

# Studi Penyulang Kandangan Untuk Meningkatkan Kontinuitas Suplai Energi Listrik Ke Pelanggan

Sukamdi<sup>\*a)</sup>, Harrij Mukti Kristiana<sup>a)</sup>, Abdullah Thufail<sup>a)</sup>, Edi Waluya<sup>a)</sup>

(Artikel diterima: Juli 2021, direvisi: Oktober 2021)

**Abstrak:** Indeks keandalan Penyulang Kandangan pada kondisi awal berdasarkan hasil perhitungan SAIFI diperoleh nilai 11,73 kali/tahun dan SAIDI diperoleh nilai 12,76 jam/tahun. Untuk menjaga kualitas sistem tenaga distribusi maka diperlukan suatu rekomendasi solusi untuk meningkatkan kontinuitas suplai energi listrik ke pelanggan di Penyulang Kandangan yaitu dengan menambah pengaman FCO (Fuse Cut Out) dan alternatif manuver jaringan. Sehingga area yang padam dan jumlah pemadaman pelanggan dapat diminimalisir serta meminimalkan nilai energi yang tidak tersalurkan ke pelanggan. Nilai keandalan sistem menurut standar SPLN 59:1985 sebesar SAIDI = 0,83 jam/plg/tahun dan SAIFI = 1,2 kali/plg/tahun. Sedangkan Penyulang Kandangan pada kondisi awal sebesar SAIDI = 12,76 jam/plg/tahun dan SAIFI = 11,73 kali/plg/tahun. Setelah dilakukan scenario rekomendasi solusi, didapatkan penurunan nilai keandalan yang lebih baik yaitu sebesar SAIDI = 6,36 jam/plg/tahun dan SAIFI = 7,63 jam/plg/tahun.

**Kata-kata kunci :** Kendalan, SAIDI, SAIFI, ENS

## 1. Pendahuluan

Pada Penyulang Kandangan terhitung sejak bulan Januari – Desember tahun 2020 sudah terjadi 45 kali gangguan yang menyebabkan PMCB Kandangan dan PMT trip, dengan rincian yaitu 13 kali gangguan permanen dan 32 kali gangguan temporer, gangguan tersebut dapat menyebabkan PT. PLN (Persero) ULP Ngawi mengalami kerugian energi sebesar 63.133 kWh karena tidak dapat melayani pelanggan pada penyulang tersebut, sehingga mempengaruhi nilai ENS (Energy Not Supplied) yaitu jumlah energi yang tidak tersalurkan oleh sistem tenaga listrik ke pelanggan.

Berdasarkan data gangguan Penyulang Kandangan, untuk mengetahui indeks keandalan sistem distribusi maka harus dilakukan perhitungan dengan metode SAIDI yaitu lamanya gangguan, SAIFI yaitu banyaknya gangguan dan ENS

Oleh karena itu berdasarkan penyebab gangguan yang terjadi dikarenakan gangguan eksternal dan maka solusi untuk penanganan gangguan pada Penyulang kandangan adalah dengan dilakukan penambahan pengaman (FCO) Fuse Cut Out dan alternatif manuver jaringan terhadap penyulang yang mengalami gangguan untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik ketika terjadi gangguan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan (reliability) didefinisikan sebagai peluang suatu komponen atau sistem memenuhi fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu yang diberikan selama digunakan dalam kondisi beroperasi. Dengan kata lain keandalan berarti peluang tidak terjadi kegagalan selama beroperasi.

Teknik keandalan bertujuan mempelajari konsep, karakteristik, pengukuran, analisis kegagalan dan perbaikan sistem sehingga menambah waktu ketersediaan operasi sistem dengan cara mengurangi kemungkinan kegagalan.

Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan / tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari

sistem ke pemakai. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi.

Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu sering padam.

Kontinuitas pelayanan, penyaluran jaringan distribusi tergantung pada jenis dan macam sarana penyalur dan peralatan pengaman, dimana sarana penyalur (jaringan distribusi) mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran dan cara pengaturan sistem operasinya, yang pada hakekatnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat beban. Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah pemutusan karena gangguan. (SPLN 52, 1983)

### 2.2 Indeks Keandalan Sistem Distribusi

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran *probabilitas*. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga. Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh pengertian yang mendalam kedalam keseluruhan capaian.

Indeks keandalan seperti SAIFI (*Sistem Interruption Frequency Indeks*) merupakan suatu indeks yang menyatakan banyaknya gangguan (pemadaman yang terjadi dalam periode tertentu) pada pelanggan dalam suatu sistem secara keseluruhan. SAIDI (*Sistem Average Interruption Duration Index*) merupakan suatu indeks yang menyatakan lamanya gangguan (pemadaman) yang terjadi dalam selang waktu tertentu pada pelanggan dalam suatu sistem secara keseluruhan. Semakin besar nilai SAIDI dan SAIFI pada suatu penyulang maka akan semakin besar Energi yang tidak tersalurkan/ ENS (Energi Not Served).

### 2.3.1 Indeks Frekuensi Pemadaman Rata-rata

\* Korespondensi: [sukamdi@polinema.ac.id](mailto:sukamdi@polinema.ac.id)

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.  
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman dalam satu tahun dibagi dengan jumlah konsumen yang dilayani

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^m C_i \text{ pemadaman}}{N \text{ tahun}}$$

Dimana : m = jumlah pemadaman dalam satu tahun  
 Ci = jumlah konsumen yang mengalami pemadaman  
 N = jumlah konsumen yang dilayani

### 2.3.2 Indeks Lama Pemadaman Rata-rata

Jumlah lamanya pemadaman yang dialami konsumen dalam satu tahun, dibagi dengan jumlah konsumen yang dilayani

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^m C_i t_i \text{ jam}}{N \text{ tahun}}$$

Dimana : m = jumlah pemadaman dalam satu tahun  
 ti = Lamanya tiap-tiap pemadaman  
 Ci = Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman  
 N = Jumlah konsumen yang dilayani

## 3. Metode Penelitian

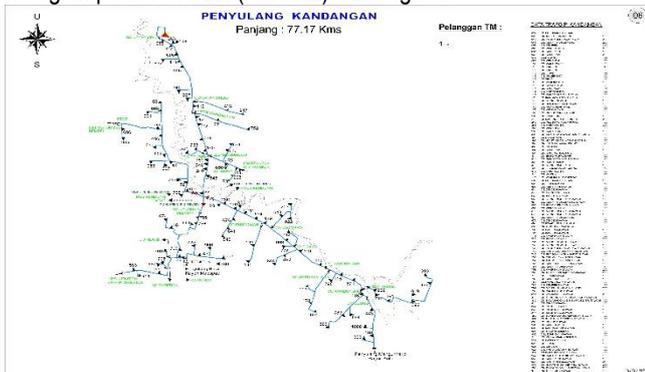
Penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu metode studi literature dan metode observasi. Penelitian bertujuan menghitung indeks keandalan jaringan tegangan menengah 20 kV di wilayah Unit Layanan Pelanggan (ULP) Ngawi khususnya penyulang Kandangan, indeks keandalan tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kontinuitas suplai energi listrik ke pelanggan. Perhitungan indeks keandalan meliputi SAIDI dan SAIFI serta menghitung energi yang tidak tersalurkan/ Energy Not Served (ENS).

Data untuk penelitian ini berupa data documenter yang diperoleh dari PT PLN (Persero) ULP Ngawi, yaitu *Single Line Diagram*, data gangguan, data jumlah pelanggan, data ukur beban, dan data pengaman pada ULP Ngawi khususnya penyulang Kandangan.

## 4. Analisa dan Pembahasan

### 4.1 Data Gangguan

Berdasarkan data ULP Ngawi, Penyulang Kandangan termasuk penyulang yang paling banyak mengalami gangguan. Dari data bulan Januari – Desember 2020, penyulang Kandangan mengalami 13 gangguan permanen dimana gangguan tersebut dapat menurunkan nilai keandalan dan dapat mengakibatkan kerugian pada PT. PLN (Persero) ULP Ngawi.



Gambar 4.1. *Single Line Diagram* Penyulang Kandangan Berikut adalah tabel rekap gangguan PMCB dan PMT

penyulang Kandangan tahun 2020 sesuai dengan lokasi gangguan :

Tabel 4.1 Rekap Gangguan Penyulang Kandangan

Tanggal	Lokasi	Penyebab
20-Feb-20	FH 110	Konduktor jatuh phase S
03-Mar-20	FH 22	Pin isolator flash over tersambar petir
02-May-20	FH 240	Bamboo penyangga mengenai SUTM
03-May-20	FH 752	Tokek mengenai SUTM
06-May-20	FH 120	CO trafo putus phase R,S
08-May-20	FH 23	Pin flash over phase R
18-May-20	FH 705	Bambu roboh menimpa SUTM
20-Aug-20	FH 22	Layang-layang mengenai SUTM
25-Oct-20	FH 48	Pohon dindeng roboh menimpa SUTM
27-Oct-20	FH 48	Pohon dindeng roboh menimpa SUTM
29-Oct-20	FH 956	GSW jatuh
21-Nov-20	TM 11 P.Kandangan	Terminasi terbakar
05-Dec-20	FH 731	Pohon ketepeng roboh menimpa SUTM

Sumber : PT. PLN (Persero) ULP Ngawi

### 4.2 Perhitungan SAIDI dan SAIFI Kondisi Awal

Sebelum melakukan perhitungan SAIDI dan SAIFI harus diketahui terlebih dahulu jumlah pelanggan padam dan lamanya pemadaman. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui nilai indeks SAIDI dan SAIFI kondisi awal sebelum adanya rekomendasi penambahan pengaman (FCO)

Tabel 4.2 Data Perhitungan SAIDI dan SAIFI Kondisi Awal

Bulan	Lokasi	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam	Waktu X Jumlah Pelanggan (padam)
Februari	FH 110	0,78	19517	15223,26
Maret	FH 22	1,2	19517	23420,4
Mei	FH 240	1,3	19517	25372,1
	FH 752	1,3	19517	25372,1
	FH 120	0,8	19517	15613,6
	FH 23	0,9	19517	17565,3
	FH 705	1,02	19517	19907,34
Agustus	FH 22	0,6	19517	11710,2
	FH 48	2,72	19517	53086,24
Oktober	FH 48	1,95	19517	38058,15
	FH 956	0,7	19517	13661,9
	TM 11 P.kandangan	0,83	21826	18115,58
Desember	FH 731	0,07	19517	1366,19
Jumlah			256030	278472,36

- SAIDI

$$d = \frac{\text{Waktu Padam} \times \text{Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$d = \frac{278472,4}{21826}$$

$$d = 12,76 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

- SAIFI

$$f = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$f = \frac{256030}{21826}$$

$$f = 11,73 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

### 4.3 Perhitungan Energi Tidak Tersalurkan Kondisi Awal

Gangguan permanen tidak akan hilang sebelum penyebab gangguan dihilangkan terlebih dahulu. Gangguan yang bersifat permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan atau ada sesuatu yang mengganggu secara permanen, sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan ini diperbaiki. Untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut.

Perbaikan atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut membutuhkan waktu. Selama kurun waktu tersebut akan terjadi pemadaman di area sekitar gangguan. Pemadaman yang terjadi akan menyebabkan kehilangan energi. Berikut merupakan tabel perhitungan Energi Tidak Tersalurkan kondisi awal.

Tabel 4.3 Perhitungan Energi Tidak Tersalurkan Kondisi Awal

Bulan	Lokasi	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam	P (kW)	E (kWh)
Februari	FH 110	0,78	19517	4419,1	3446,882
Maret	FH 22	1,2	19517	4419,1	5302,896
Mei	FH 240	1,3	19517	4419,1	5744,804
	FH 752	1,3	19517	4419,1	5744,804
	FH 120	0,8	19517	4419,1	3535,264
	FH 23	0,9	19517	4419,1	3977,172
	FH 705	1,02	19517	4419,1	4507,462
Agustus	FH 22	0,6	19517	4419,1	2651,448
Oktober	FH 48	2,72	19517	4419,1	12019,9
	FH 48	1,95	19517	4419,1	8617,206
	FH 956	0,7	19517	4419,1	3093,356
November	TM 11 P.kandangan	0,83	21826	5040,0	4183,159
Desember	FH 731	0,07	19517	4419,1	309,3356
<b>Jumlah</b>					<b>63.133,69</b>

Dari tabel 4.3, jumlah kWh tidak tersalurkan kondisi awal pada tahun 2020 sebesar 63.133,69 kWh. Banyaknya energi yang hilang tentu saja mempengaruhi target kWh yang hilang di Penyulang Kandangan ULP Ngawi. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka perlu adanya alternative untuk memperkecil besarnya energi yang tidak tersalurkan.

### 4.4 Skenario Penambahan Pengaman (FCO)

Dari perhitungan SAIDI dan SAIFI pada Penyulang Kandangan diketahui bahwa Penyulang Kandangan masih jauh melebihi standar PLN. Oleh karena itu harus dilakukan analisa untuk memperbaiki SAIDI dan SAIFI guna meminimalkan jumlah pelanggan padam pada penyulang Kandangan dengan cara penambahan pengaman (FCO) pada daerah gangguan. Sehingga saat terjadi gangguan di jurusan tersebut dapat dilakukan pemutusan FCO saja tanpa harus pemutusan PMCB yang mengakibatkan padam yang luas. Penambahan FCO dilakukan karena belum terpasangnya CO jurusan di persimpangan area yang mengalami gangguan sesuai dengan data gangguan penyulang Kandangan pada tahun 2020. Berikut merupakan tabel lokasi penambahan pengaman (FCO).

Tabel 4.4. Lokasi Penambahan Pengaman (FCO)

No	Section	Lokasi	Penambahan di-
1	1	Percabangan sebelum GTT FH751	Jaringan FH751
2	2	Percabangan sebelum GTT FH48	Jaringan FH48
3	3	Percabangan sebelum GTT FH607	Jaringan FH607

### 4.4.1 Perhitungan SAIDI dan SAIFI Setelah Penambahan FCO

Sebelum melakukan perhitungan SAIDI dan SAIFI harus diketahui terlebih dahulu jumlah pelanggan padam dan lamanya pemadaman. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui nilai indeks SAIDI dan SAIFI setelah dilakukannya penambahan pengaman (FCO).

Tabel 4.5. Data Perhitungan SAIDI dan SAIFI Setelah Penambahan FCO

Bulan	Lokasi	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam		Waktu X Jumlah Pelanggan (padam)
			Sebelum	Sesudah	
Februari	FH 110	0,78	19517	19517	15223,26
Maret	FH 22	1,2	19517	19517	23420,4
Mei	FH 240	1,3	19517	19517	25372,1
	FH752	1,3	19517	181	235,3
	FH 120	0,8	19517	19517	15613,6
	FH 23	0,9	19517	19517	17565,3
	FH 705	1,02	19517	19517	19907,34
Agustus	FH 22	0,6	19517	19517	11710,2
Oktober	FH 48	2,72	19517	998	2714,56
	FH 48	1,95	19517	998	1946,1
	FH 956	0,7	19517	129	90,3
November	TM 11 P.kandangan	0,83	21826	21826	18115,58
Desember	FH731	0,07	19517	19517	1366,19
<b>Jumlah</b>			<b>256030</b>	<b>180268</b>	<b>153280,2</b>

- SAIDI

$$d = \frac{\text{Waktu Padam} \times \text{Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$d = \frac{153280,2}{21826}$$

$$d = 7,02 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

- SAIFI

$$f = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$f = \frac{180268}{21826}$$

$$f = 8,26 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

### 4.4.2 Perhitungan Energi Tidak Tersalurkan Setelah Penambahan FCO

Setelah dilakukan penambahan FCO jurusan jumlah pelanggan padam berbeda dengan kondisi awal, kondisi ini tentunya berpengaruh pada banyaknya energi yang tidak tersalurkan pada Penyulang Kandangan ketika terjadi gangguan. Berikut adalah perhitungan energi tidak tersalurkan setelah ada penambahan FCO

Tabel 4.6. Perhitungan Energi Tidak Tersalurkan Setelah Penambahan FCO

Bulan	Lokasi	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam	P (kW)	E (kWh)
Februari	FH 110	0,78	19517	4419,1	3446,9
Maret	FH 22	1,2	19517	4419,1	5302,9
Mei	FH 240	1,3	19517	4419,1	5744,8
	FH 752	1,3	181	144,3	187,6
	FH 120	0,8	19517	4419,1	3535,3
	FH 23	0,9	19517	4419,1	3977,2
	FH 705	1,02	19517	4419,1	4507,5
Agustus	FH 22	0,6	19517	4419,1	2651,5
Oktober	FH 48	2,72	998	128,4	349,3
	FH 48	1,95	998	128,4	250,4
	FH 956	0,7	129	98,9	69,2
November	TM 11 P.kandangan	0,83	21826	5040	4183,2
Desember	FH 731	0,07	19517	4419,1	314,4
<b>Jumlah</b>					<b>34520</b>

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai energi tidak tersalurkan berkurang dari kondisi awal (tabel 4.3) 63133,69 kWh menjadi 34520 kWh.

#### 4.5 Skenario Manuver Jaringan

##### 4.5.1 Analisa Manuver Penyulang Berdasarkan Pembebanan Penyulang

Berdasarkan data pembebanan penyulang yang ada di lapangan, Penyulang Kandangan memiliki beban sebagai berikut :

Tabel 4.7. Arus Pembebanan Penyulang Kandangan

No	Penyulang	I Setting PMT (A)	I Beban Tertinggi (A)	I Beban Rata-rata (A)	Sisa (A)	% I Set
1	Kandangan	400	230	63	170	57 %
2	Geneng	400	192	48	208	48 %

Dari Tabel 4.7, diketahui bahwa setting arus maksimal yang ada di outgoing Penyulang Kandangan adalah 400 A. Sedangkan dapat diketahui bahwa arus rata-rata Penyulang Kandangan adalah 63 A. penyulang-penyulang di daerah kerja PT. PLN (Persero) ULP Ngawi berada pada konfigurasi loop, maka tiap-tiap penyulang dapat saling menyuplai saat dibutuhkan. Manuver Penyulang Kandangan melibatkan Penyulang Geneng yang disuplai Gardu Induk Ngawi.

Agar penyulang-penyulang tersebut dapat saling manuver satu sama lain namun tidak saling mengganggu, terdapat beberapa syarat diantaranya frekuensi dan urutan fasa yang sama. Selain itu juga dibutuhkan indentifikasi arus beban pada penyulang-penyulang yang akan dimanuver. Pada pembahasan kali ini, perhitungan arus beban dan arus yang tersisa untuk dibebani bertujuan agar saat Penyulang Geneng menyuplai beban untuk Penyulang Kandangan tidak terjadi gangguan overload

Dari data tabel 4.7 diketahui bahwa arus pembebanan Penyulang Geneng masih cukup rendah dengan arus pembebanan tertinggi sebesar 192 ampere dan arus rata-rata pembebanan sebesar 48 ampere, sehingga Penyulang Geneng dikatakan masih mampu untuk mensuplai beban manuver dari Penyulang Kandangan ketika terjadi gangguan. Untuk memastikan bahwa Penyulang Geneng mampu mensuplai beban dari Penyulang Kandangan maka perlu dilakukan simulasi perhitungan arus pembebanan Penyulang Geneng saat menerima manuver beban dari Penyulang Kandangan. Perhitungan arus beban manuver dilakukan dengan memanfaatkan arus beban yang tersisa di

penyulang yang lain.

Tabel 4.8. Data Arus per Section

No	Titik Gangguan Penyulang Kandangan	Titik Manuver Penyulang Kandangan	Arus Terpakai per Section (A)	Arus total (A)	Manuver dari	Arus Terpakai Penyulang (A)	Arus Setelah Terima Manuver (A)
1	Section 1 (GTT 120)	Section 2 Section 3	47,6 44,7	92,3	P. Geneng	190,9	283,2
2	Section 1 (GTT 240)	Section 2 Section 3	47,6 44,7	92,3	P. Geneng	190,9	283,2

Apabila gangguan terjadi di section 1 maka section 2 dan 3 yang tidak mengalami gangguan harus mendapat manuver dari penyulang yang berbatasan dengan Penyulang Geneng. Hal ini disebabkan karena Penyulang Kandangan tidak dapat lagi mendapat sumber dari trafo 1 GI Ngawi secara langsung. Sedangkan, apabila gangguan terjadi di section 2,3,4 dan 5 Penyulang Kandangan masih dapat menerima sumber dari trafo 1 GI Ngawi secara langsung karena gangguan tidak mempengaruhi jaringan utama penyulang.

Dari data pada tabel 4.8 diketahui bahwa jika terjadi gangguan pada section 1 Penyulang Kandangan, maka titik yang dimanuver ke Penyulang Geneng adalah section 2 dan 3. Total arus pembebanan di section 2 dan 3 Penyulang Geneng sebesar 92,3 A, sehingga pada saat Penyulang Geneng menerima manuver dari section 2 dan 3 Penyulang Kandangan maka total arus pembebanan yang diterima Penyulang Geneng adalah 283,2 Ampere.

##### 4.5.2 Perhitungan SAIDI dan SAIFI Setelah Manuver

Setelah dilakukan analisis untuk menyelamatkan GTT yang tidak mengalami gangguan dengan cara manuver maka dapat dihitung nilai SAIDI dan SAIFI perubahan setelah dilakukan manuver, namun tidak semua GTT dapat diselamatkan, berikut adalah tabel perhitungan pelanggan padam setelah manuver.

Tabel 4.9. Data Perhitungan SAIDI dan SAIFI Setelah Manuver

Bulan	Lokasi	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam		Waktu X Jumlah Pelanggan (padam)
			Sebelum	Sesudah	
Februari	FH 110	0,78	19517	19517	15223,26
Maret	FH 22	1,2	19517	19517	23420,4
Mei	FH 240	1,3	19517	12676	16478,8
	FH752	1,3	19517	19517	25372,1
	FH 120	0,8	19517	12676	10140,8
	FH 23	0,9	19517	19517	17565,3
	FH 705	1,02	19517	19517	19907,34
Agustus	FH 22	0,6	19517	19517	11710,2
Oktober	FH 48	2,72	19517	19517	53086,24
	FH 48	1,95	19517	19517	38058,15
	FH 956	0,7	19517	19517	13661,9
November	TM 11 P.kandangan	0,83	21826	21826	18115,58
Desember	FH731	0,07	19517	19517	1366,19
<b>Jumlah</b>				<b>242348</b>	<b>264106,3</b>

- SAIDI

$$d = \frac{\text{Waktu Padam} \times \text{Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$d = \frac{264106,3}{21826}$$

$$d = 12,1 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

- SAIFI

$$f = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$f = \frac{242348}{21826}$$

$$f = 11,1 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

#### 4.5.3 Perhitungan Energi Tidak Tersalurkan Setelah Manuver

Setelah dilakukan manuver maka dapat dihitung nilai energi tidak tersalurkan. Berikut adalah tabel perhitungan nilai energi tidak tersalurkan

Tabel 4.10. Perhitungan Energi Tidak Tersalurkan Setelah Manuver

Bulan	Lokasi	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam	P (kW)	E (kWh)
Februari	FH 110	0,78	19517	4419,1	3446,9
Maret	FH 22	1,2	19517	4419,1	5302,9
Mei	FH 240	1,3	12676	2957,5	3844,8
	FH 752	1,3	19517	4419,1	5744,8
	FH 120	0,8	12676	2957,5	2366
	FH 23	0,9	19517	4419,1	3977,2
	FH 705	1,02	19517	4419,1	4507,5
Agustus	FH 22	0,6	19517	4419,1	2651,5
Oktober	FH 48	2,72	19517	4419,1	12020
	FH 48	1,95	19517	4419,1	8617,2
	FH 956	0,7	19517	4419,1	3093,4
November	TM 11 P.Kandangan	0,83	21826	5040	4183,2
Desember	FH 731	0,07	19517	4419,1	314,4
<b>Jumlah</b>					<b>60050</b>

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai energi tidak tersalurkan jauh berkurang dari kondisi awal (tabel 4.3) 63133,69 kWh menjadi 60050 kWh.

#### 4.6 Penggabungan Skenario Penambahan Pengaman (FCO) dan Manuver

Tabel 4.11. Data Perhitungan SAIDI dan SAIFI Setelah Penggabungan 2 Skenario

Bulan	Lokasi	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam			Waktu X Jumlah Pelanggan (padam)
			Manuver	FCO	Gabungan	
Februari	FH 110	0,78	19517	19517	19517	15223,26
Maret	FH 22	1,2	19517	19517	19517	23420,4
Mei	FH 240	1,3	12676	19517	12676	16478,8
	FH752	1,3	19517	181	181	235,3
	FH 120	0,8	12676	19517	12676	10140,8
	FH 23	0,9	19517	19517	19517	17565,3
	FH 705	1,02	19517	19517	19517	19907,34
Agustus	FH 22	0,6	19517	19517	19517	11710,2
Oktober	FH 48	2,72	19517	998	998	2714,56
	FH 48	1,95	19517	998	998	1946,1
	FH 956	0,7	19517	129	129	90,3
November	TM 11 P.kandangan	0,83	21826	21826	21826	18115,58
Desember	FH731	0,07	19517	19517	19517	1366,19
<b>Jumlah</b>						<b>166586</b>
						<b>138914,1</b>

- SAIDI

$$d = \frac{\text{Waktu Padam} \times \text{Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$d = \frac{138914,1}{21826}$$

$$d = 6,36 \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

- SAIFI

$$f = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$f = \frac{166586}{21826}$$

$$f = 7,63 \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

Setelah penggabungan 2 skenario rekomendasi solusi, jumlah pelanggan padam berkurang dan hal ini akan berpengaruh terhadap nilai SAIDI dan SAIFI pada Penyulang Kandangan. Jika dibandingkan dengan kondisi awal, maka hasilnya akan lebih baik setelah dilakukan penggabungan 2 skenario ini. Berikut adalah tabel perbandingan nilai SAIDI dan SAIFI pada kondisi awal dan setelah dilakukan penggabungan 2 skenario.

Tabel 4.12. Perbandingan Nilai SAIDI dan SAIFI Setelah Penggabungan 2 Skenario

	Kondisi Awal	Kondisi Akhir	Standart			Keterangan
			SPLN 59:1985	IEEE P1366-2003	Target PLN Disjatim	
SAIDI	12,76	6,36	0,83	1,9	0,75	Melebihi Standart
SAIFI	11,73	7,63	1,2	1,26	< 0,9	Melebihi Standart

\*satuan SAIDI : jam/pelanggan/tahun

SAIFI : kali/pelanggan/tahun

Tabel 4.13. Perhitungan Energi Tidak Tersalurkan Setelah Penggabungan 2 Skenario

Bulan	Lokasi	Lama Padam (Jam)	Jumlah Pelanggan Padam	P (kW)	E (kWh)
Februari	FH 110	0,78	19517	4491,1	3446,9
Maret	FH 22	1,2	19517	4491,1	5302,9
Mei	FH 240	1,3	12676	2957,5	3844,8
	FH752	1,3	181	144,3	187,6
	FH 120	0,8	12676	2957,5	2366
	FH 23	0,9	19517	4491,1	3977,2
	FH 705	1,02	19517	4491,1	4507,5
Agustus	FH 22	0,6	19517	4491,1	2651,5
Oktober	FH 48	2,72	998	128,4	349,3
	FH 48	1,95	998	128,4	250,4
	FH 956	0,7	129	98,9	69,2
November	TM 11 P.kandangan	0,83	21826	5040	4183,2
Desember	FH731	0,07	19517	4491,1	314,4
<b>Jumlah</b>					<b>31450,9</b>

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai energi tidak tersalurkan jauh berkurang dari kondisi awal (tabel 4.3) 63133,69 kWh menjadi 31450,9 kWh.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan dan analisa pada penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi keandalan sistem pada penyulang Kandangan sebelum dilakukan penambahan pengaman (FCO), manuver jaringan atau penggabungan dari keduanya, nilai SAIDI 12,76 jam/pelanggan/tahun, nilai SAIFI 11,73 kali/pelanggan/tahun dan nilai ENS 63133,69. Nilai tersebut masih dibawah standart indeks keandalan SAIDI

- dan SAIFI menurut SPLN 59:1985
2. Untuk meminimalisir energi tidak tersalurkan terdapat 2 skenario yaitu :
    - a. Skenario penambahan pengaman (FCO) pada 3 lokasi yaitu di percabangan sebelum FH 751, FH 48, dan FH 607.
    - b. Skenario manuver jaringan dari penyulang Geneng, yaitu di LBS Keniten dan LBSM Dempel
  3. Membandingkan nilai SAIDI, SAIFI dan ENS pada masing-masing skenario dan penggabungannya
    - a. Setelah dilakukan skenario penambahan pengaman (FCO) nilai SAIDI turun 45% (12,76 jam/pelanggan/tahun menjadi 7,02 jam/pelanggan/tahun), SAIFI turun 30% (11,73 kali/pelanggan/tahun menjadi 8,26 kali/pelanggan/tahun), ENS turun 45% (63133,69 kWh menjadi 34515,1 kWh)
    - b. Setelah dilakukan skenario manuver jaringan nilai SAIDI turun 5% (12,76 jam/pelanggan/tahun menjadi 12,1 jam/pelanggan/tahun), SAIFI turun 5% (11,73 kali/pelanggan/tahun menjadi 11,1 kali/pelanggan/tahun), ENS turun 5% (63133,69 kWh menjadi 60050 kWh).
    - c. Dari penggabungan 2 skenario rekomendasi solusi nilai SAIDI turun 50% (12,76 jam/pelanggan/tahun menjadi 6,36 jam/pelanggan/tahun), SAIFI turun 35% (11,73 kali/pelanggan/tahun menjadi 7,63 kali/pelanggan/tahun), ENS 50% (63133,69 kWh menjadi 31450,9 kWh).

---

#### Daftar Pustaka

- [1] Hermawan, Ahmad. (2014). Modul Ajar Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik, Malang.
- [2] PT PLN Persero, (1983). SPLN 52 : Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV, Jakarta.
- [3] PT PLN Persero, (1985). SPLN 59 : Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV, Jakarta.
- [4] Suswanto, Daman. (2009). Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Padang.