

PERBANDINGAN INDEKS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PADA PENYULANG SRL03 DALAM KEADAAN *PERFECT SWITCHING* DAN *IMPERFECT SWITCHING*

Elza Afriana^{*)}, Hermawan, and Susatyo Handoko

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: afriana.elza@gmail.com

Abstrak

Dewasa ini tenaga listrik telah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat, sehingga kontinuitas penyediaan tenaga listrik menjadi tuntutan yang semakin besar dari konsumen. Berdasarkan data catatan teknik di PT PLN (Persero) Rayon Semarang Selatan pada tahun 2016, penyulang SRL03 merupakan penyulang yang paling sering mengalami pemadaman yaitu sebanyak 18 kali/tahun. Penyulang SRL03 mengalami pemadaman selama 16,934 jam/tahun. Berdasarkan permasalahan diatas maka perlu adanya studi tentang perhitungan tingkat keandalan sistem tenaga listrik pada penyulang SRL03. Pada penelitian ini dievaluasi nilai indeks keandalan menggunakan metode *Reliability Index Assesment* (RIA) pada penyulang SRL03 dalam keadaan *perfect switching* dan *imperfect switching*. Indeks keandalan yang didapat berdasarkan perhitungan menggunakan metode RIA saat kondisi jaringan diasumsikan *perfect switching*, nilai SAIFI sebesar 1,1564 gangguan/tahun, nilai SAIDI sebesar 6,7839 jam/tahun, dan CAIDI sebesar 5,8664 jam/gangguan, sedangkan indeks keandalan saat kondisi jaringan diasumsikan *imperfect switching*, nilai SAIFI sebesar 1,1684 gangguan/tahun, dan nilai SAIDI sebesar 6,7839 jam/tahun, dan CAIDI sebesar 5,8061 jam/gangguan.

Kata kunci: jaringan distribusi tenaga listrik, keandalan, Reliability Index Assesmeny (RIA), perfect switching dan imperfect switching

Abstract

Today electricity has become a basic necessity for society, so that the continuity of electricity supply becomes an increasingly big demand from consumers. Based on technical data at PT PLN (Persero) Rayon Semarang Selatan in 2016, feeder SRL03 is the most frequent feeder experienced blackout that is as much as 18 faults/year. Feeder SRL03 have a timeout of 16.934 hours/year. Based on the above problems it is necessary to study the calculation of the reliability level of the power system on the feeder SRL03. In this research reliability index value is evaluated using *Reliability Index Assessment* (RIA) method on feeder SRL03 in *perfect switching* and *imperfect switching*. Reliability index calculated using RIA method when network condition is assumed *perfect switching*, SAIFI value equal to 1.1564 faults/year, SAIDI value equal to 6,7839 hours/year, and CAIDI equal to 5,8664 hours/fault, while reliability index moment network conditions are assumed to be *imperfect switching*, SAIFI value of 1.1684 faults/year, and SAIDI value of 6.7839 hours/year, and CAIDI of 5.8061 hours/fault.

Keywords : Power distribution network, reliability, Reliability Index Assessment (RIA), perfect switching and imperfect switching

1. Pendahuluan

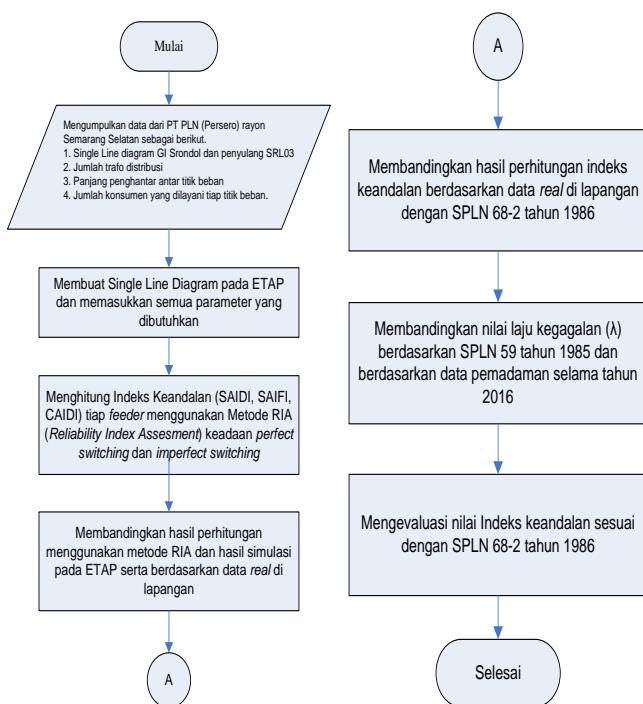
Keandalan sistem distribusi sangat dipengaruhi oleh gangguan yang terjadi pada sistem yang menyebabkan terjadinya pemutusan beban sehingga berdampak pada kontinuitas ketersediaan pelayanan tenaga listrik ke pelanggan[1]. Terdapat beberapa indeks keandalan yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat keandalan suatu sistem distribusi, diantaranya yaitu *System Average*

Interruption Frequency Index (SAIFI), *Momentary Average Interruption Frequency Index* (MAIFI) *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI) [2]. Penyulang SRL03 menyuplai energi listrik untuk sebagian wilayah Ngesrep, Setiabudi, Bukit sari, Gombel, Jalan Gotong Royong, Jalan Kesatriaan, dan Jatiluhur. Berdasarkan data catatan teknik di PT PLN (Persero) Rayon Semarang Selatan pada tahun 2016, penyulang SRL03 merupakan penyulang yang paling sering

mengalami pemadaman yaitu sebanyak 18 kali/tahun [3]. Metode yang digunakan untuk menganalisis keandalan distribusi bermacam-macam. Metode tersebut antara lain *section technique* dan metode *reliability index assesment* (RIA). Metode *section technique* adalah suatu metode analisis untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem jaringan distribusi. Dengan menggunakan metode ini maka dapat diketahui *load point* yang sering mengalami gangguan[4]. Sedangkan metode RIA adalah sebuah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data mengenai keandalan komponen. Secara fungsional metode RIA mendata kegagalan yang terjadi pada peralatan secara menyeluruh, lalu mengidentifikasi kegagalan tersebut sehingga dapat dihasilkan indeks keandalan. Adapun indeks keandalan yang dihitung yaitu SAIFI, SAIDI, dan CAIDI[5]. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi nilai indeks keandalan menggunakan metode *Reliability Index Assesment* (RIA) pada penyulang SRL03 dalam keadaan *perfect switching* dan *imperfect switching*. Hasil perhitungan akan dibandingkan dengan hasil simulasi pada ETAP, kemudian dibandingkan juga dengan hasil perhitungan berdasarkan data pemadaman yang terjadi selama tahun 2016. Perhitungan berdasarkan gangguan yang terjadi akan dibandingkan juga dengan indeks keandalan yang telah ditetapkan oleh PT. PLN (persero) yaitu SPLN 68-2 1986 sehingga dapat disimpulkan apakah penyulang SRL03 di tahun 2016 sudah handal dalam penyediaan dan penyaluran daya ke konsumen.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

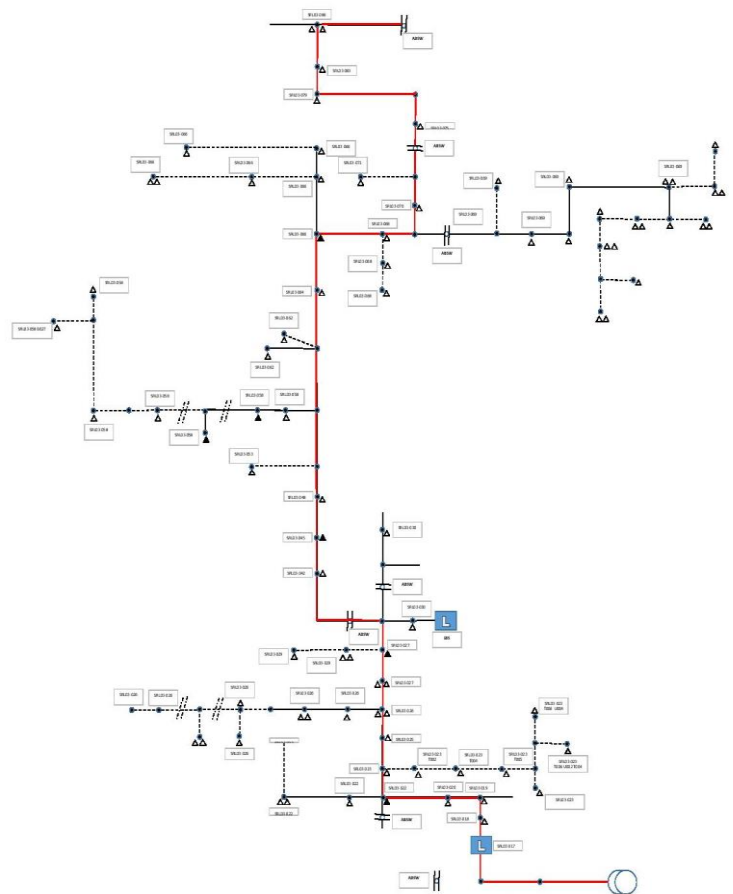


Gambar 1. Diagram alir penelitian

Penelitian ini menjelaskan tentang proses analisis keandalan pada penyulang SRL03, mulai dari pengumpulan data, pembuatan simulasi menggunakan perangkat lunak *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP) 12.6.0, perhitungan, dan diakhiri dengan analisis keandalan sistem distribusi pada penyulang SRL03. Secara umum langkah penelitian yang dilakukan sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

2.2. Data Sistem

Diagram satu garis penyulang SRL03 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram satu garis penyulang SRL03.[2]

Tabel 1. Jumlah pelanggan trafo distribusi penyulang SRL03.[2]

No	No. Tiang Trafo	Jumlah Pelanggan
1	SRL03-018	45
2	SRL03-019	45
3	SRL03-020	45
4	SRL03-022	90
5	SRL03-022 B001	23
6	SRL03-022 B002	45
7	SRL03-022 B003	45
8	SRL03-022 B003	45
9	SRL03-022 B001 U002	23

Tabel 1. (lanjutan)

No	No. Tiang Trafo	Jumlah Pelanggan
10	SRL03-023	45
11	SRL03-023 T002	45
12	SRL03-023 T005	45
13	SRL03-023 T006 S006	45
14	SRL03-023 T006 U004	23
15	SRL03-023 T006 U002 T004	45
16	SRL03-025	45
17	SRL03-026	45
18	SRL03-026	45
19	SRL03-026 B005	45
20	SRL03-026 B007	45
21	SRL03-026 B007	45
23	SRL03-026 B010	45
24	SRL03-026 B010 S005	45
25	SRL03-026 B016 T001	45
26	SRL03-026 B016 T001	45
27	SRL03-027	45
28	SRL03-027	45
29	SRL03-029	45
30	SRL03-029 B002	45
31	SRL03-029 B002	45
32	SRL03-029 B008	45
33	SRL03-030 T002	45
34	SRL03-030 U012	45
35	SRL03-042	45
36	SRL03-045	45
37	SRL03-048	45
38	SRL03-053 B002	45
39	SRL03-058 B003	45
40	SRL03-058 B005	45
41	SRL03-058 B014 S002	90
42	SRL03-058 B026	45
43	SRL03-058 B027 U006 B005	45
44	SRL03-058 B027 U007	45
45	SRL03-058 B029	23
46	SRL03-062 B001	45
47	SRL03-062 B004	45
48	SRL03-064	45
49	SRL03-066	90
50	SRL03-066 U002	45
51	SRL03-066 U002 B002	45
52	SRL03-066 U002 B005	45
53	SRL03-066 U002 B005	45
54	SRL03-066 U003	45
55	SRL03-066 U004	45
56	SRL03-068	45
57	SRL03-068 S001	14
58	SRL03-068 S003	45
59	SRL03-069	45
60	SRL03-069 T004	45
61	SRL03-069 T007 U003	45
62	SRL03-069 T009	45
63	SRL03-069 T010	45
64	SRL03-069 T012	45
65	SRL03-069 T018	45
66	SRL03-069 T018	45
67	SRL03-069 T018 S005	45
68	SRL03-069 T018 S005 T003	23
69	SRL03-069 T018 S005 T003	45
70	SRL03-069 T018 S005 B002	45
71	SRL03-069 T018 S005 B002	45
72	SRL03-069 T018 S005 B004	23
73	SRL03-069 T018 S005 B008	45
74	SRL03-069 T018 S005 B008	45
75	SRL03-069 T018 S005 B012 U001	45
76	SRL03-069 T018 S005 B016	45
77	SRL03-069 T018 S005 B016	45
78	SRL03-069 T018 S005 B016	45
79	SRL03-069 T018 S005 B016	45
80	SRL03-069 T022	45

Tabel 1. (lanjutan)

No	No. Tiang Trafo	Jumlah Pelanggan
81	SRL03-069 T022	45
82	SRL03-069 T022 U001	23
83	SRL03-070	45
84	SRL03-071	45
85	SRL03-075	45
86	SRL03-079	23
87	SRL03-083	45
88	SRL03-086	23
89	SRL03-086	45

Tabel 2. Indeks kegagalan peralatan distribusi.[6]

Komponen	λ (gangguan/ tahun)	r (repair time) (Jam)	rs (switching time) (Jam)
Trafo	0,005	10	0,15
Circuit Breaker	0,004	0,25	0,15
FCO	0,003	0,15	0,15
Saluran Udara	0,2	3	0,15

Tabel 3. Data pemadaman penyulang SRL03 selama tahun 2016.[2]

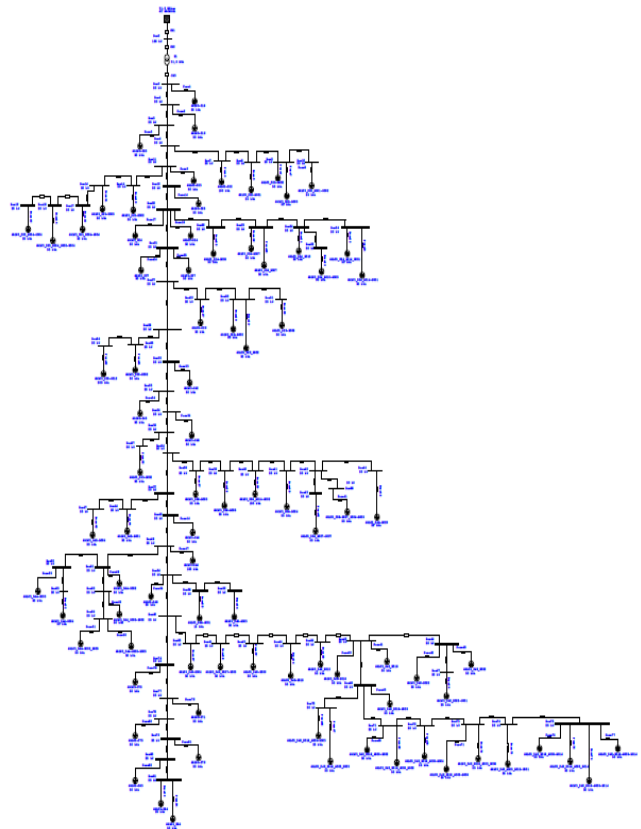
Tanggal	jam		Jumlah pelanggan padam
	padam	menyala	
05 Januari 2016	10:24	10:51	45
24 Februari 2016	19:39	19:50	45
01 Maret 2016	7:00	8:22	45
06 Maret 2016	5:48	6:48	3776
14 Maret 2016	7:14	8:17	45
26 Maret 2016	0:13	1:25	45
30 Maret 2016	17:43	18:20	90
03 Mei 2016	15:38	16:37	45
17 Mei 2016	23:38	0:23	45
26 Juni 2016	8:52	9:53	45
30 Juli 2016	3:53	4:58	68
26 Agustus 2016	15:30	16:04	45
27 September 2016	15:43	16:33	1014
03 Oktober 2016	14:37	15:15	3776
21 Oktober 2016	14:51	15:35	3776
09 November 2016	18:02	20:09	45
11 November 2016	10:37	11:25	45
17 Desember 2016	13:27	14:31	3776

Tabel 4. Data panjang saluran pada penyulang SRL03.[2]

Komponen	L (km)
Line 1	0,048
Line 2	0,049
Line 3	0,098
Line 4	0,048
Line 5	0,048
Line 6	0,047
Line 7	0,049
Line 8	0,049
Line 9	0,049
Line 10	0,048
Line 12	0,048
Line 13	0,097
Line 14	0,097
Line 15	0,048
Line 16	0,048
Line 18	0,049
Line 19	0,049
Line 20	0,098

Tabel 4. (lanjutan)

Komponen	L (km)
Line 21	0,049
Line 22	0,048
Line 23	0,049
Line 24	0,097
Line 26	0,049
Line 27	0,049
Line 29	0,049
Line 30	0,048
Line 31	0,049
Line 32	0,098
Line 33	0,097
Line 34	0,095
Line 36	0,049
Line 37	0,098
Line 38	0,049
Line 39	0,096
Line 40	0,049
Line 43	0,049
Line 44	0,048
Line 45	0,048
Line 46	0,049
Line 47	0,048
Line 49	0,048
Line 50	0,048
Line 51	0,048
Line 52	0,049
Line 53	0,147
Line 54	0,049
Line 56	0,048
Line 57	0,048
Line 58	0,047
Line 59	0,049
Line 60	0,049
Line 61	0,048
Line 62	0,048
Line 64	0,049
Line 65	0,049
Line 66	0,048
Line 67	0,047
Line 68	0,049
Line 69	0,098
Line 70	0,049
Line 71	0,097
Line 72	0,049
Line 73	0,097
Line 74	0,048
Line 75	0,048
Line 76	0,097
Line 77	0,098
Line 79	0,098
Line 80	0,049
Line 81	0,049



Gambar 2. Diagram satu garis penyulang SRL03 pada ETAP 12.6.0

2.3. Simulasi

Diagram satu garis penyulang SRL03 pada simulasi ETAP dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Perhitungan menggunakan Metode Reliability Index Assesment (RIA)

a. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

Untuk menghitung nilai SAIFI maka indeks kegagalan tiap komponen (λ) dikalikan dengan panjang saluran.

Tabel 5. Perhitungan nilai SAIFI

Komponen	L (km)	λ (unit/tahun atau gangguan/tahun/km)	$L \times \lambda$ (gangguan/ tahun)
Line 1	0,048	0,2	0,0096
Line 2	0,049	0,2	0,0098
Line 3	0,098	0,2	0,0196
Line 4	0,048	0,2	0,0096
Line 5	0,048	0,2	0,0096
Line 6	0,047	0,2	0,0094
Line 7	0,049	0,2	0,0098
Line 8	0,049	0,2	0,0098
Line 9	0,049	0,2	0,0098
Line 10	0,048	0,2	0,0096
Line 12	0,048	0,2	0,0096
Line 13	0,097	0,2	0,0194
Line 14	0,097	0,2	0,0194
Line 15	0,048	0,2	0,0096
Line 16	0,048	0,2	0,0096
Line 18	0,049	0,2	0,0098
Line 19	0,049	0,2	0,0098

Tabel 5. (lanjutan)

Komponen	L (km)	λ (unit/tahun atau gangguan/tahun/km)	$L \times \lambda$ (gangguan/ tahun)
Line 20	0,098	0,2	0,0196
Line 21	0,049	0,2	0,0098
Line 22	0,048	0,2	0,0096
Line 23	0,049	0,2	0,0098
Line 25	0,097	0,2	0,0194
Line 26	0,049	0,2	0,0098
Line 27	0,049	0,2	0,0098
Line 29	0,049	0,2	0,0098
Line 30	0,048	0,2	0,0096
Line 31	0,049	0,2	0,0098
Line 32	0,098	0,2	0,0196
Line 33	0,097	0,2	0,0194
Line 34	0,095	0,2	0,019
Line 36	0,049	0,2	0,0098
Line 37	0,098	0,2	0,0196
Line 38	0,049	0,2	0,0098
Line 39	0,096	0,2	0,0192
Line 40	0,049	0,2	0,0098
Line 43	0,049	0,2	0,0098
Line 44	0,048	0,2	0,0096
Line 45	0,048	0,2	0,0096
Line 46	0,049	0,2	0,0098
Line 47	0,048	0,2	0,0096
Line 49	0,048	0,2	0,0096
Line 50	0,048	0,2	0,0096
Line 51	0,048	0,2	0,0096
Line 52	0,049	0,2	0,0098
Line 53	0,147	0,2	0,0294
Line 54	0,049	0,2	0,0098
Line 56	0,048	0,2	0,0096
Line 57	0,048	0,2	0,0096
Line 58	0,047	0,2	0,0094
Line 59	0,049	0,2	0,0098
Line 60	0,049	0,2	0,0098
Line 61	0,048	0,2	0,0096
Line 62	0,048	0,2	0,0096
Line 64	0,049	0,2	0,0098
Line 65	0,049	0,2	0,0098
Line 66	0,048	0,2	0,0096
Line 67	0,047	0,2	0,0094
Line 68	0,049	0,2	0,0098
Line 69	0,098	0,2	0,0196
Line 70	0,049	0,2	0,0098
Line 71	0,097	0,2	0,0194
Line 72	0,049	0,2	0,0098
Line 73	0,097	0,2	0,0194
Line 74	0,048	0,2	0,0096
Line 75	0,048	0,2	0,0096
Line 76	0,097	0,2	0,0194
Line 77	0,098	0,2	0,0196
Line 79	0,098	0,2	0,0196
Line 80	0,049	0,2	0,0098
Line 81	0,049	0,2	0,0098
FCO	89	0,003	0,297
Circuit Breaker	3	0,004	0,012
Trafo	1	0,005	0,005
			$\Sigma = 1,1684$

• Kondisi *Perfect Switching*

Kondisi *perfect switching* adalah kondisi ketika peralatan *switching* dalam hal ini *circuit breaker* bekerja sempurna sehingga indeks kegagalan peralatan tersebut dapat diabaikan. Nilai SAIFI berdasarkan tabel 5 ketika kondisi jaringan *perfect switching* adalah :

$$SAIFI = \sum L \times \lambda$$

$$= 1,1564 \text{ gangguan/tahun}$$

• Kondisi *Imperfect Switching*

Kondisi *imperfect switching* adalah kondisi ketika peralatan *switching* dalam hal ini *circuit breaker* bekerja tidak sempurna sehingga indeks kegagalan peralatan tersebut memberikan nilai indeks keandalan secara menyeluruh. Nilai SAIFI berdasarkan tabel 5 ketika kondisi jaringan *imperfect switching* adalah :

$$SAIFI = \sum L \times \lambda$$

$$= 1,1684 \text{ gangguan/tahun}$$

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

Untuk menghitung nilai SAIDI maka dihitung terlebih dahulu nilai U dan rs. U merupakan durasi pemadaman pada setiap titik beban dalam kurun waktu satu tahun dan r yaitu durasi pemadaman rata-rata pada setiap titik beban. Nilai U didapat dari hasil perkalian antara laju kegagalan (gangguan/tahun) berdasarkan tabel 5 dan nilai rs.

Tabel 6. Perhitungan nilai SAIDI

Komponen	rs (jam/ gangguan)	U ($\lambda \times rs$) (jam/ tahun)	Jumlah Pelang- gan	U x Jumlah pelanggan
Line 1	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 2	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 3	0,15	0,00294	90	0,2646
Line 4	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 5	0,15	0,00144	90	0,1296
Line 6	0,15	0,00141	23	0,03243
Line 7	0,15	0,00147	90	0,1323
Line 8	0,15	0,00147	23	0,03381
Line 9	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 10	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 12	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 13	0,15	0,00291	45	0,13095
Line 14	0,15	0,00291	45	0,13095
Line 15	0,15	0,00144	23	0,03312
Line 16	0,15	0,00144	90	0,1296
Line 18	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 19	0,15	0,00147	90	0,1323
Line 20	0,15	0,00294	45	0,1323
Line 21	0,15	0,00147	90	0,1323
Line 22	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 23	0,15	0,00147	90	0,1323
Line 24	0,15	0,00291	45	0,13095
Line 26	0,15	0,00147	90	0,1323
Line 27	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 29	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 30	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 31	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 32	0,15	0,00294	45	0,1323
Line 33	0,15	0,00291	45	0,13095
Line 34	0,15	0,00285	45	0,12825
Line 36	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 37	0,15	0,00294	90	0,2646
Line 38	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 39	0,15	0,00288	45	0,1296
Line 40	0,15	0,00147	23	0,03381
Line 43	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 44	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 45	0,15	0,00144	90	0,1296
Line 46	0,15	0,00147	45	0,06615

Tabel 6. (lanjutan)

Komponen	rs (jam/gangguan)	U (λ x rs) (jam/tahun)	Jumlah Pelanggan	U x Jumlah pelanggan
Line 47	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 49	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 50	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 51	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 52	0,15	0,00147	90	0,1323
Line 53	0,15	0,00441	45	0,19845
Line 54	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 56	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 57	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 58	0,15	0,00141	45	0,06345
Line 59	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 60	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 61	0,15	0,00144	90	0,1296
Line 62	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 64	0,15	0,00147	23	0,03381
Line 65	0,15	0,00147	68	0,09996
Line 66	0,15	0,00144	90	0,1296
Line 67	0,15	0,00141	23	0,03243
Line 68	0,15	0,00147	90	0,1323
Line 69	0,15	0,00294	45	0,1323
Line 70	0,15	0,00147	180	0,2646
Line 71	0,15	0,00291	45	0,13095
Line 72	0,15	0,00147	45	0,06615
Line 73	0,15	0,00291	23	0,06693
Line 74	0,15	0,00144	45	0,0648
Line 75	0,15	0,00144	68	0,09792
Line 76	0,15	0,00291	45	0,13095
Line 77	0,15	0,00294	45	0,1323
Line 79	0,15	0,00294	45	0,1323
Line 80	0,15	0,00147	14	0,02058
Line 81	0,15	0,00147	45	0,06615
FCO	0,15	0,04455	-	-
Circuit Breaker	0,15	0,0018	-	-
Trafo 1	0,15	0,00075	-	-
Total			3776	6,7839

- Kondisi *Perfect Switching*

$$SAIDI = \sum U \times \text{Jumlah Pelanggan}$$

$$= 6,7839 \text{ jam/tahun}$$

- Kondisi *Imperfect Switching*

$$SAIDI = \sum U \times \text{Jumlah Pelanggan}$$

$$= 6,7839 \text{ jam/tahun}$$

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

Besarnya nilai CAIDI merupakan nilai indeks SAIDI dibagi dengan nilai indeks SAIFI.

- Kondisi *Perfect Switching*

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

$$= 5,8663 \text{ jam/gangguan}$$

- Kondisi *Imperfect Switching*

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

$$= 5,8061 \text{ jam/gangguan}$$

3.2. Hasil Simulasi pada ETAP

Hasil perhitungan pada ETAP dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil simulasi pada ETAP.

Indeks Keandalan	ETAP	
	<i>Perfect Switching</i>	<i>Imperfect Switching</i>
SAIFI (gangguan/tahun)	1,1918	1,2038
SAIDI (jam/tahun)	6,6279	6,6759
CAIDI (jam/gangguan)	5,561	5,546

3.3. Perhitungan *Real di Lapangan*

Untuk menghitung indeks SAIFI, SAIDI, dan CAIDI berdasarkan pemadaman yang terjadi di lapangan maka harus diketahui durasi pemadaman dan frekuensi pemadaman selama tahun 2016 pada penyulang SRL03. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 9 berikut.

Tabel 8. Data pemadaman penyulang SRL03 selama tahun 2016

Tanggal	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam
05 Januari 2016	0,45	45
24 Februari 2016	0,183	45
01 Maret 2016	1,367	45
06 Maret 2016	1	3776
14 Maret 2016	1,05	45
26 Maret 2016	1,2	45
30 Maret 2016	0,617	90
03 Mei 2016	0,983	45
17 Mei 2016	0,75	45
26 Juni 2016	1,017	45
30 Juli 2016	1,083	68
26 Agustus 2016	0,567	45
27 September 2016	0,833	1014
03 Oktober 2016	0,717	3776
21 Oktober 2016	0,733	3776
09 November 2016	2,117	45
11 November 2016	1,2	45
17 Desember 2016	1,067	3776

a. Perhitungan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i C_i}{\sum N}$$

$$= \frac{(1 \times 45) + (1 \times 45) + (1 \times 45) + (1 \times 3776) + (1 \times 45) + (1 \times 45) + (1 \times 90) + (1 \times 45) + (1 \times 45) + (1 \times 45) + (1 \times 68) + (1 \times 45) + (1 \times 1014) + (1 \times 3776) + (1 \times 3776) + (1 \times 45) + (1 \times 45) + (1 \times 3776)}{3776}$$

$$= 4,4414 \text{ gangguan/tahun}$$

b. Perhitungan SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N}$$

$$= \frac{(0,45 \times 45) + (0,183 \times 45) + (1,367 \times 45) + (1 \times 3776) + (1,05 \times 45) + (1,2 \times 45) + (0,617 \times 90) + (0,983 \times 45) + (0,75 \times 45) + (1,017 \times 45) + (1,083 \times 68) + (0,567 \times 45) + (0,833 \times 1014) + (0,717 \times 3776) + (0,733 \times 3776) + (2,117 \times 45) + (1,2 \times 45) + (1,067 \times 3776)}{3776}$$

$$= 3,9046 \text{ jam/.tahun}$$

c. Perhitungan CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

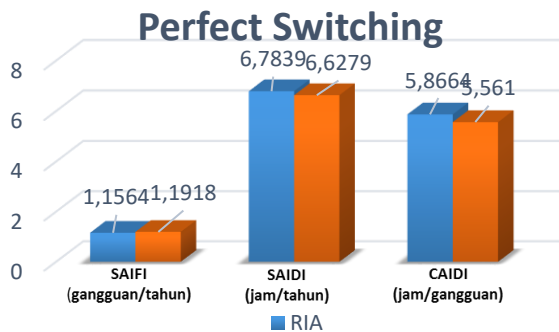
$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$$= \frac{3,9046}{4,4415}$$

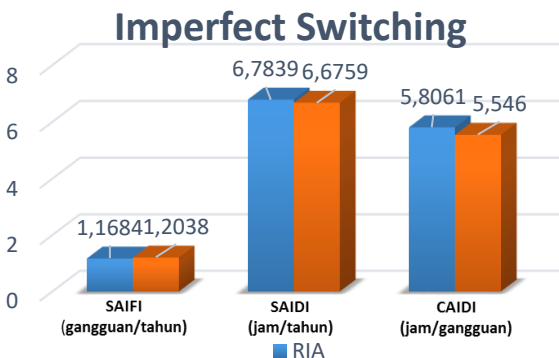
$$= 0,879 \text{ jam/pelanggan.tahun}$$

3.4. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan, Simulasi, kondisi Real di Lapangan, dan SPLN 68-2 Tahun 1986

a. Perbandingan hasil perhitungan menggunakan metode RIA dan simulasi menggunakan ETAP



(a)



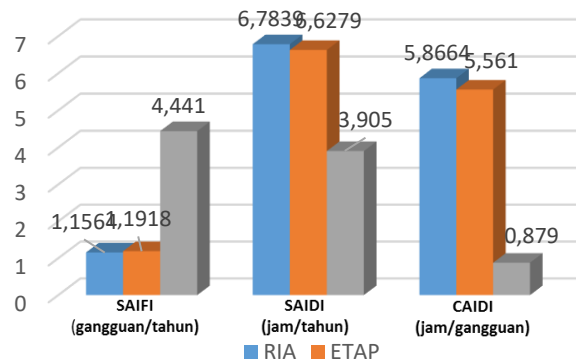
(b)

Gambar 4. Grafik perbandingan perhitungan metode RIA dan ETAP.

- (a) Perfect switching
- (b) Imperfect switching

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI menggunakan metode RIA tidak jauh berbeda dengan menggunakan simulasi pada ETAP baik dalam keadaan *perfect switching* maupun *imperfect switching*. Perbedaan yang paling besar terdapat pada nilai CAIDI. Hal ini dikarenakan pada perhitungan metode RIA dan menggunakan simulasi ETAP nilai CAIDI merupakan hasil bagi antara SAIDI dan SAIFI dimana nilai SAIFI menggunakan metode RIA lebih kecil daripada menggunakan simulasi ETAP, sehingga nilai CAIDI menggunakan metode RIA lebih besar daripada menggunakan simulasi ETAP.

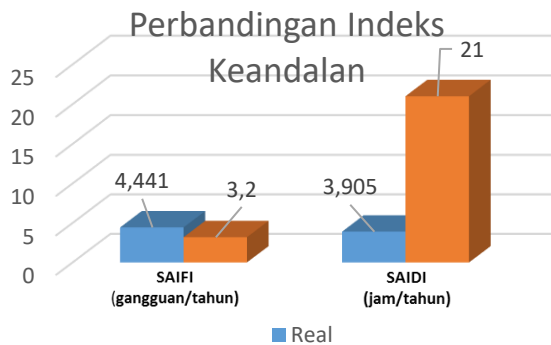
b. Perbandingan hasil perhitungan menggunakan metode RIA, hasil simulasi menggunakan ETAP, dan perhitungan real di lapangan



Gambar 5. Grafik perbandingan perhitungan metode RIA, simulasi ETAP, dan berdasarkan data real.

Dari gambar 5 terlihat bahwa perbandingan nilai indeks keandalan menggunakan metode *reliability index assesment* (RIA) dan simulasi ETAP tidak jauh berbeda. Sedangkan nilai indeks keandalan berdasarkan data pemadaman pada tahun 2016 (data *real*) sangat jauh berbeda. Hal ini dikarenakan pada perhitungan menggunakan metode *reliability index assesment* (RIA) dan simulasi ETAP kegagalan yang diperhitungkan hanya kegagalan komponen secara teknis tanpa memperhitungkan kegagalan yang disebabkan faktor lingkungan maupun alam sedangkan menurut data pemadaman *penyulang* SRL03 pada tahun 2016, pemadaman yang terjadi 83,33% akibat faktor lingkungan.

c. Perbandingan hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI penyulang SRL03 dengan SPLN 68-2 Tahun 1986



Gambar 6. Grafik perbandingan indeks keandalan berdasarkan data *real* dan SPLN 68-2 1986.

Dari gambar 6 terlihat bahwa nilai indeks keandalan SAIFI berdasarkan data pemadaman tahun 2016 lebih besar daripada nilai SAIFI berdasarkan SPLN, sedangkan nilai SAIDI berdasarkan data pemadaman tahun 2016 lebih kecil daripada nilai SAIDI berdasarkan SPLN. Hal ini berarti pada tahun 2016 penyulang SRL03 sering mengalami pemadaman tetapi dalam waktu yang relatif singkat, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2016 penyulang SRL03 belum handal karena frekuensi pemadaman selama tahun 2016 melebihi standar indeks keandalan yang telah ditetapkan pada SPLN 68-2 1986.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan indeks keandalan berdasarkan perhitungan menggunakan metode RIA saat kondisi jaringan diasumsikan *perfect switching*, nilai SAIFI sebesar 1,1564 gangguan/tahun, nilai SAIDI sebesar 6,7839 jam/tahun, dan CAIDI sebesar 5,8664 jam/gangguan. Saat kondisi jaringan diasumsikan *imperfect switching*, nilai SAIFI sebesar 1,1684 gangguan/tahun, dan nilai SAIDI sebesar 6,7839 jam/tahun, dan CAIDI sebesar 5,8061 jam/gangguan.

Berdasarkan data penyebab pemadaman pada *penyulang* SRL03 pada tahun 2016 terlihat bahwa 83,33% penyebab pemadaman adalah faktor lingkungan, sedangkan 16,67% penyebabnya merupakan faktor teknis atau kegagalan komponen untuk bekerja sehingga untuk meningkatkan keandalan pada *penyulang* SRL03 untuk tahun selanjutnya dapat dilakukan dengan pemeliharaan komponen secara berkala dan perabasan pohon disekitar jaringan secara berkala.

Referensi

- [1]. Ifanda, dkk. "Kajian *Outage Management* Sistem Kelistrikan".Serpong: *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)*.2014.
- [2]. Li, Fangxing. "Distributed Processing of Reliability Index Assesment and Reliability Based-Network Reconfiguration in Power Distribution Systems". *IEEE Transaction on Power Systems*,Vol. 20, No.1, 2005.
- [3]. *Data catatan teknik tahun 2016*. PT. PLN (persero) Rayon Semarang Selatan
- [4]. Praditama, Fery."Analisis Keandalan dan Nilai Ekonomis di Penyulang Pujon PT. PLN (Persero) Area Malang". *Universitas Brawijaya*, 2012
- [5]. Saodah, Siti, "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI".*Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, Institut Teknologi Nasional*, Yogyakarta, 2008.
- [6]. Standar PLN. 59. *Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*.Jakarta.Depertemen Pertambangan dan Energi.1985.