

Pengaruh *Momentary Interruption* Pada Metode *Reliability Index Assesment* Terhadap Tingkat Keandalan Sistem Distribusi 20kV

Afrizal Yusuf Saputro¹, Agung Trihasto², Deria Pravitasari³, Sapto Nisworo⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar

Jl. Kaptan Suparman No.39, Tuguran, Potrobangsari, Kec. Magelang Utara, Kota Magelang,
Jawa Tengah 56116

e-mail: afrizal.yusuf.saputro@students.untidar.ac.id

Abstrak— Kerapatan beban dan panjang jaringan semakin meningkat seiring pertambahan jumlah pelanggan ULP Temanggung, sehingga kerentanan terjadinya gangguan juga semakin meningkat. Pemadaman akan menimbulkan kerugian pelanggan khususnya pada pelanggan industri. Perlu dilakukan studi keandalan pada jaringan distribusi untuk mengetahui tingkat keandalannya. Metode RIA (*Reliability Index Assesment*) digunakan dengan memperhitungkan *momentary interruption* dan *sustained interruption*. Kondisi *perfect switching* didapatkan nilai SAIFI yaitu 0,005 kali/tahun dan SAIDI berdasarkan gangguan yaitu 0,02 jam/tahun serta SAIDI berdasarkan SPLN No.59 1985 yaitu 0,06 jam/tahun. Nilai CAIDI yaitu 1,12 jam/tahun. Kondisi *imperfect switching* nilai SAIFI yaitu 0,16 kali/tahun dan SAIDI berdasarkan gangguan yaitu 1,53 jam/tahun serta SAIDI berdasarkan SPLN No.59 1985 yaitu 1,57 jam/tahun, nilai CAIDI berdasarkan gangguan yaitu 7,82 jam/tahun dan CAIDI berdasarkan SPLN No.59 1985 yaitu 8,33 jam/tahun. Hasil nilai indeks keandalan dipengaruhi oleh frekuensi dan durasi terjadinya gangguan yang terjadi pada penyulang Secang 6.

Kata kunci : penyulang secang 6, keandalan, *reliability index assesment*, *momentary interruption*, *sustained interruption*

Abstract— The load density and network length are increasing along with the increase in the number of customers of ULP Temanggung, so the vulnerability of interference is also increasing. Blackouts will cause customer losses, especially for industrial customers. It is necessary to conduct a reliability study on the distribution network to determine the level of reliability. The RIA (*Reliability Index Assesment*) method is used by taking into account *momentary interruption* and *sustained interruption*. The *perfect switching* condition obtained SAIFI value is 0.005 times / year and SAIDI based on interference is 0.02 hours / year and SAIDI based on SPLN No.59 1985 is 0.06 hours / year. The CAIDI value is 1.12 hours / year. Imperfect switching conditions SAIFI value is 0.16 times / year and SAIDI based on interference is 1.53 hours / year and SAIDI based on SPLN No.59 1985 is 1.57 hours / year, CAIDI value based on interference is 7.82 hours / year and CAIDI based on SPLN No.59 1985 is 8.33 hours / year. The results of the reliability index value are influenced by the frequency and duration of disturbances that occur in Secang 6.

Keywords : secang 6, reliability, *reliability index assesment*, *momentary interruption*, *sustained interruption*

I. PENDAHULUAN

Sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku di Indonesia yaitu yang tercantum pada UU No.30 Pasal 28 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan bahwa pemegang izin usaha penyedia tenaga listrik wajib menyediakan tenaga listrik yang memenuhi standar mutu keandalan yang berlaku dan memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada pelanggan dan masyarakat. Sebagai perusahaan penyedia sumber energi listrik terbesar PT PLN (Persero) selalu berusaha menjaga kontinuitas dan keandalan suplai listrik [1]. Jumlah pelanggan pada ULP Temanggung ini tercatat sebanyak 111.161 pelanggan. Penyulang Secang 6 mendistribusikan daya listrik ke area ULP Temanggung dengan Pelanggan rumah tangga dan industri, yang pertumbuhannya semakin meningkat. Berdasarkan data PT.PLN (Persero) ULP Temanggung 2023, terjadi pertambahan jumlah pelanggan dari tahun

2019-2022 sebesar 2,82%. Kenaikan jumlah pelanggan menyebabkan kerapatan beban semakin meningkat dan penambahan panjang jaringan. Kondisi tersebut meningkatkan resiko terjadinya gangguan pada sistem distribusi. Gangguan yang menyebabkan pemadaman akan menimbulkan kerugian bagi pelanggan, khususnya pelanggan industri yang terdapat pada penyulang Secang 6 karena proses produksi akan terhambat ketika terjadinya pemadaman.

Suplai tenaga listrik pada sektor industri menjadi kebutuhan yang sangat penting, karena pada industri yang besar tentu membutuhkan tenaga listrik yang besar dengan kontinuitas yang baik untuk operasionalnya [2]. Permasalahan yang terjadi pada jaringan berupa gangguan dapat diatasi dengan melakukan evaluasi sistem dalam jaringan distribusi. Beberapa indeks dalam proses evaluasi jaringan distribusi untuk menunjukkan tingkat keandalan

jaringan distribusi diantaranya yaitu SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) [3].

Studi keandalan sistem distribusi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode analisis. Masing-masing dari metode analisis keandalan memiliki kelebihan dan kekurangannya. Secara umum, metode yang umum digunakan adalah menghitung frekuensi dan durasi gangguan, namun seringkali faktor lain seperti gangguan sesaat (*Momentary Interruption*) tidak diperhitungkan [4]. Studi terhadap keandalan sistem distribusi listrik pada PT. PLN (Persero) ULP Temanggung penyulang Secang 6 perlu dilakukan, untuk mengetahui tingkat keandalan sistem distribusi 20 kV. Studi terhadap keandalan sistem distribusi akan dilihat berdasarkan nilai indeks keandalan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) sistem distribusi yang dihitung dengan memperhitungkan *momentary interruption* dan *sustained interruption*. Perhitungan ini dilakukan memperoleh hasil nilai indeks keandalan yang mendekati dengan yang terjadi pada lapangan [5].

II. STUDI PUSTAKA

A. Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik adalah kemampuan suatu sistem dalam menjalankan kemampuan penyediaan dan penyaluran tenaga listrik dalam jangka waktu dan keadaan operasi tertentu. Evaluasi keandalan sistem distribusi merupakan upaya untuk memastikan kelangsungan penyediaan listrik kepada pelanggan, khususnya pelanggan. dengan kebutuhan daya yang signifikan, yang memerlukan kelangsungan suplai listrik secara penuh. Apabila terjadi pemadaman atau ketidakterediaan listrik, hal ini dapat menghambat proses produksi dari Pelanggan berdaya besar tersebut.

Keandalan sistem distribusi adalah ukuran pelayanan energi listrik yang terkait dengan seberapa sering pemadaman atau pemutusan aliran listrik terjadi dan berdampak pada pelanggan. Pemadaman yang terjadi dapat dikarenakan sedang dilakukannya perawatan pada jaringan atau pemadaman yang terjadi akibat terjadinya kerusakan atau gangguan pada jaringan maupun pada pembangkit listrik. Keandalan suatu jaringan dapat dilihat melalui rendahnya frekuensi pemadaman dan optimalnya mutu tegangan yang sesuai dengan standar. Kualitas pelayanan juga bergantung pada durasi dan frekuensi pemadaman yang terjadi.

B. Laju Kegagalan

Laju kegagalan merupakan frekuensi terjadinya kegagalan atau kerusakan suatu sistem dalam durasi waktu tertentu, yang dapat dihitung dengan satuan kegagalan dalam setahun. Laju kegagalan ini dapat berubah berdasarkan oleh lamanya sistem beroperasi. Laju kegagalan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{F}{T}$$

keterangan :

λ : laju kegagalan (kegagalan/tahun);

F : jumlah kegagalan yang terjadi;

T : lama durasi pengamatan (tahun).

Proses perhitungan yang dilakukan pada metode RIA (*Reliability Index Assesment*) membutuhkan dua jenis laju kegagalan yang dibagi berdasarkan penyebab terjadinya kegagalan, antara lain :

1) Sustained Failure Rate

Tingkat kegagalan yang disebabkan karena suatu sistem mengalami gangguan atau kerusakan dengan durasi yang cukup lama dan harus dilakukan perbaikan agar sistem dapat berfungsi kembali.

2) Momentary Failure Rate

Tingkat kegagalan atau yang timbul ketika sistem mengalami gangguan atau kerusakan dalam waktu yang singkat.

C. Reliability Index Assesment

Metode RIA (*Reliability Index Assesment*) merupakan suatu metode yang dalam proses analisisnya dengan berdasarkan tipe atau jenis struktur sistem jaringan dan data perihal keandalan peralatan. *Reliability Index Assesment* menganalisis gangguan komponen yang disebabkan oleh gangguan sementara atau gangguan sesaat (*momentary interruption*). *Reliability Index Assesment* mencatat gangguan yang terjadi pada peralatan, kemudian mengidentifikasi serta menganalisis mode kegagalan tersebut [6].

Sebelum melakukan studi tentang keandalan terhadap suatu sistem, penting untuk menetapkan indeks kegagalan yang dibutuhkan dalam penelitian, seperti berikut ini :

a) *momentary failure rate* (λ_M), merupakan jumlah gangguan sementara yang terjadi pada sistem yang tidak membutuhkan perbaikan untuk memulihkan fungsi sistem.

b) *sustained failure rate* (λ_S), merupakan jumlah terjadinya gangguan yang memerlukan perbaikan dalam upaya mengembalikan fungsi dari sistem.

c) *Mean Time To Repair* (MTTR), merupakan rentang rata-rata durasi yang dibutuhkan dalam melaksanakan perbaikan jaringan saat terjadi gangguan.

d) *Mean Time To Switch* (MTTS), merupakan rentang rata-rata durasi yang dibutuhkan jaringan dalam melakukan switching saat terjadi kegagalan.

Terdapat dua asumsi yang digunakan dalam analisis dengan metode (RIA) *Reliability Index Assesment*. Sistem distribusi diasumsikan mengalami kondisi kegagalan *perfect switching* dan kondisi kegagalan *imperfect switching*. Kondisi *perfect switching* yaitu terjadinya kegagalan pada sistem distribusi, namun peralatan *switching* beroperasi dengan baik dalam mengamankan jaringan. Kondisi *imperfect switching* terjadi kegagalan, namun peralatan *switching* seperti PMT, *recloser*, LBS dan ABSW tidak bekerja dengan baik. Maka indeks kegagalan dari peralatan *switching* ini diperhitungkan dalam menentukan indeks keandalan sistem distribusi [7].

III. METODE

Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (Persero) UP3 Magelang yang beralamatkan di Jl. Ahmad Yani No.14, Panjang, Kec. Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah, dengan melakukan pengambilan data-data jaringan distribusi area ULP Temanggung yang dibutuhkan dalam melaksanakan penelitian ini. Objek yang akan diteliti yaitu jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV penyulang Secang 6.

A. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan alat dan bahan yang digunakan untuk membantu dalam menyelesaikan penelitian, diantaranya sebagai berikut ini :

1) Perangkat lunak (software)

Pengolahan data dilakukan sesuai dengan metode perhitungan yang digunakan pada penelitian ini. Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk mengolah data jaringan distribusi yaitu *Microsoft Office*.

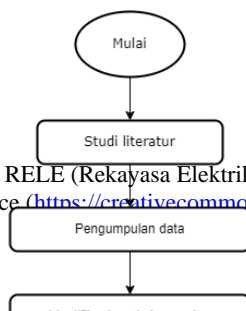
2) Data Penyulang

Dalam penelitian ini membutuhkan bahan yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini, komponen yang dibutuhkan diantaranya berupa data-data jaringan distribusi penyulang Secang 6, diantaranya yaitu :

- a) data *single line diagram* penyulang Secang 6;
- b) data panjang saluran penyulang Secang 6;
- c) data jumlah pelanggan Penyulang Secang 6;
- d) data gangguan pada penyulang Secang 6.

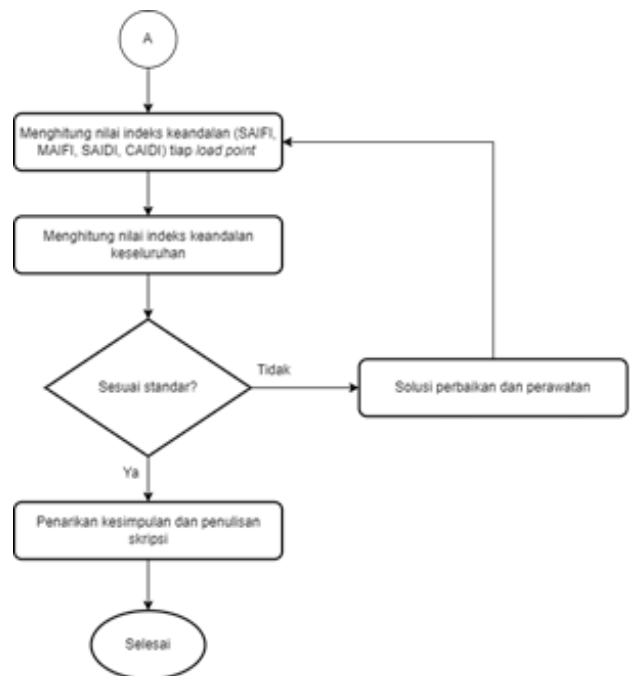
B. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini merupakan tipe penelitian kuantitatif yang menganalisis data melalui perhitungan matematis. Perhitungan tersebut difokuskan dengan menghitung pada nilai indeks keandalan sistem distribusi penyulang Secang 6. Tahapan penelitian yang dijalankan pada penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Setelah diperoleh nilai laju kegagalan, waktu perbaikan dan durasi gangguan pada penyulang Secang 6, kemudian dilanjutkan dengan langkah yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini



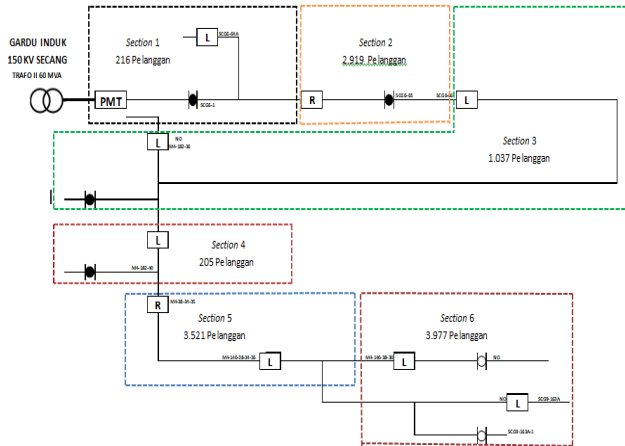
Gambar 2. Diagram alir penelitian (lanjutan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyulang Secang 6

Penyulang Secang 6 merupakan jaringan distribusi yang terdapat pada Gardu Induk Secang. Penyulang

Secang 6 memiliki saluran cukup panjang dengan panjang jaringan distribusi yaitu 27,375 kms dengan total jumlah pelanggan sebanyak 11.875 pelanggan. Gambar *single line diagram* penyulang Secang 6 sebagai berikut.



Gambar 3. Single line diagram Secang 6

B. Perhitungan Indeks Keandalan Metode RIA

Proses analisis dalam perhitungan indeks keandalan sistem distribusi penyulang Secang 6, terdapat dua asumsi dalam metode Reliability Index Assesment. Sistem diasumsikan dalam kondisi perfect switching dan sistem diasumsikan dalam kondisi imperfect switching.

1) Menghitung laju kegagalan

Jumlah terjadinya kegagalan atau kerusakan suatu sistem pada rentang waktu tertentu, yang dapat dihitung dengan satuan kegagalan dalam setahun. Nilai laju kegagalan ini dapat berubah sesuai dengan lamanya sistem beroperasi. Laju kegagalan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{F}{T}$$

Hasil tersebut dikalikan dengan panjang saluran yang akan mendapatkan nilai *sustained failure rate* dan *momentary failure rate*.

Tabel 1. Laju kegagalan *perfect switching*

Section	Panjang Saluran (kms)	Sustained Failure Rate (λ_s) (fault/yr)	Momentary Failure Rate (λ_m) (fault/yr)
Section 1	2,851	0,002928832	0,008553
Section 2	3,246	0,003334616	0,009738
Section 3	8,591	0,008825534	0,025773
Section 4	3,168	0,003254486	0,009504
Section 5	4,395	0,004514984	0,013185
Section 6	5,124	0,005263885	0,015372

Tabel 2. Laju kegagalan kondisi *imperfect switching*

Section	Peralatan	Panjang Saluran (kms)	Jumlah	λ_s (fault/yr)	λ_m (fault/yr)
Section 1	Saluran/Line	2,851	-	0,00292883	0,008553
	PMT	-	1	0,004	-
	LBS	-	1	0,003	-
	ABSW	-	1	0,003	-
	Trafo	-	1	0,005	-
Jumlah				0,017929	0,008553
Section 2	Saluran/Line	3,246	-	0,00333462	0,009738
	ABSW	-	1	0,003	-
	Recloser	-	1	0,005	-
	Trafo	-	27	0,135	-
Jumlah				0,146335	0,009738
Section 3	Saluran/Line	8,591	-	0,00882553	0,025773
	LBS	-	2	0,006	-
	ABSW	-	1	0,003	-
	Trafo	-	10	0,05	-
Jumlah				0,067826	0,025773
Section 4	Saluran/Line	3,168	-	0,00325449	0,009504
	LBS	-	2	0,006	-
	ABSW	-	1	0,003	-
	Trafo	-	2	0,01	-
Jumlah				0,022254	0,009504
Section 5	Saluran/Line	4,395	-	0,00451498	0,013185
	LBS	-	1	0,003	-
	Recloser	-	1	0,005	-
	Trafo	-	31	0,155	-
Jumlah				0,167515	0,013185
Section 6	Saluran/Line	5,124	-	0,00526389	0,015372
	LBS	-	2	0,006	-
	ABSW	-	2	0,006	-
	Trafo	-	35	0,175	-
Jumlah				0,192264	0,015372

Dari perhitungan laju kegagalan pada kondisi *imperfect switching* menghasilkan nilai *sustained failure rate* yang lebih besar daripada nilai *sustained failure rate* saat kondisi *perfect switching*.

1) Menghitung nilai r dan U sistem

Waktu perbaikan pada perhitungan ini terdapat 2 macam, yaitu waktu perbaikan berdasarkan gangguan yang terjadi dan waktu perbaikan berdasarkan nilai SPLN No.59 Tahun 1985. Perhitungan nilai r (waktu perbaikan) berdasarkan gangguan yang terjadi pada penyulang secang 6 dilakukan dengan persamaan berikut ini.

$$r = \frac{\text{jumlah lama padam}}{\text{jumlah gangguan}}$$

Nilai U (jam/tahun) didapatkan dari mengalikan laju kegagalan titik tertentu λ_i (gangguan/tahun) dengan waktu perbaikan atau r (jam/gangguan). U mengindikasikan rata-rata waktu listrik padam selama setahun karena gangguan pada komponen distribusi. Perhitungan U dilakukan berdasarkan nilai r yang sesuai dengan gangguan yang terjadi ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Perhitungan r dan U sesuai gangguan kondisi *perfect switching*

Section	λ_s (fault/yr)	λ_m (fault/yr)	λ_i (fault/yr)	r (hours/year)	U (hours/year)
Section 1	0,0029288	0,008553	0,0114818	1,1185	0,01284243
Section 2	0,0033346	0,009738	0,0130726	1,1185	0,01462172
Section 3	0,0088255	0,025773	0,0345985	1,1185	0,03869846
Section 4	0,0032545	0,009504	0,0127585	1,1185	0,01427037
Section 5	0,0045150	0,013185	0,0177000	1,1185	0,01979743
Section 6	0,0052639	0,015372	0,0206359	1,1185	0,02308124

Perhitungan nilai U berdasarkan nilai r yang berdasarkan standar SPLN No.59 Tahun 1985, ditunjukkan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Perhitungan r dan U sesuai SPLN 1985 kondisi *perfect switching*

Section	λ_s (fault/yr)	λ_m (fault/yr)	λ_i (fault/yr)	r (hours/year)	U (hours/year)
Section 1	0,0029288	0,008553	0,0114818	3	0,03444550
Section 2	0,0033346	0,009738	0,0130726	3	0,03921785
Section 3	0,0088255	0,025773	0,0345985	3	0,10379560
Section 4	0,0032545	0,009504	0,0127585	3	0,03827546
Section 5	0,0045150	0,013185	0,0177000	3	0,05309995
Section 6	0,0052639	0,015372	0,0206359	3	0,06190766

Perhitungan nilai U pada kondisi *perfect switching* pada Tabel 4 dengan nilai r (waktu perbaikan) yang sesuai dengan gangguan yang terjadi pada penyulang Secang 6 menunjukkan hasil yang lebih kecil daripada hasil dengan nilai r sesuai SPLN 59 1985 yang ditunjukkan pada Tabel 4

Perhitungan nilai U berdasarkan nilai r *imperfect switching* berdasarkan gangguan yang terjadi pada penyulang secang 6 ditampilkan dalam Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Perhitungan r dan U sesuai gangguan kondisi *imperfect switching*

Section	Peralatan	λ_i (fault/yr)	r (hours/fault)	U (hours/year)
Section 1	Saluran/Line	0,011481832	1,1185	0,012842429
	PMT	0,004	10	0,04
	LBS	0,003	10	0,03
	ABSW	0,003	10	0,03
	Trafo	0,005	10	0,05
Jumlah				0,162842429
Section 2	Saluran/Line	0,013072616	1,1185	0,014621721
	ABSW	0,003	10	0,03
	Recloser	0,005	10	0,05
	Trafo	0,135	10	1,35
	Jumlah			
Section 3	Saluran/Line	0,034598534	1,1185	0,038698461
	LBS	0,006	10	0,06
	ABSW	0,003	10	0,03
	Trafo	0,05	10	0,5
	Jumlah			
Section 4	Saluran/Line	0,012758486	1,1185	0,014270367
	LBS	0,006	10	0,06
	ABSW	0,003	10	0,03
	Trafo	0,01	10	0,1
	Jumlah			

Section 5	Saluran/Line	0,017699984	1,1185	0,019797432
	LBS	0,003	10	0,03
	Recloser	0,003	10	0,03
	Trafo	0,155	10	1,55
Jumlah				1,629797432
Section 6	Saluran/Line	0,020635885	1,1185	0,023081238
	LBS	0,006	10	0,06
	ABSW	0,006	10	0,06
	Trafo	0,175	10	1,75
Jumlah				1,893081238

Perhitungan nilai U kondisi *imperfect switching* berdasarkan nilai r berdasarkan SPLN No.59 Tahun 1985, ditunjukkan pada Tabel 6 berikut

Tabel 6. Perhitungan r dan U sesuai SPLN 1985 kondisi *imperfect switching*

Section	Peralatan	λ_i (fault/yr)	r (hours/fault)	U (hours/year)
Section 1	Saluran/Line	0,011481832	3	0,034445497
	PMT	0,004	10	0,04
	LBS	0,003	10	0,03
	ABSW	0,003	10	0,03
	Trafo	0,005	10	0,05
Jumlah				0,184445497
Section 2	Saluran/Line	0,013072616	3	0,039217847
	ABSW	0,003	10	0,03
	Recloser	0,005	10	0,05
	Trafo	0,135	10	1,35
Jumlah				1,469217847
Section 3	Saluran/Line	0,034598534	3	0,103795603
	LBS	0,006	10	0,06
	ABSW	0,003	10	0,03
	Trafo	0,05	10	0,5
Jumlah				0,693795603
Section 4	Saluran/Line	0,012758486	3	0,038275459
	LBS	0,006	10	0,06
	ABSW	0,003	10	0,03
	Trafo	0,01	10	0,1
Jumlah				0,228275459
Section 5	Saluran/Line	0,017699984	3	0,053099951
	LBS	0,003	10	0,03
	Recloser	0,003	10	0,03
	Trafo	0,155	10	1,55
Jumlah				1,663099951
Section 6	Saluran/Line	0,020635885	3	0,061907656
	LBS	0,006	10	0,06
	ABSW	0,006	10	0,06
	Trafo	0,175	10	1,75
Jumlah				1,931907656

Perhitungan nilai U kondisi *imperfect switching* pada Tabel 5 dengan nilai r (waktu perbaikan) yang sesuai dengan gangguan yang terjadi pada penyulang Secang 6 menunjukkan hasil yang lebih kecil daripada hasil dengan nilai r sesuai SPLN 59 1985 yang ditunjukkan pada Tabel 6. Hasil ini akan mempengaruhi perhitungan dari nilai indeks keandalan.

1) Menghitung nilai indeks keandalan

Perhitungan SAIFI dan MAIFI dilakukan tiap *Section* yang ditunjukkan pada berikut ini perhitungan pada *Section 1* SAIFI dan MAIFI menggunakan persamaan berikut ini.

$$SAIFI = \frac{\lambda_s \cdot N_i}{\sum N}$$

keterangan :

$\lambda_s = 0,0029228$ gangguan/tahun

$N_i = 216$ pelanggan

$\sum N = 11.875$ pelanggan

$$SAIFI = \frac{0,0029228 \times 216}{11.875} = 0,000053 \text{ kali/tahun}$$

$$MAIFI = \frac{\lambda_m \cdot N_i}{\sum N}$$

keterangan :

$\lambda_m = 0,008553$ gangguan/tahun

$$MAIFI = \frac{0,008553 \times 216}{11.875} = 0,000155575 \text{ kali/tahun}$$

Perhitungan SAIDI dan CAIDI dilakukan tiap *Section* yang ditunjukkan berikut ini perhitungan pada *Section* 1 SAIDI dan CAIDI menggunakan persamaan berikut ini.

$$SAIDI = \frac{U \cdot N_i}{\sum N}$$

keterangan :

$U = 0,012842$ jam/tahun

$N_i = 216$ pelanggan

$\sum N = 11.875$ pelanggan

$$SAIDI = \frac{0,012842 \times 216}{11.875} = 0,00023359 \text{ jam/tahun}$$

$$CAIDI = \frac{r \cdot N_i}{\sum N}$$

keterangan :

$r = 1,1185$ jam/tahun

$N_i = 216$ pelanggan

$\sum N = 11.875$ pelanggan

$$CAIDI = \frac{1,1185 \times 216}{11.875} = 0,020344 \text{ kali/ tahun}$$

Setelah memperoleh hasil SAIFI, MAIFI, SAIDI, dan CAIDI pada setiap *section*, untuk memperoleh hasil keseluruhan indeks keandalan jaringan distribusi penyulang Secang 6 dalam kondisi *perfect switching* dan *imperfect switching*. Langkah yang dilakukan yaitu dengan menggabungkan hasil indeks keandalan *section* 1 sampai *section* 6. Hasil indeks keandalan keseluruhan kondisi *perfect switching* ditampilkan dalam Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil nilai indeks keandalan kondisi *perfect switching*

Section	Indeks Keandalan					
	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	SAIDI (SPLN '85)	CAIDI (SPLN '85)
1	0,0000533	0,0001556	0,0002336	0,0203449	0,0006265	0,0545684
2	0,0008197	0,0023937	0,0035942	0,2749391	0,0096402	0,7374316
3	0,0007707	0,0022504	0,0033794	0,0976745	0,0090641	0,2619789
4	0,0000562	0,0001640	0,0002464	0,0193088	0,0006608	0,0517895
5	0,0013387	0,0039094	0,0058700	0,3316411	0,0157444	0,8895158
6	0,0017629	0,0051482	0,0077300	0,3745915	0,0207332	1,0047158
Jumlah	0,005	0,014	0,02	1,12	0,06	3,00

Hasil nilai indeks keandalan kondisi *imperfect switching* tersebut ditampilkan dalam Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil nilai indeks keandalan kondisi *imperfect switching*

Section	Indeks Keandalan					
	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI	SAIDI (SPLN '85)	CAIDI (SPLN '85)
1	0,0003261	0,0001556	0,0029620	0,1118509	0,0033550	0,1266894
2	0,0359706	0,0025937	0,3551032	2,0700120	0,3611492	2,0139819
3	0,0059230	0,0022504	0,0549019	0,5865682	0,0605866	0,6473030
4	0,0003842	0,0001640	0,0035264	0,1110365	0,0039408	0,1240851
5	0,0496691	0,0039094	0,4832435	2,2967544	0,4931179	2,4594736
6	0,0643902	0,0051482	0,6340029	2,6449783	0,6470060	2,9606080
Jumlah	0,16	0,014	1,53	7,82	1,57	8,33

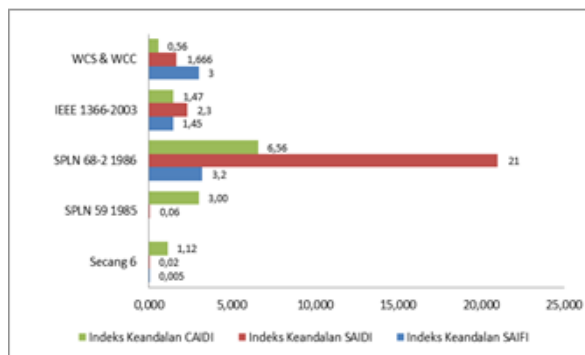
Dari perhitungan nilai SAIFI, MAIFI, SAIDI, dan CAIDI, terlihat bahwa nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI pada kondisi *perfect switching* yaitu 0,005 kali/tahun, 0,02 jam/tahun dan 1,12 jam/tahun. Nilai ini lebih kecil daripada saat kondisi *imperfect switching* yaitu SAIFI 0,16 kali/tahun, CAIDI 1,53 jam/tahun dan CAIDI 7,82 jam/tahun. Hasil ini sesuai dengan penelitian Ainur Rofiq (2023) dalam penelitian keandalan sistem distribusi 20 kV PLN ULP Giri. Penelitian dengan menggunakan metode *Reliability Index Assesment*, menemukan bahwa indeks keandalan kondisi *imperfect switching* lebih tinggi dari nilai indeks keandalan *perfect switching*. Peralatan distribusi berupa trafo dan peralatan *switching* diperhitungkan dalam menentukan nilai indeks keandalan *imperfect switching*, yang menghasilkan nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI yang lebih tinggi. Namun karena peralatan *switching* dan trafo tidak memberikan gangguan sementara dalam perhitungan nilai MAIFI, maka nilai MAIFI pada kedua kondisi tersebut sama, yaitu 0,014 kali/tahun.

Hasil perhitungan SAIDI dan CAIDI sebanyak 2 nilai pada masing-masing kondisi *imperfect switching* dan *perfect switching*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai SAIDI dan CAIDI yang didapatkan dari nilai r berdasarkan gangguan yang terjadi menghasilkan nilai kondisi *perfect switching* yaitu

SAIDI 0,02 jam/tahun dan CAIDI 1,12 jam/tahun, pada kondisi *imperfect switching* yaitu SAIDI 1,53 jam/tahun dan CAIDI 7,82 jam/tahun. Hasil perhitungan tersebut lebih kecil daripada hasil perhitungan menggunakan nilai r dari SPLN No.59 Tahun 1985. Dengan nilai kondisi *perfect switching* yaitu SAIDI 0,06 jam/tahun dan CAIDI 3,0 jam/tahun. Nilai pada kondisi *imperfect switching* yaitu SAIDI 1,57 jam/tahun dan CAIDI 8,33 jam/tahun.

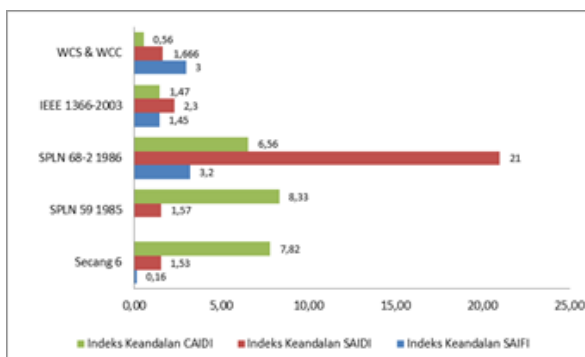
Faktor yang mempengaruhi nilai indeks keandalan yaitu jumlah dan lamanya gangguan. Gangguan tidak hanya terdiri atas gangguan terus menerus (*sustained interruption*), tetapi juga gangguan sementara (*momentary interruption*) yang direpresentasikan dalam nilai indeks kegagalan *momentary failure rate* λ_M . Nilai indeks kegagalan *momentary failure rate* ikut diperhitungkan dalam menentukan nilai indeks keandalan MAIFI, SAIDI, dan CAIDI.

Perbandingan nilai indeks keandalan penyulang Secang 6 hasil perhitungan menggunakan metode *Reliability Index Assesment* kondisi *perfect switching* ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Grafik perbandingan standar pada kondisi *perfect switching*

Perbandingan indeks keandalan penyulang Secang 6 kondisi *imperfect switching* pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik perbandingan standar pada kondisi *imperfect switching*

Kondisi *perfect switching* pada Gambar 3 menunjukkan nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI pada penyulang Secang 6 telah memenuhi standar yaitu Standar PLN 68-2: 1986, WCS & WCC dan IEEE std 1366-2003. Nilai CAIDI, yang belum

memenuhi standar WCS (*World Customer Service*) & WCC (*World Class Company*). Kondisi *imperfect switching* pada Gambar 4 menunjukkan nilai SAIFI dan SAIDI, telah memenuhi standar yaitu Standar PLN 68-2: 1986, WCS & WCC dan IEEE std 1366-2003, untuk nilai CAIDI, belum memenuhi Standar PLN 68-2: 1986, WCS & WCC dan IEEE std 1366-2003.

V. KESIMPULAN

Hasil perhitungan indeks keandalan dengan menggunakan metode *Reliability Index Assesment* menunjukkan bahwa pada kondisi *perfect switching*, nilai SAIFI dan SAIDI penyulang Secang 6 telah memenuhi semua standar, tetapi nilai CAIDI belum memenuhi standard WCS & WCC. Pada kondisi *imperfect switching*, nilai SAIFI dan SAIDI tetap memenuhi standar yang ditetapkan, sementara nilai CAIDI belum memenuhi standard yang ditetapkan oleh PLN 68-2: 1986, WCS & WCC, dan IEEE std 1366-2000. Nilai SAIFI, SAIDI dan CAIDI cenderung lebih tinggi pada kondisi *imperfect switching*. Hal ini disebabkan oleh pertimbangan peralatan distribusi, semakin banyak komponen sistem distribusi akan meningkatkan nilai indeks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Afri Lestari and U. Situmeang, "Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV dengan Metode FMEA pada Penyulang Akasia dan Lele PT PLN (Persero) ULP Kota Barat." *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.31849/sainetin.v6i1.7408.
- [2] J. C. Das, "Application of STATCOM to an Industrial Distribution System Connected to a Weak Utility System," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 52, no. 6, pp. 5345–5354, 2016, doi: 10.1109/TIA.2016.2600657.
- [3] R. Harahap, S. A. Siregar, S. Hardi, and S. HS, "Analisis Sistem Jaringan Distribusi 20 KV Penyulang SB.02 Pada PT. PLN (Persero) ULP Sibolga Kota Menggunakan Metode Section Technique dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)," *J. Electr. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 87–95, 2022.
- [4] P. Gautam, P. Piya, and R. Karki, "Development and Integration of Momentary Event Models in Active Distribution System Reliability Assessment," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 35, no. 4, pp. 3236–3246, 2020, doi: 10.1109/TPWRS.2019.2962177.
- [5] S. Zhang, W. Liu, H. Wan, T. Wang, R. Cheng, and H. Li, "Comprehensive reliability assessment method for distribution networks considering IIDG low voltage ride-through control," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 159, no. May, p. 110034, 2024, doi: 10.1016/j.ijepes.2024.110034.
- [6] U. K. Luthfiyani, A. Setiawan, and S. Arifin, "INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi Analisis Perbandingan Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi dengan Metode Section Technique dan Reliability Index Assessment (RIA): Studi Kasus Gardu

- Induk Balaraja,” *Media Cetak*, vol. 2, no. 1, pp. 250–264, 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i1.1782.
- [7] M. A. Rofiq, H. Tasmono, and R. S. Widagdo, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Penyulang PT. PLN ULP Giri,” *Snhrp*, 2023.
- Reliability Index Assessment (RIA) Pada Penyulang PT. PLN ULP Giri,” *Snhrp*, 2023.