

# ANALISA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20KV DI PT. PLN (PERSERO) RAYON KUDUS KOTA MENGGUNAKAN METODE *SECTION TECHNIQUE*

<sup>1</sup> Mohammad Remy Hanif, <sup>2</sup> Titiek Suheta

<sup>1</sup> Sistem Tenaga, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya

<sup>2</sup> Sistem Tenaga, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya

<sup>1</sup> Rexymohammad@gmail.com, <sup>2</sup> hita@itats.ac.id

**Abstract** - This study was made with the aim of calculating the reliability index of the 20 kV distribution system in APJ Kudus on KDS2 feeders, with a network length of 21.267 km and 5207 subscribers. Using the section technique method, which is a method that performs reliability evaluation by breaking the system into smaller parts, so that the possibility of errors can be minimized, and the time required is shorter. The calculation results show that the SAIFI value is 4.2705 times / year and the SAIDI value is 6.81167 hours / year. The SAIFI value is not in accordance with the SPLN standard which is 3.2 times / year, this is due to too long air ducts, external disturbances (rain, lightning, wind), and internal disturbances (human factors of equipment). However, the SAIDI value is in accordance with the SPLN standard, namely 21 hours / year.

**Keywords** — Reliability, SAIDI, SAIFI, Section Method

**Abstrak** — Penelitian ini dibuat dengan tujuan menghitung indeks keandalan sistem distribusi 20 kV di APJ Kudus pada Penyulang KDS2, dengan panjang jaringan 21,267 km dan 5207 pelanggan. Menggunakan metode *section technique*, yaitu metode yang melakukan evaluasi keandalan dengan cara memecah sistem dalam bagian-bagian yang lebih kecil, sehingga kemungkinan terjadi kesalahan dapat diminimalkan, dan waktu yang dibutuhkan lebih singkat. Hasil perhitungan didapatkan nilai SAIFI 4,2705 kali/tahun dan nilai SAIDI 6,81167 jam/tahun. Nilai SAIFI tidak sesuai dengan standar yang SPLN yaitu 3,2 kali/tahun, hal ini dikarenakan saluran udara yang terlalu panjang, gangguan eksternal (hujan, petir, angin), dan gangguan internal (faktor manusia peralatan). Namun untuk nilai SAIDI telah sesuai dengan standar SPLN yaitu 21 jam/tahun.

**Kata Kunci** — Keandalan, SAIDI, SAIFI, Metode Section Technique

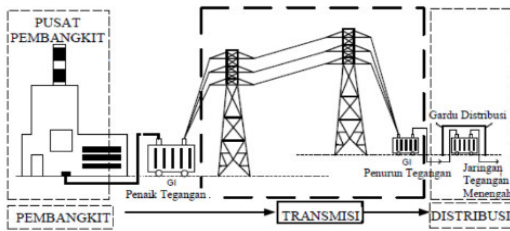
## I. PENDAHULUAN

Pada sistem tenaga listrik tingkat keandalan adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut. Keandalan dapat dilihat dari sejauh mana suplai tenaga listrik dapat mensuplai secara kontinyu dalam satu tahun. Gangguan yang paling mendasar pada penyaluran

daya listrik adalah gangguan yang disebabkan oleh aspek sumber daya manusia (SDM) di perusahaan, yaitu *human error* dan kinerja pengawasan yang rendah, gangguan yang disebabkan pemasangan alat atau material tidak sesuai SOP. Gangguan yang disebabkan oleh lingkungan yang mempengaruhi kinerja distribusi listrik, kerusakan mesin, masalah arus listrik, kualitas alat dan mesin yang buruk dalam mendistribusikan listrik. Indeks keandalan yang dipakai dalam penelitian ini adalah SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), dan SAIDI (System Average Interruption Frequency Index) dan CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index).[1]

Perbandingan Keandalan Sistem Distribusi 20 kV menggunakan Metode Section Technique dan RNEA Pada Penyulang Renon. Berdasarkan hasil kedua metode tersebut akan dibandingkan dengan *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP) sebagai referensi. Berdasarkan hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa Persentase perhitungan dengan metode *Section Technique* memiliki hasil perhitungan yang mendekati program ETAP sedangkan persentase perhitungan menggunakan metode RNEA (*Reliability Network Equivalent Approach*) memiliki hasilnya yang cukup jauh dari program ETAP.[2]

Tenaga listrik dibangkitkan oleh pusat-pusat tenaga listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTP, PLTGU dan PLTD, kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator, sebagai penaik tegangan yang ada di pusat listrik. Saluran tegangan tinggi di Indonesia mempunyai tegangan 150 kV yang disebut sebagai saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dan tegangan 500 kV yang disebut sebagai saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET). Saluran transmisi ada yang berupa saluran udara dan ada pula yang berupa kabel tanah. Karena saluran udara harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan kabel tanah, maka saluran transmisi kebanyakan berupa saluran udara.[3]



**Gambar 1.** Proses Penyaluran Tenaga Listrik dari Pembangkit ke konsumen.[4]

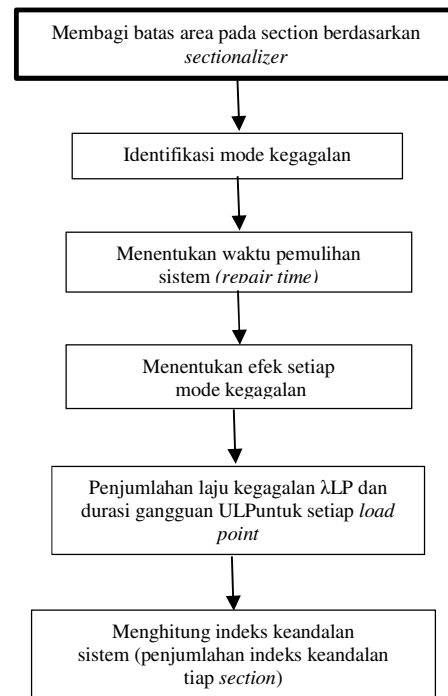
APJ Kudus adalah salah satu APJ terbesar di Jawa Tengah, dimana APJ ini membawahi beberapa UPJ dan banyak penyulang dalam satu area tersebut, salah satunya Penyulang KDS2. Diketahui pada penyulang KDS2 total panjang jaringan 21,267 kms dengan 5207 pelanggan. Nilai SAIFI melebihi standar SPLN No.59 : 1985 yaitu 3,2 kali/tahun dan untuk SAIDI belum diketahui karena belum ditentukan total berapa lama durasi gangguannya. Hal ini terbukti pada tahun 2018 Penyulang KDS2 mengalami 16 kali/tahun gangguan.

Dalam penelitian ini dilakukan studi perhitungan tingkat keandalan di APJ Kudus untuk mengetahui apakah APJ tersebut sudah memberikan pelayanan yang memuaskan terhadap konsumen dengan menggunakan metode section technique. Metode ini dalam melakukan evaluasi keandalan dengan cara memecah sistem dalam bagian-bagian yang lebih kecil, sehingga kemungkinan terjadi kesalahan dapat diminimalkan, dan waktu yang dibutuhkan lebih singkat.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Metoda

Untuk mendapatkan nilai SAIDI, SAIFI menggunakan metode section technique pada penyulang KDS 2, karena pada tahun 2018 nilai SAIFInya mengalami 16 kali/tahun gangguan, sehingga melebihi standar dari SPLN yaitu 3,2 kali/tahun gangguan. Sedangkan nilai SAIDI sebesar 21 jam/tahun, sesuai standar SPLN.



**Gambar 2.** Blok Diagram Metode Section Technique

Langkah-langkah menggunakan metode Section Technique:

1. Membagi batas area pada section berdasarkan Section analyzer ditunjukkan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Jumlah pelanggan tiap load point pada section 1

No. Load Point	Jumlah Pelanggan
1	192
2	202
3	125
4	203
5	312
6	126
7	332
8	232
9	287
10	96
11	315
12	184
13	128

Tabel 2. Jumlah pelanggan tiap load point pada section 2

No. Load Point	Jumlah Pelanggan
14	266
15	138
16	113
17	115
18	219
19	232
20	321

No. Load Point	Jumlah Pelanggan
21	138
22	112
23	170
24	255
25	191
26	203

Dari tabel 2 dijelaskan, bahwa Pelanggan untuk *section* I dan 2 masing-masing sebanyak 2734 dan 2473 pelanggan, yang terdiri dari pelanggan industri, rumah tangga, publik dan komersil.

2. Panjang saluran pada penyulang KDS2

Tabel 3. Panjang Tiap-tiap Saluran pada *section* 1

Saluran	L (km)
Line 1	0.681
Line 2	0.938
Line 3	0.798
Line 4	0.986
Line 5	0.895
Line 6	0.717
Line 7	0.739
Line 8	0.976
Line 9	0.665
Line 10	0.921
Line 11	0.742
Line 12	0.772
Line 13	0.723

Tabel 4. Panjang Tiap-tiap Saluran pada *section* 2

Saluran	L (km)
Line 14	0.882
Line 15	0.793
Line 16	0.782
Line 17	0.985
Line 18	0.897
Line 19	0.839
Line 20	0.609
Line 21	0.841
Line 22	0.886
Line 23	0.691
Line 24	0.866
Line 25	0.851
Line 26	0.792

Penyulang KDS2 terbagi menjadi 26 saluran udara dengan total panjang mencapai 21.267 kms.

Tabel 5. Data Indeks Keandalan Saluran Udara [6]

Saluran Udara	
Sustained failure rate ( $\lambda$ /km/yr)	0,2
r (repaire time) (jam)	3
rs (switch time) (jam)	0,15

Tabel 6. Indeks Kegagalan Peralatan[6]

komponen	$\lambda$ (failure rate)	r (repaire time) (jam)	rs (switching time) (jam)
Trafo Distribusi	0,005/unit/tahun	10	0,15
Circuit Breaker	0,004/unit/tahun	10	0,15
Sectionalizer	0,003/unit/tahun	10	0,15

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Laju Kegagalan ( $\lambda$ )

Adalah frekuensi suatu sistem/komponen gagal bekerja, biasanya dilambangkan dengan  $\lambda$  (lamda) laju kegagalan dari suatu sistem biasanya tergantung dari waktu tertentu selama sistem tersebut bekerja.[5][6][7]

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} \tag{1}$$

Daftar mode kegagalan yang terdapat pada *section* 1 ditampilkan dalam Section Technique worksheet:

Tabel 7. Section Technique Worksheet 1

Data Peralatan		Efek Sistem	
No. Gangguan	Komponen	Load Point yang Dipengaruhi Repair Time	Load Point yang Dipengaruhi Switching Time
1	CB	LP1-LP13	
2	Travo 1	LP1	
3	Travo 2	LP2	
4	Travo 3	LP3	
5	Travo 4	LP4	
6	Travo 5	LP5	
7	Travo 6	LP6	
8	Travo 7	LP7	
9	Travo 8	LP8	
10	Travo 9	LP9	
11	Travo 10	LP10	
12	Travo 11	LP11	
13	Travo 12	LP12	
14	Travo 13	LP13	
15	Line 1	LP1-LP13	LP14-LP26
16	Line 2	LP1-LP13	LP14-LP26
17	Line 3	LP1-LP13	LP14-LP26
18	Line 4	LP1-LP13	LP14-LP26
19	Line 5	LP1-LP13	LP14-LP26
20	Line 6	LP1-LP13	LP14-LP26
21	Line 7	LP1-LP13	LP14-LP26
22	Line 8	LP1-LP13	LP14-LP26
23	Line 9	LP1-LP13	LP14-LP26
24	Line 10	LP1-LP13	LP14-LP26
25	Line 11	LP1-LP13	LP14-LP26
26	Line 12	LP1-LP13	LP14-LP26
27	Line 13	LP1-LP13	LP14-LP26
28	Sectionalizer 1	LP1-LP13	LP14-LP26

Frekuensi gangguan (*failure rate*) untuk setiap load point  $\lambda_{LP}$ , merupakan penjumlahan laju kegagalan terhadap load point[4][5][6][7]:

$$\lambda_{LP1} = \sum_{i=k} \lambda_i \quad (2)$$

$\lambda_i$  = laju kegagalan

K = Semua panjang saluran yang berpengaruh pada *load point*

Sehingga pada line 1 nilai:

$$\lambda \text{ (line1)} = \text{Failure rate peralatan} \times \text{panjang saluran udara} = 0,2 \times 0,681 = 0,1362 \text{ gangguan/tahun}$$

Tabel 8. Hasil Perhitungan  $\lambda$  pada Load Point 1

Peralatan	Failure Rate Pralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
CB	0,004		0,004
Trafo	0,005		0,005
Sectionalizer 1	0,003		0,003
Line 1	0,2	0,681	0,1362
Line 2	0,2	0,938	0,1876
Line 3	0,2	0,798	0,1596
Line 4	0,2	0,986	0,1972
Line 5	0,2	0,895	0,179
Line 6	0,2	0,717	0,1434
Line 7	0,2	0,739	0,1478
Line 8	0,2	0,976	0,1952
Line 9	0,2	0,665	0,133
Line 10	0,2	0,921	0,1842
Line 11	0,2	0,742	0,1484
Line 12	0,2	0,772	0,1544
Line 13	0,2	0,723	0,1446
Jumlah Total Laju Kegagalan $\sum_{i=k} \lambda_i$			2,1226

Hasil analisa nilai *load point* 1 didapatlah nilai laju kegagalan 2,1226, nilai *failure rate* untuk *load point* 2 hingga 13 adalah sama dengan jumlah *failure rate load point* 1, karena nilai *failure rate* tiap-tiap trafo diasumsikan sama.

Tabel 9. Hasil Perhitungan  $\lambda$  pada Load Point 14

Peralatan	Failure Rate Pralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
CB	0,004		0,004
Trafo			
Sectionalizer 1	0,003		0,003
Line 1	0,2	0,681	0,1362
Line 2	0,2	0,938	0,1876
Line 3	0,2	0,798	0,1596
Line 4	0,2	0,986	0,1972
Line 5	0,2	0,895	0,179
Line 6	0,2	0,717	0,1434
Line 7	0,2	0,739	0,1478
Line 8	0,2	0,976	0,1952
Line 9	0,2	0,665	0,133
Line 10	0,2	0,921	0,1842

Peralatan	Failure Rate Pralatan (gangguan/tahun/km)	Panjang Saluran Udara (km)	$\lambda$ (gangguan/tahun)
Line 12	0,2	0,772	0,1544
Line 13	0,2	0,723	0,1446
Jumlah Total Laju Kegagalan $\sum_{i=k} \lambda_i$			2,1176

Hasil analisa didapatkan nilai laju kegagalan *load point* 14 yaitu 2,1176.

Nilai *failure rate load point* 15 hingga 26 adalah sama dengan nilai *failure rate load point* 14. Hal ini terjadi karena, saat komponen dari *section* 1 mengalami gangguan, maka pemisah akan membuka dan sistem akan putus untuk sementara. Setelah 0,15 jam maka KDS02 dapat menyuplai daya kembali dari GI Kudus ke *section* 2.

b. Durasi Gangguan (U)

Durasi gangguan peralatan setiap *section*:

$$U_{LP} = \sum_{i=k} U_i = \sum_{i=k} \lambda_i \times R_j \quad (3)$$

$R_j$  = waktu perbaikan (*repairing time*)

Durasi gangguan pada line 1:

$$U = \text{Failure rate peralatan} \times \text{Repairing time peralatan} = 0,1362 \times 3 = 0,4086 \text{ jam/tahun}$$

Tabel 10. Hasil Perhitungan Durasi Gangguan pada Load Point 1

Peralatan	$\lambda$ (fault/year)	Repair Time (jam)	Switching Time (jam)	U (jam/ tahun)
CB	0,004	10	0,15	0,04
Trafo	0,005	10	0,15	0,05
Sectionalizer 1	0,003	10	0,15	0,03
Line 1	0,1362	3	0,15	0,4086
Line 2	0,1876	3	0,15	0,5628
Line 3	0,1596	3	0,15	0,4788
Line 4	0,1972	3	0,15	0,5916
Line 5	0,179	3	0,15	0,537
Line 6	0,1434	3	0,15	0,4302
Line 7	0,1478	3	0,15	0,4434
Line 8	0,1952	3	0,15	0,5856
Line 9	0,133	3	0,15	0,399
Line 10	0,1842	3	0,15	0,5526
Line 11	0,1484	3	0,15	0,4452
Line 12	0,1544	3	0,15	0,4632
Line 13	0,1446	3	0,15	0,4338
Jumlah total Durasi Gangguan ( $\sum_{i=k} U_i$ )				6,4518

Hasil analisa pada *load point* 1, semua peralatan dalam kondisi *repair time* dan tidak ada yang mengalami kondisi *switching time*, karena bila peralatan mengalami kegagalan

maka akan mengakibatkan gangguan semua sistem kecuali transformator.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Durasi Gangguan pada Load Point 14

Peralatan	$\lambda$ (fault/year)	Repair Time (jam)	Switching Time (jam)	U (jam/tahun)
CB	0,004	10	0,15	0.0006
Sectionalizer 1	0,003	10	0,15	0.00045
Line 1	0,1362	3	0,15	0.02043
Line 2	0,1876	3	0,15	0.02814
Line 3	0,1596	3	0,15	0.02394
Line 4	0,1972	3	0,15	0.02958
Line 5	0,179	3	0,15	0.02685
Line 6	0,1434	3	0,15	0.02151
Line 7	0,1478	3	0,15	0.02217
Line 8	0,1952	3	0,15	0.02928
Line 9	0,133	3	0,15	0.01995
Line 10	0,1842	3	0,15	0.02763
Line 11	0,1484	3	0,15	0.02226
Line 12	0,1544	3	0,15	0.02316
Line 13	0,1446	3	0,15	0.02169
Jumlah total Durasi Gangguan ( $\sum_{i=k} U_i$ )				0.31764

Hasil analisa didapatkan, bahwa nilai durasi gangguan untuk load point 15 sampai 26 adalah sama dengan nilai load point 14. Hal ini terjadi karena saat komponen section 1 mengalami gangguan, maka section 2 akan mengalami pemutusan sementara, selanjutnya sectionalizer 2 akan membuka dan beban section 2 akan dilayani kembali oleh GI Kudus melalui KDS02.

Tabel 12. Laju Kegagalan dan Durasi Gangguan Load Point Section 1

Load Point	Indeks Keandalan Load Point	
	$\lambda$ (gangguan/tahun)	U (jam/tahun)
Load Point 1	2.1226	6.4518
Load Point 2	2.1226	6.4518
Load Point 3	2.1226	6.4518
Load Point 4	2.1226	6.4518
Load Point 5	2.1226	6.4518
Load Point 6	2.1226	6.4518
Load Point 7	2.1226	6.4518
Load Point 8	2.1226	6.4518
Load Point 9	2.1226	6.4518
Load Point 10	2.1226	6.4518
Load Point 11	2.1226	6.4518
Load Point 12	2.1226	6.4518
Load Point 13	2.1226	6.4518
Load Point 14	2.1176	0.31764
Load Point 15	2.1176	0.31764
Load Point 16	2.1176	0.31764
Load Point 17	2.1176	0.31764
Load Point 18	2.1176	0.31764
Load Point 19	2.1176	0.31764
Load Point 20	2.1176	0.31764

Load Point	Indeks Keandalan Load Point	
	$\lambda$ (gangguan/tahun)	U (jam/tahun)
Load Point 21	2.1176	0.31764
Load Point 22	2.1176	0.31764
Load Point 23	2.1176	0.31764
Load Point 24	2.1176	0.31764
Load Point 25	2.1176	0.31764
Load Point 26	2.1176	0.31764

Dari tabel 12, dapat ditentukan nilai SAIFI dan SAIDI. Nilai SAIFI pada load point 1:[7][8][9][10]

$$SAIFI = \frac{\sum N_{LP} \times \lambda_{LP}}{\sum N} \quad (4)$$

$$SAIFI_{LP1} = \frac{2,1226 \times 192}{5207} = 0,07826$$

$$SAIDI = \frac{\sum N_{LP} \times U_{LP}}{\sum N}$$

$$SAIDI_{LP1} = \frac{6,4518 \times 192}{5207} = 0,2379$$

Tabel 13. Hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI pada Section 1

No. Load Point	Indeks Keandalan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	0.07826	0.2379
2	0.08234	0.2502
3	0.05095	0.1548
4	0.08275	0.2515
5	0.1271	0.3865
6	0.05136	0.1561
7	0.1353	0.4113
8	0.09457	0.2874
9	0.1169	0.3556
10	0.03913	0.1189
11	0.1284	0.3903
12	0.075	0.2279
13	0.05217	0.1586
14	0.1081	0.01622
15	0.05612	0.00841
16	0.04595	0.00689
17	0.04676	0.00701
18	0.08906	0.01335
19	0.09435	0.01415
20	0.1305	0.01958
21	0.05612	0.00841
22	0.04554	0.00683
23	0.06913	0.01037
24	0.1037	0.01555
25	0.07767	0.01165
26	0.08255	0.01238
<b>TOTAL</b>	<b>2.11978</b>	<b>3.5378</b>

Dari hasil analisa didapatkan, nilai SAIFI dan SAIDI untuk LoadPoint 1 0,07826 dan 0,2379.

Tabel 14. Hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI pada Section 2

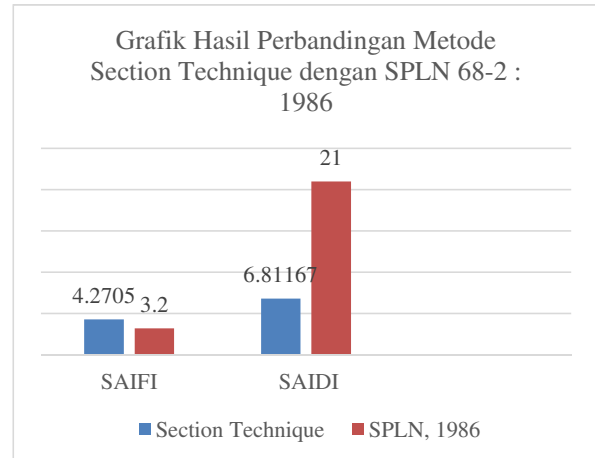
No. Load Point	Indeks Keandalan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	0.07923	0.01188
2	0.08336	0.0125
3	0.05158	0.00773
4	0.08377	0.01256
5	0.1287	0.01931
6	0.05199	0.00779
7	0.137	0.02055
8	0.09574	0.01436
9	0.1184	0.01776
10	0.03961	0.00594
11	0.1299	0.01949
12	0.07593	0.01138
13	0.05282	0.00792
14	0.11	0.334
15	0.05708	0.1732
16	0.04674	0.1418
17	0.04756	0.1444
18	0.09058	0.2749
19	0.09596	0.2913
20	0.1327	0.403
21	0.05708	0.1732
22	0.04632	0.1406
23	0.07031	0.2134
24	0.1054	0.3202
25	0.079	0.2398
26	0.08396	0.2549
<b>TOTAL</b>	<b>2.15072</b>	<b>3.27387</b>

Pada Load Point 2 sampai Load Point 26 dilakukan dengan menggunakan cara yang sama.

Tabel 15. Nilai Indeks Keandalan pada masing-masing section

Section	Indeks Keandalan Sistem	
	SAIFI	SAIDI
I	2.11978	3.5378
II	2.15072	3.27387
Total	4.2705	6.81167

Hasil dari penjumlahan Nilai SAIFI dan SAIDI diperoleh masing-masing adalah 4,2705 kali/tahun dan 6,81167 jam/tahun.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Metode Section Technique dengan SPLN 68-2 : 1986

Nilai SAIFI dan SAIDI yang didapat dibandingkan dengan standar SPLN, dimana standar yang digunakan yaitu SPLN 68-2 : 1986 dengan nilai SAIFI 3.2 kali/tahun dan SAIDI 21 jam/tahun. Terlihat untuk nilai SAIDI dapat dikatakan handal dan nilai SAIFI belum dikatakan handal karena belum memenuhi standar SPLN.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dengan menggunakan metode section technique didapatkan, bahwa:

- Nilai SAIFI 4,2705 kali/tahun, tidak sesuai dengan standar yang ditentukan SPLN yaitu 3,2 kali/tahun. Hal ini dikarenakan panjang saluran udara yang terlalu panjang, gangguan eksternal (hujan, petir, angin) dan gangguan internal (faktor manusia dan peralatan)
- Nilai SAIDI 6,81167 jam/tahun, sudah sesuai dengan standar SPLN yaitu 21 jam/tahun.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yusuf, Ali. 2017. "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di PLN Rayon Sidareja". Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [2] Partawan, Dyana Arjana dan Weking. 2014. "Studi Perbandingan Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Section Technique dan RNEA Pada Penyulang Renon". Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Udayana
- [3] Aditya Mulianda. 2016. Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Banda Aceh

Menggunakan Metode *Section Technique*. Jurusan Teknik Elektro dan Komputer. Fakultas Teknik. Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

[4] Moch Fahrulrozi, Hadi Suyono, Abraham Lomi. 2018. Peningkatan Keandalan Sistem Distribusi dengan Relokasi Penempatan *Fuse-Recloser* Optimal Karena Injeksi Pembangkit Tersebar. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya Malang.

[5] Aang Fras Setiawan. 2018. Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) UPJ Mojokerto Dengan Menggunakan Metode (*Failure Mode Effect Analysis*) FMEA. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Adhitama Surabaya

[6] SPLN 59. 1985. Keandalan Pada Sistem Distribusi 20kV dan 6kV. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.

[7] Muhammad Wahid Muntasyir. 2017. “Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Pada PT.PLN (Persero) APJ Surakarta”. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

[8] Prikno Sinaga, Hardiansyah dan Purwoharjono. 2017. “Analisa Keandalan Sistem Distribusi Berdasarkan Metode *Section Technique* Pada PT.PLN (Persero) Area Pontianak”. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura.

[9] Alen Tri Maliky. 2020. Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20kV Pada Penyulang Pejangkungan di PT PLN Pasuruan Menggunakan Metode *Reliability Index Assesment*. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya.

[10] Syahmi Nanzain dan Tri Wrahatnolo. 2017. Evaluasi Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV Menggunakan Metode *Reliability Network Equivalent Approach (RNEA)* di PT.PLN rayon Mojokerto. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya.