 68-2, 1986 : *Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik, Bagian dua:Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Milik Negara.
- [13] SPLN 1, 1995 : *Tegangan-Tegangan Standar*. Jakarta Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Milik Negara.
- [14] SPLN 59, 1985. *Keandalan Pada Sistem Distribusi 6 KV dan 20 KV*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi, Perusahaan Umum Milik Negara.