

Analisis Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV di UP3 Surakarta Menggunakan Metode *Section Technique* Berbasis *Optimal Placement Recloser*

Azdreine Azzizah Ridwan¹, Umi Fadlilah^{2*}

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia^{1,2}

*Email Korespondensi: uf138@ums.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted 10-06-2026

Received 25-06-2026

Published 26-06-2026

Keywords:

Distribution Network
Reliability; 20 kV Distribution
Network; Section Technique;
SAIDI, SAIFI.

Kata Kunci:

Keandalan Jaringan
Distribusi, Jaringan
Distribusi 20 kV, Teknik
Section, SAIDI, SAIFI.

ABSTRACT

This study evaluates the reliability of the 20 kV distribution network at PT PLN (Persero) UP3 Surakarta, focusing on the JJR-03 feeder. Using the Section Technique method, the network was divided into sections to calculate failure rates, disruption duration, and reliability indices (SAIFI and SAIDI) based on disruption data, customer numbers, line length, and network components. The results show that the JJR-03 feeder has a SAIFI of 5.538 times/year and a SAIDI of 20.930 hours/year, with Section 1 contributing the largest disruptions due to its longer line length, more components, and higher customer density. ETAP 19.0.1 simulations revealed initial SAIFI and SAIDI values of 7.766 times/year and 21.341 hours/year. After optimizing recloser placement in the highest-disturbance section, SAIFI decreased to 5.821 times/year and SAIDI to 16.164 hours/year. These findings indicate that strategic recloser placement can significantly improve distribution system efficiency by reducing outage frequency and duration. The study provides a basis for developing more effective protection system strategies to enhance the reliability of the 20 kV distribution network on the JJR-03 feeder.

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi keandalan jaringan distribusi 20 kV di PT PLN (Persero) UP3 Surakarta dengan fokus pada penyulang JJR-03. Menggunakan metode Section Technique, jaringan dibagi menjadi beberapa seksi untuk menghitung tingkat kegagalan, durasi gangguan, serta indeks keandalan SAIFI dan SAIDI berdasarkan data gangguan, jumlah pelanggan, panjang saluran, dan komponen jaringan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penyulang JJR-03 memiliki nilai SAIFI sebesar 5,538 kali/tahun dan SAIDI sebesar 20.930 jam/tahun, dengan Seksi 1 memberikan kontribusi gangguan terbesar karena panjang saluran yang lebih besar, komponen jaringan yang lebih banyak, dan jumlah pelanggan terdampak yang lebih tinggi. Simulasi menggunakan ETAP 19.0.1 menunjukkan nilai SAIFI awal 7,766 kali/tahun dan SAIDI 21.341 jam/tahun. Setelah optimasi penempatan recloser pada seksi dengan kontribusi

gangguan tertinggi, nilai SAIFI menurun menjadi 5.821 kali/tahun dan SAIDI menjadi 16.164 jam/tahun. Temuan ini menunjukkan bahwa penempatan recloser secara strategis dapat meningkatkan efisiensi sistem distribusi dengan mengurangi frekuensi dan durasi pemadaman pelanggan. Penelitian ini memberikan dasar bagi pengembangan strategi sistem proteksi yang lebih efektif untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi 20 kV pada penyulang JJR-03.

PENDAHULUAN

Ketersediaan energi listrik memiliki fungsi yang sangat penting untuk mendukung terlaksananya berbagai kegiatan masyarakat, industri, maupun sektor pelayanan publik. Sistem tenaga listrik terbentuk melalui interkoneksi tiga elemen utama, yaitu unit penghasil daya, saluran penyaluran tegangan tinggi, serta jaringan distribusi dalam menyalurkan energi listrik dari sumber hingga ke konsumen. Jaringan distribusi memiliki peran penting karena berhubungan langsung dengan pelanggan sehingga kualitas pelayanan sangat dipengaruhi oleh tingkat keandalan jaringan distribusi (Ummara & Suprawikno, 2025). Gangguan pada jaringan distribusi 20 kV dapat menyebabkan pemadaman listrik yang berdampak terhadap aktivitas masyarakat dan menurunkan kualitas pelayanan tenaga listrik. Berdasarkan keluhan pelanggan di wilayah PT PLN (Persero) UP3 Surakarta, masih ditemukan pemadaman listrik berulang dengan durasi yang relatif lama. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa evaluasi terhadap keandalan sistem distribusi perlu dilakukan agar dapat memahami tingkat performa jaringan dan menentukan langkah perbaikan yang tepat (Pratama et al., 2024).

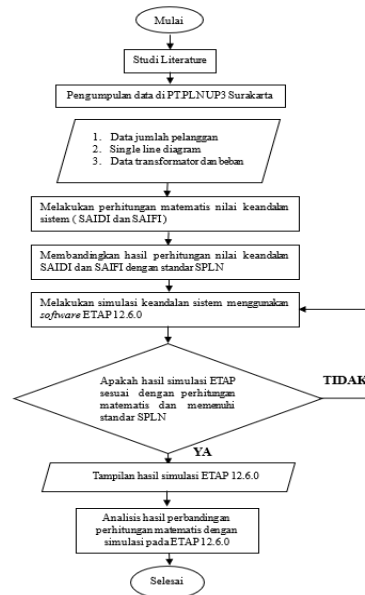
Tingkat ketersediaan pasokan listrik dapat dievaluasi melalui indeks SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*). Indeks SAIDI menggambarkan rata-rata lamanya diskontinuitas pelayanan atau pemadaman yang dirasakan oleh pelanggan selama periode tertentu, sedangkan indeks SAIFI menunjukkan frekuensi pemadaman rata-rata yang dialami oleh pelanggan pada rentang yang bersamaan. Kedua indeks tersebut digunakan sebagai parameter utama dalam menilai tingkat keandalan suatu sistem distribusi tenaga listrik. Semakin kecil nilai SAIDI dan SAIFI, maka semakin baik tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik (Fahrurrozi et al., 2024). Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan dalam evaluasi keandalan sistem jaringan distribusi yaitu metode *section technique*. Metode ini dilaksanakan dengan cara membagi konfigurasi penyulang distribusi menjadi beberapa bagian seksi jaringan untuk mempermudah proses identifikasi dan analisis gangguan pada sistem. Setiap gangguan yang terjadi dianalisis berdasarkan kontribusinya terhadap frekuensi maupun durasi pemadaman pada masing-masing *section* jaringan (Gozali et al., 2022). Melalui pendekatan tersebut, kondisi keandalan sistem distribusi dapat diketahui secara lebih terstruktur sehingga nilai indeks SAIDI dan SAIFI yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar evaluasi dan perbaikan sistem distribusi tenaga listrik (Sihombing, 2022).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa optimalisasi penempatan *recloser* yang tepat dapat mengurangi angka SAIDI dan SAIFI dengan signifikan. Simulasi menggunakan ETAP 19.0.1 membuktikan bahwa peletakan posisi *recloser* yang tepat mampu meningkatkan keandalan jaringan distribusi 20 kV dengan durasi gangguan pada penyulang. Namun, penerapan metode *section technique* berbasis *optimal placement recloser* pada jaringan distribusi 20 kV di wilayah PT PLN (Persero) UP3 Surakarta masih belum banyak dilakukan.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, belum ditemukan penelitian yang menguji penggunaan *section technique* berbasis simulasi ETAP 19.0.1 untuk menganalisis keandalan jaringan distribusi 20 kV pada penyulang JJR-03 di PT PLN (Persero) UP3 Surakarta. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung indeks keandalan SAIDI dan SAIFI berdasarkan data gangguan serta melakukan pemodelan jaringan untuk mengetahui pengaruh masing-masing *section* terhadap tingkat keandalan sistem. Hasil yang didapat diharapkan bisa menyajikan gambaran yang lebih rinci mengenai kondisi keandalan penyulang JJR serta menjadi bahan pertimbangan dalam upaya penguatan performansi keandalan sistem kelistrikan pada sektor distribusi di PT PLN (Persero) UP3 Surakarta.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis deskriptif dan simulasi berbasis data numerik. Pendekatan ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk mengukur dan mengevaluasi tingkat keandalan jaringan distribusi 20 kV melalui perhitungan indeks SAIFI dan SAIDI secara terukur. Metode yang dapat diterapkan dalam menganalisis keandalan sistem jaringan distribusi adalah metode *section technique*. Penelitian ini dipusatkan pada penyulang Jajar (JJR-03) yang bersumber dari Gardu Induk Jajar Solo di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Surakarta. Penyulang JJR-03 memiliki konfigurasi tipe jaringan radial dan melayani pelanggan distribusi tegangan menengah 20 kV.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Sumber: (Sofyan et al., 2022)

Dalam proses analisis, diperlukan beberapa data pendukung untuk menghitung indeks keandalan pada penyulang JJR-03. Hasil pengumpulan data lapangan meliputi single line diagram penyulang JJR-03 PT PLN (Persero) UP3 Surakarta, data total pelanggan, data komponen jaringan distribusi 20 kV, data gangguan penyulang selama satu tahun, serta data beban dan peralatan proteksi berupa PMT dan *recloser*. Data tersebut diolah dengan bantuan metode *section technique* agar dapat memperoleh nilai tingkat kegagalan dan lamanya gangguan pada tiap-tiap *section* jaringan. Hasil perhitungan kemudian dianalisis melalui pendekatan indeks keandalan SAIDI dan SAIFI berdasarkan acuan SPLN No. 59 Tahun 1985 serta disimulasikan menggunakan *software* ETAP 19.0.1 pada kondisi pra dan pasca penambahan *recloser*. Hasil setelah perbaikan digunakan sebagai rekomendasi peningkatan keandalan jaringan distribusi 20 kV pada penyulang JJR-03 PT PLN (Persero) UP3 Surakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam mengevaluasi tingkat kontinuitas jaringan menggunakan metode *section technique* yaitu dengan mengelompokkan penyulang ke dalam beberapa *section*. Penyulang JJR-03 sendiri terbagi menjadi 4 *section* berdasarkan konfigurasi sistem yang ada. Setelah pembagian *section* dilakukan, tahapan berikutnya yaitu menghitung nilai tingkat kegagalan (λ) serta durasi kegagalan (ULP) pada setiap *load point* di masing-masing *section* sebagai dasar dalam menentukan tingkat keandalan penyulang.

1 Laju Kegagalan (λ)

Laju kegagalan adalah nilai yang menunjukkan tingkat gangguan yang terjadi pada suatu rentang periode tertentu. Simbol laju kegagalan yaitu λ dan dihitung menggunakan satuan kegagalan per tahun. Perhitungan nilai tingkat kegagalan menggunakan metode *section technique* membutuhkan nilai laju kegagalan tiap-tiap titik beban, di mana tingkat laju kegagalan tiap-tiap titik beban dapat diperoleh berdasarkan total jumlah komponen pada sistem seperti *circuit breaker*, transformator, ataupun *sectionalizer* yang mempengaruhi titik beban dalam sistem. Nilai laju kegagalan tiap *load point* (λ LP) dapat dihitung menggunakan rumus di Persamaan 1 (Oktavia et al., 2021).

$$\lambda \text{ LP} = \sum \lambda_i \times l_i \quad (1)$$

Keterangan dari Persamaan 1:

λ_i = laju kegagalan tiap peralatan i

Sebagai contoh untuk menghitung salah satu laju kegagalan yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \lambda \text{ (line 1)} &= \text{failure rate peralatan} \times \text{panjang saluran udara} \\ &= 0,2 \times 0,05 \\ &= 0,01 \text{ gangguan/tahun} \end{aligned}$$

2 Pengaruh Durasi Kegagalan (U)

Durasi kegagalan merujuk pada waktu di mana aliran energi listrik ke konsumen terhenti karena adanya masalah dalam jaringan distribusi. Dalam analisis keandalan jaringan distribusi, durasi kegagalan di tiap titik beban (ULP) dianggap sebagai salah satu elemen krusial dalam menentukan indeks keandalan. Nilai ULP dihasilkan dari perkalian angka kegagalan (λ) dengan waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan (r) dari setiap elemen yang berpengaruh pada posisi beban tersebut. Perhitungan durasi kegagalan titik beban (ULP) dinyatakan dengan Persamaan 2 (Oktavia et al., 2021).

$$U \text{ LP} = \sum \lambda_i \times r_i \quad (2)$$

Keterangan dari Persamaan 2:

$\lambda \text{ LP}$ = laju kegagalan pada load point (gangguan/tahun)

λ_i = laju kegagalan untuk peralatan i (gangguan/tahun)

r_i = Jumlah pelanggan atau titik beban yang terdampak akibat gangguan komponen ke- i

Sebagai contoh, pada titik beban satu (LP 1) di saluran 1, kita dapat menghitung waktu gangguan pada saluran 1 terkait dengan panjang saluran udara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U \text{ (line 1)} &= \text{failure rate peralatan} (\lambda) \times \text{repair time peralatan} (r) \\ &= 0,01 \times 3 \\ &= 0,03 \text{ jam/tahun} \end{aligned}$$

3 Indeks Keandalan

a SAIFI (*System Average Interruption Failure Index*)

SAIFI merupakan indeks keandalan yang menunjukkan frekuensi pemadaman rata-rata dalam kurun waktu satu tahun. Persamaan untuk menghitung SAIFI dapat dihitung menggunakan rumus di Persamaan 3 (Oktavia et al., 2021).

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda LP \times N LP}{\sum N} \quad (3)$$

Keterangan dari Persamaan 3:

λLP = laju kegagalan pada tiap *load point* (kegagalan/tahun)

$N LP$ = jumlah pelanggan pada tiap *load point*

N = jumlah pelanggan total sistem

Setelah menghitung nilai λLP dan $U LP$, tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai keandalan pada masing-masing titik beban di setiap *section* didasarkan pada Persamaan yang diterapkan. Kalkulasi indeks SAIFI pada *load point 1 section 1* diambil sebagai contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} SAIFI LP 1 &= \frac{\sum \lambda LP \times N LP}{\sum N} \\ &= \frac{177,9 \times 1}{14132} \\ &= \underline{0,013} \text{ kali/tahun} \end{aligned}$$

b SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

SAIDI adalah durasi rata-rata yang disebabkan oleh gangguan yang dialami oleh tiap pelanggan dalam kurun waktu satu tahun. persamaan untuk menghitung nilai SAIDI dapat dihitung menggunakan rumus di Persamaan 4 (Oktavia et al., 2021).

$$SAIDI = \frac{\sum U LP \times N LP}{\sum N} \quad (4)$$

Keterangan dari Persamaan 4:

$U LP$ = Durasi gangguan tiap *load point* (*hours/years*)

$N LP$ = Jumlah pelanggan tiap *load point*

N = Jumlah pelanggan total

Perhitungan nilai SAIDI untuk *load point 1 section 1* berdasarkan persamaan 4 di atas memberikan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SAIDI &= \frac{\sum U LP \times N LP}{\sum N} \\ &= \frac{678,2 \times 1}{14132} \\ &= \underline{0,048} \text{ jam/tahun} \end{aligned}$$

Tabel 1. Perhitungan Keandalan tiap load point Section 1

<i>Section 1</i>										
Alat	λ Alat (SPLN)	Panjang saluran (kms)	λ (f/yr)	Repair time (hours)	U (hr/yr)	JML PLG	JML PLG $\times \lambda$	JML PLG $\times$ U	SAIFI (f/yr)	SAIDI (hr/yr)
LBS	0,003		0,003	10	0,03					
LBS	0,003		0,003	10	0,03					
REC	0,005		0,005	10	0,05					
BUS	0,001		0,35	2	0,7					
TRAFO	0,005		0,865	10	8,65					
Line 1, 23, 38,40	0,2	0,05	0,01	3	0,03	25	177,9	678,25	0,013	0,048
Line 2-22, 24-26,28,30- 32,35-37, 39,42-44, 46- 74, 120-129, 172	0,2	0,2	0,04	3	0,12	50	355,8	1356,5	0,025	0,096
Line 27	0,2	0,1	0,02	3	0,06	15	106,74	406,95	0,008	0,029
Line 29, 33- 34, 41, 45, 89- 90,100	0,2	0,05	0,01	3	0,03	1	7,116	27,13	0,001	0,002
Line 75-79, 81-83, 85-86, 88, 93-98, 101, 103-107, 110- 119, 130-148, 150- 162, 164-169, 171	0,2	0,8	0,16	3	0,48	78	555,048	2116,14	0,039	0,15
Line 80, 99, 108-109, 149, 163	0,2	0,3	0,06	3	0,18	39	277,524	1058,07	0,02	0,075
Line 84	0,2	1,1	0,22	3	0,66	156	1110,096	4232,28	0,079	0,299
Line 87	0,2	0,35	0,07	3	0,21	24	170,784	651,12	0,012	0,046
Line 91-92	0,2	0,15	0,03	3	0,09	137	974,892	3716,81	0,069	0,263
Line 102	0,2	0,25	0,05	3	0,15	20	142,32	542,6	0,01	0,038
Line 170	0,2	0,65	0,13	3	0,39	2	14,232	54,26	0,001	0,004
Total			7,116		27,13				5,136	19,58

Sumber: Hasil olahan data

Tabel 1 di atas menunjukkan proses perhitungan indeks keandalan pada *Section 1* penyulang JJR-03 berdasarkan persamaan yang digunakan. Nilai λ pada kolom λ LP diperoleh dari hasil perkalian antara laju kegagalan komponen (*failure rate*) berdasarkan kriteria SPLN dan bentangan panjang penyulang pada *section* tersebut. Adapun besaran pada U LP diperoleh dari hasil nilai akumulasi durasi kegagalan tahunan (U) dari perkalian laju kegagalan (λ) dengan rata-rata waktu perbaikan (r) masing-masing peralatan. Berdasarkan hasil perhitungan pada *Section 1*, diperoleh nilai SAIFI sebesar 5,136 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 19,58 jam/tahun.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa pelanggan pada *Section 1* penyulang JJR-03 memiliki frekuensi pemadaman rata-rata sebesar 5,136 kali dalam satu tahun dengan total durasi pemadaman mencapai 19,58 jam/tahun. Besarnya nilai SAIFI dan SAIDI pada *section* ini ditentukan oleh panjang jaringan, jumlah komponen yang terpasang, serta jumlah pelanggan yang terdampak ketika terjadi gangguan. Semakin besar nilai frekuensi kegagalan operasi dan durasi pemulihan pada suatu perangkat, maka semakin signifikan pula kontribusinya terhadap nilai indeks keandalan pada *section* tersebut (Manoppo et al., 2023). Berikut adalah akumulasi perhitungan durasi dan frekuensi pemadaman rata-rata SAIFI dan SAIDI untuk seluruh *section* pada penyulang JJR-03:

Tabel 2. Indeks keandalan penyulang JJR-03

Nomor Section	SAIFI (f/yr)	SAIDI (hr/yr)
<i>Section 1</i>	5,136	19,580
<i>Section 2</i>	0,280	0,957
<i>Section 3</i>	0,077	0,283
<i>Section 4</i>	0,020	0,043
<i>Section 5</i>	0,025	0,068
Total	5,538	20,930

Sumber: Hasil olahan data

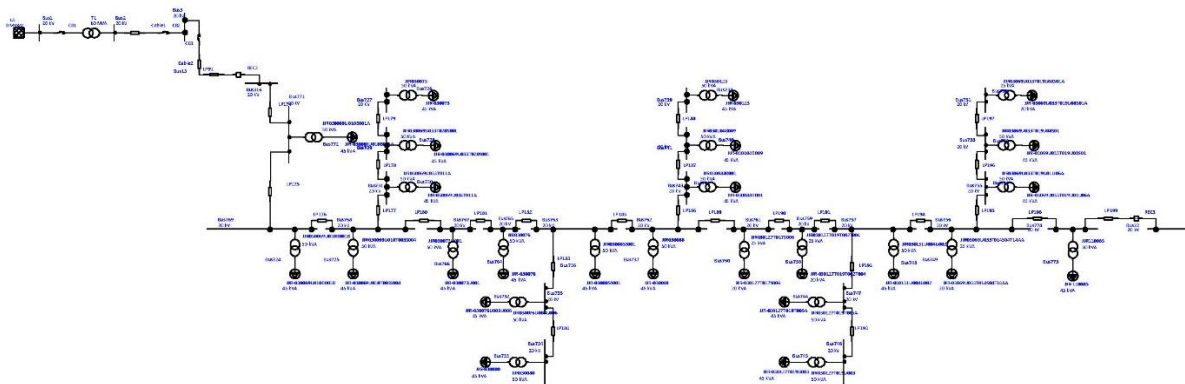
Berdasarkan **Tabel 2** diatas menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan pada penyulang JJR-03, diketahui bahwa *Section 1* memiliki nilai SAIFI dan SAIDI paling besar dibandingkan *section* lainnya, yaitu sebesar 5,136 kali/tahun dan 19,580 jam/tahun. Tingginya nilai tersebut menunjukkan bahwa *Section 1* merupakan bagian jaringan yang paling sering mengalami gangguan serta memiliki durasi pemadaman paling lama. Kondisi ini dipengaruhi oleh panjang saluran distribusi pada *Section 1* yang tampak lebih signifikan dari *section* lainnya, sehingga peluang terjadinya gangguan pada jaringan juga semakin tinggi. Selain itu, jumlah komponen jaringan yang terpasang pada *section* tersebut turut mempengaruhi besarnya nilai laju kegagalan sistem. Semakin banyak komponen yang terpasang, maka kemungkinan terjadinya gangguan juga akan meningkat.

Panjang saluran distribusi berperan penting sebagai salah satu faktor penentu utama

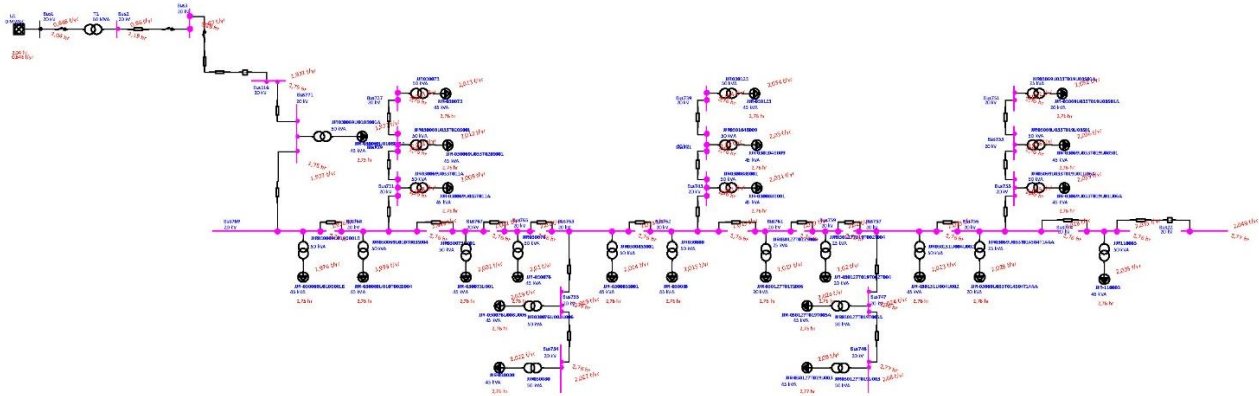
terhadap nilai laju kegagalan (λ). Pada metode *section technique*, nilai λ diperoleh dari hasil perkalian antara *failure rate* saluran berdasarkan SPLN dengan panjang jaringan distribusi (Widagdo et al., 2024) (Setiawan & Suheta, 2020). Oleh karena itu, semakin panjang jaringan distribusi pada suatu *section*, maka nilai laju kegagalan yang dihasilkan akan semakin besar. Pada penyulang JJR-03 terdapat beberapa *line* dengan panjang saluran yang cukup besar, seperti *line* 85 sepanjang 1,1 km dan *line* 138 sepanjang 1,3 km. Panjang saluran tersebut menyebabkan nilai λ meningkat sehingga berdampak pada besarnya nilai SAIFI dan SAIDI pada *section* tersebut (Aprialdi & Aini, 2023) (Pangestu et al., 2023).

Selain panjang saluran, jumlah pelanggan pada setiap *load point* juga mempengaruhi nilai indeks keandalan sistem. Dalam perhitungan SAIFI dan SAIDI, jumlah pelanggan digunakan sebagai faktor pembobot terhadap nilai laju kegagalan dan durasi gangguan (Mardiansyah, 2026). Semakin banyak pelanggan yang terdampak ketika terjadi gangguan, maka kontribusi terhadap nilai SAIFI dan SAIDI akan semakin besar. Pada *Section 1* terdapat beberapa *load point* dengan jumlah pelanggan yang relatif tinggi, yaitu mencapai 78 pelanggan hingga 156 pelanggan. Kondisi tersebut menyebabkan gangguan yang terjadi pada *Section 1* memberikan kontribusi paling besar terhadap nilai indeks keandalan total penyulang JJR-03 (Luthfiyani et al., 2023).

Simulasi ETAP 19.0.1 Single Line Diagram Penyulang JJR-03



Gambar 2. Sample Single Line Diagram penyulang JJR- 03 Section 2
Sumber: Hasil olahan data



Gambar 3. Sample Simulasi keandalan sistem penyulang JJR- 03 Section 2

Sumber: Hasil olahan data

Analisis Hasil Simulasi ETAP Penyulang JJR-03

Project:	EVALUASI KEANDALAN JJR-03	ETAP	Page:	92
Location:	JAJAR	19.0.1C	Date:	25-05-2026
Contract:			SN:	
Engineer:	AZDREINI AZIZAH R	Study Case: RA	Revision:	Base
Filename:	DATA ETAP PLN UP3		Config:	Normal

SUMMARY	
System Indexes	
ACCI	5.43 kVA / customer
AENS	0.0127 MW hr / customer.yr
ALII	7.70 pu (kVA)
ASAI	0.9976 pu
ASUI	0.00244 pu
CAIDI	2.748 hr / customer interruption
CTAIDI	21.341 hr / customer.yr
ECOST	0.00 \$ / yr
EENS	179.318 MW hr / yr
IEAR	0.000 \$ / kW hr
SAIDI	21.3413 hr / customer.yr
SAIFI	7.7662 f / customer.yr

Gambar 4. Indeks keandalan penyulang JJR-03 pada simulasi ETAP

Sumber: Hasil olahan data

Berdasarkan Gambar 4 hasil simulasi indeks keandalan pada penyulang JJR-03 menggunakan ETAP, maka diperoleh nilai SAIFI sebesar 7,7662 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 21,341 jam/pelanggan/tahun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa gangguan frekuensi yang dialami pelanggan masih tergolong tinggi dan belum sesuai dengan kriteria yang ditentukan oleh SPLN No. 59 Tahun 1985. Sementara itu, durasi pemadaman berada pada kisaran batas standar yang ditetapkan. Nilai CAIDI sebesar 2,748 jam/gangguan

menunjukkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk pemulihan sistem setelah terjadi gangguan.

Selain itu, nilai ASAI sebesar 0,9976 pu mengindikasikan bahwa tingkat ketersediaan pelayanan tenaga listrik pada penyulang JJR-03 masih relatif baik, dengan persentase ketersediaan layanan mencapai sekitar 99,76%. Namun demikian, nilai EENS sebesar 179,318 MWh/tahun menunjukkan masih terdapat energi listrik yang tidak dapat dikirimkan kepada pelanggan disebabkan oleh masalah dalam sistem distribusi.

Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa penyulang JJR-03 masih perlu ditingkatkan, terutama pada aspek frekuensi gangguan pelanggan. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan melalui optimalisasi sistem proteksi dan penempatan *recloser* yang tepat untuk mengurangi dampak gangguan serta meningkatkan kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan.

Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi

Setelah mendapatkan nilai indeks keandalan SAIFI pada penyulang JJR-03 belum sesuai dengan kriteria yang ditentukan oleh SPLN No. 59 Tahun 1985. Sebagai upaya meningkatkan keandalan sistem, dilakukan simulasi menggunakan ETAP 19.0.1 dengan beberapa alternatif penempatan *recloser*. Hasil simulasi menunjukkan perubahan nilai SAIFI dan SAIDI pada setiap percobaan, sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

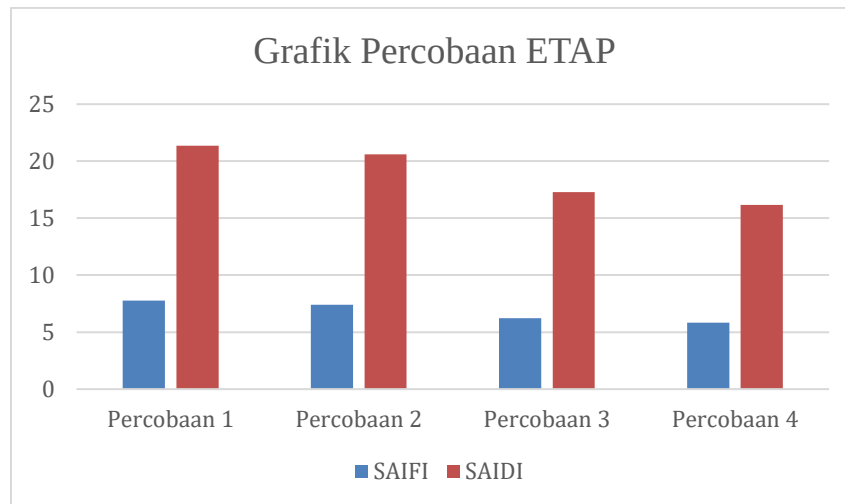
Tabel 3. Perbandingan nilai keandalan *system*

Penyulang	Kondisi	SAIFI	SAIDI
JAJAR-03	Standar SPLN	3,200	21,090
	Perhitungan matematis	5,538	20,930
	Percobaan 1 (ETAP)	7,766	21,341
	Percobaan 2 (ETAP)	7,396	20,600
	Percobaan 3 (ETAP)	6,223	17,281
	Percobaan 4 (ETAP)	5,821	16,164

Sumber: Hasil olahan data

Tabel 3 menunjukkan adanya selisih nilai parameter indeks keandalan penyulang JJR-03 berdasarkan standar SPLN, hasil perhitungan matematis, dan simulasi ETAP. Hasil perhitungan diperoleh nilai SAIFI sebesar 5,538 kali/tahun dan SAIDI sebesar 20,930 jam/tahun. Nilai SAIDI masih berada dalam batas standar SPLN No. 59 Tahun 1985, sedangkan nilai SAIFI masih melebihi nilai acuan yang ditetapkan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa durasi pemadaman pada penyulang JJR-03 relatif masih dapat diterima, namun frekuensi gangguan yang terjadi masih cukup tinggi. Hasil simulasi ETAP memperlihatkan adanya perbaikan keandalan setelah dilakukan penempatan *recloser*, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai SAIFI dan SAIDI pada

setiap skenario percobaan. Nilai terbaik diperoleh pada Percobaan 4 dengan SAIFI sebesar 5,821 kali/tahun dan SAIDI sebesar 16,164 jam/tahun, sehingga menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut memberikan tingkat keandalan yang lebih baik dibandingkan kondisi awal.



Gambar 5. Grafik Percobaan ETAP
Sumber: Hasil olahan data

Gambar 5 memperlihatkan perubahan nilai SAIFI dan SAIDI pada setiap percobaan simulasi ETAP. Secara umum, kedua indeks menunjukkan kecenderungan menurun dari Percobaan 1 hingga Percobaan 4. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa lokasi penempatan *recloser* berpengaruh terhadap kemampuan sistem dalam membatasi dampak gangguan pada jaringan distribusi. Semakin tepat lokasi pemasangan *recloser*, semakin kecil area yang terdampak ketika terjadi gangguan sehingga frekuensi dan durasi pemadaman yang dirasakan pelanggan dapat berkurang. Hasil pada Percobaan 4 menunjukkan nilai SAIFI dan SAIDI paling rendah dibandingkan skenario lainnya, yang menandakan bahwa konfigurasi tersebut merupakan alternatif penempatan *recloser* yang paling efektif dalam meningkatkan keandalan penyulang JJR-03. Dengan demikian, hasil grafik mendukung data pada Tabel 3 bahwa optimalisasi penempatan *recloser* mampu memperbaiki kinerja sistem distribusi secara keseluruhan.

Analisis Penempatan Recloser

Guna memperbaiki tingkat ketersediaan pasokan listrik pada sistem jaringan hilir, dilaksanakan optimalisasi penempatan recloser pada *section* yang memiliki kontribusi gangguan paling besar. Pemilihan lokasi *recloser* dilakukan berdasarkan nilai SAIFI dan SAIDI tertinggi serta mempertimbangkan jumlah pelanggan terdampak dan konfigurasi jaringan distribusi (Arman et al., 2024). Recloser dipasang pada titik tertentu dengan tujuan untuk membatasi area gangguan sehingga gangguan yang terjadi tidak menyebabkan pemadaman pada seluruh

penyulang. Dengan adanya *recloser*, sistem proteksi dapat bekerja lebih selektif dalam mengisolasi gangguan sehingga kontinuitas pelayanan tenaga listrik dapat meningkat (Suparta & Irawan, 2025).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis keandalan sistem distribusi 20 kV pada penyulang JJR-03 PT PLN (Persero) UP3 Surakarta menggunakan metode *section technique* dan simulasi ETAP 19.0.1, diperoleh nilai SAIFI hasil perhitungan matematis sebesar 5,538 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 20,930 jam/tahun. Hasil simulasi ETAP pada kondisi awal menunjukkan nilai SAIFI sebesar 7,766 kali/tahun dan SAIDI sebesar 21,341 jam/tahun, kemudian setelah dilakukan penempatan *recloser* nilai tersebut menurun menjadi SAIFI sebesar 5,821 kali/tahun dan SAIDI sebesar 16,164 jam/tahun. Berdasarkan hasil analisis tiap *section*, *section 1* menjadi *section* dengan tingkat gangguan tertinggi karena memiliki panjang saluran yang lebih besar, jumlah komponen jaringan yang lebih banyak, serta jumlah pelanggan terdampak yang cukup tinggi. Panjang saluran dan jumlah pelanggan mempengaruhi besarnya nilai indeks keandalan, di mana semakin luasnya bentangan penyulang dan tingginya jumlah konsumen terdampak maka nilai SAIFI dan SAIDI akan semakin besar. Penempatan *recloser* terbukti mampu meningkatkan keandalan sistem dengan menurunkan nilai SAIFI sebesar 25,05% dan SAIDI sebesar 24,25%. Berdasarkan acuan SPLN No. 59 Tahun 1985, nilai SAIDI pada penyulang JJR-03 masih memenuhi kriteria, namun nilai SAIFI masih berada di atas batas standar yang ditetapkan sehingga diperlukan upaya peningkatan keandalan sistem distribusi secara berkelanjutan.

Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, disarankan agar PT PLN (Persero) UP3 Surakarta menerapkan penempatan *recloser* secara strategis pada *Section 1* penyulang JJR-03 yang memiliki kontribusi gangguan tertinggi, serta melakukan pemeliharaan rutin dan penambahan peralatan proteksi untuk menekan frekuensi pemadaman. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan mengkaji optimalisasi penempatan *recloser* dengan metode optimasi lain dan analisis biaya, serta memperluas penelitian pada penyulang lain di wilayah UP3 Surakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprialdi, R., & Aini, Z. (2023). *Analysis of the reliability of electrical distribution systems using the technique section method and rnea fedder gibp-mesir*. 07(02), 133-145.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jee.v7i2.63118>
- Arman, Joko, T. R., & Harimurti, R. (2024). *Analisis Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik Jaringan Distribusi 20kV di PT.PLN (Persero) ULP AMUNTAL*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.26740/jte.v13n2.p130-134>

- Fahrurrozi, A., Anshar, C. N., & Ridal, Y. (2024). *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Dengan Metode Section Technique Di PT . PLN (Persero) ULP Muara Labuh Solok Selatan Sumatera Barat.* 5(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.53695/jm.v5i2.1122>
- Gozali, R. B. M., Prasetyono, S., & Mufaizah, R. (2022). *Analisis Perbandingan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Berkonfigurasi Radial Dan Loop Menggunakan Metode Section Technique.* 3, 12–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.31328/jasee.v3i02.113>
- Luthfiyani, U. K., Setiawan, A., & Arifin, S. (2023). *Analisis Perbandingan Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi dengan Metode Section Technique dan Reliability Index Assessment (RIA) : Studi Kasus Gardu Induk Balaraja.* 2(1), 250–264. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i1.1782>
- Manoppo, F. R., Ir. Hans Tumaliang, M., & Sartje Silimang, ST, M. (2023). *Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Metode Section Technique Pada PT . PLN (Persero) Area Kotamobagu.* 1–10. [https://repo.unsrat.ac.id/3415/1/JURNAL FAHMI RIZKY MANOPPO %2816021103044%29.pdf](https://repo.unsrat.ac.id/3415/1/JURNAL%20FAHMI%20RIZKY%20MANOPPO%2816021103044%29.pdf)
- Mardiansyah, M. S. (2026). *Evaluasi keandalan sistem distribusi menggunakan indeks saidi, saifi, dan caidi pada pt. pln (persero) ulp grogol tahun 2024.* 63–74. <https://doi.org/https://doi.org/10.26740/jte.v15n1.p63-73>
- Oktavia, Y., Gusti, K., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2021). *Analisa Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Metode Section Technique Di PT PLN ULP3 Salatiga.* [https://eprints.ums.ac.id/97851/1/Naskah Publikasi_Yeni Oktavia_D400170072.pdf](https://eprints.ums.ac.id/97851/1/Naskah%20Publikasi_Yeni%20Oktavia_D400170072.pdf)
- Pangestu, A. B., Putri, R. D. M., Hudallah, N., & Andrasto, T. (2023). *ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI JARINGAN SUTM DI PT .* 14(1), 107–126. <https://doi.org/https://doi.org/10.24176/simet.v14i1.9109>
- Pratama, M. A., Setiyono, Y. W., Rahman, A. H., Teknik, D., & Mada, U. G. (2024). *Optimisasi Penempatan Recloser dan Sectionalizer untuk Memperbaiki Keandalan Jaringan pada Penyulang WNI10 Menggunakan Simulasi Reliability Assessment.* 5(2), 56–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/juliet.v5i2.86532>
- Setiawan, A. F., & Suheta, T. (2020). *Analisa Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di PT . PLN (PERSERO) UPJ Mojokerto Menggunakan Metode FMEA (FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS).* 3. <https://doi.org/https://doi.org/10.30651/cl.v3i1.4304>
- Sihombing, G. (2022). *Analisis Indeks Keandalan Secara Teknis dan Ekonomis Jaringan Distribusi 20 KV Menggunakan Metode Section Technique pada PT. PLN (Persero) Rayon Belawan.* 06(02), 105–115. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jee.v6i2.53946>
- Sofyan, S., Achmad, A., & P, I. A. S. (2022). *Studi Perbaikan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Melalui Penambahan Recloser Pada Penyulang Pajalau PT . PLN (Persero) Menggunakan Metode Section Technique.* 19(2), 106–115. <https://doi.org/https://doi.org/10.31963/elekterika.v6i2.3688>
- Suparta, M. M., & Irawan, M. I. (2025). *Optimisasi Penempatan Recloser Dengan Metode AHP-Vikor Untuk Mengurangi Wilayah Padam dan Meningkatkan Keandalan Distribusi Listrik.* 10(9), 7608–7624. <https://doi.org/https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v10i9.61407>
- Ummara, A., & Suprawikno. (2025). *Optimasi Penempatan Recloser Jaringan Distribusi Menggunakan*

Metode Section Technique Dan Algoritma Grey Wolf Optimizer. 8(2), 274–282.
<https://doi.org/https://doi.org/10.36595/jire.v8i2.1703>

Widagdo, R. S., Budiono, G., Slamet, P., Sultan, M., & Habibullah, A. (2024). *Analysis of The Reliability Index of The Platuk Feeder Distribution System at PT . PLN ULP Kenjeran with Section Technique Method.* 6(2). <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>