

**STUDI PENEMPATAN *SECTIONALIZER* PADA JARINGAN
DISTRIBUSI 20 KV DI PT. PLN UPJ KLATEN KOTA UNTUK
MENINGKATKAN KEANDALAN**

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR



NANANG FEBRIYANTO
5140711022

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN ELEKTRO
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA**

**YOGYAKARTA
2018**

**HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR MAHASISWA**

Judul Tugas Akhir:
**STUDI PENEMPATAN *SECTIONALIZER* PADA JARINGAN
DISTRIBUSI 20 KV DI PT. PLN UPJ KLATEN KOTA UNTUK
MENINGKATKAN KEANDALAN**

Judul Naskah Publikasi:
**STUDI PENEMPATAN *SECTIONALIZER* PADA JARINGAN
DISTRIBUSI 20 KV DI PT. PLN UPJ KLATEN KOTA UNTUK
MENINGKATKAN KEANDALAN**

Disusun oleh:
NANANG FEBRIYANTO
5140711022

Mengetahui,

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Ikrima Alfi, S.T., M.Eng.	Pembimbing

Naskah Publikasi Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro

Yogyakarta,.....
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Satyo Nuryadi, S.T., M.Eng.
NIK. 100205023

PERNYATAAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, Saya:

Nama : Nanang Febriyanto
NIM : 5140711022
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Informasi dan Elektro

**“Studi Penempatan Sectionalizer Pada Jaringan Distribusi 20 KV di PT. PLN UPJ
Klaten Kota untuk Meningkatkan Keandalan”**

Menyatakan bahwa Naskah Publikasi ini hanya akan dipublikasikan di JURNAL TeknoSAINS FTIE UTY, dan tidak dipublikasikan di jurnal yang lain.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 16 Agustus 2018
Penulis,

Nanang Febriyanto
5140711022

Studi Penempatan *Sectionalizer* pada Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN UPJ Klaten Kota untuk Meningkatkan Keandalan

Nanang Febriyanto

Program Studi S-1 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Informasi Dan Elektro
Universitas Teknologi Yogyakarta
Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta
E-mail : nanangf02@gmail.com

ABSTRAK

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan dan yang paling banyak mengalami gangguan, sehingga salah satu masalah utama dalam operasi sistem distribusi adalah mengatasi gangguan, sebab terjadinya banyak gangguan akan mempengaruhi indeks keandalan. Pada penelitian ini, dilakukan simulasi suatu model keandalan jaringan distribusi untuk mencari nilai indeks keandalan menggunakan software ETAP 12.6.0. Perhitungan ini berdasarkan nilai laju kegagalan (λ) dan n lama perbaikan (r) dari masing-masing komponen yang digunakan dalam jaringan distribusi. Tiga penyulang yang dianalisis diambil dari Gardu Induk Klaten yang mencakup unit pelayanan jaringan Klaten Kota. Penyulang yang diambil berdasarkan hasil perhitungan nilai SAIDI dan SAIFI yang paling buruk. Penyulang yang diambil kemudian disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6.0. Hasil simulasi nilai indeks keandalan sistem saat kondisi existing akan dibandingkan dengan setelah penempatan sectionalizer. Berdasarkan nilai indeks keandalan (SAIDI dan SAIFI) dari SPLN 68-2:1986, penyulang KLN01, KLN13, KLN06, KLN07, KLN08, KLN09, KLN10, KLN11, KLN12 adalah penyulang dengan keandalan yang baik, sementara untuk penyulang KLN05, KLN02, KLN03 adalah penyulang dengan keandalan yang kurang baik. Lokasi penempatan sectionalizer pada penyulang KLN05 paling baik yaitu kombinasi lokasi penempatan SSO1, SSO2 dan SSO3 dengan peningkatan nilai SAIDI sebesar 0,61404 (3,18%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,40762 (3,87%), pada penyulang KLN02 paling baik yaitu kombinasi lokasi penempatan SSO1, SSO2 dan SSO3 dengan peningkatan nilai SAIDI sebesar 0,15152 (0,94%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,208775 (1,64%), dan pada penyulang KLN03 paling baik yaitu kombinasi lokasi penempatan SSO1, SSO2, SSO3 dan SSO4 dengan peningkatan nilai SAIDI sebesar 0,66745 (5,42%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,317679 (5,668%). Semakin banyak ditempatkan sectionalizer pada masing-masing penyulang, indeks keandalan semakin baik.

Kata Kunci : Keandalan, Penempatan, Sectionalizer.

1. PENDAHULUAN

Permintaan kebutuhan energi listrik semakin bertambah dari waktu ke waktu sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Hingga saat ini, energi listrik merupakan salah satu sumber energi yang utama untuk mendukung aktivitas tersebut. Pemanfaatan energi listrik yang ada harus diimbangi dengan menjaga kualitas energi listrik itu sendiri [1].

Keandalan merupakan peluang dari suatu peralatan untuk beroperasi seperti yang direncanakan dengan baik dalam suatu selang waktu tertentu dan berada dalam suatu kondisi operasi tertentu. Keandalan sistem tenaga listrik merupakan suatu ukuran tingkat pelayanan sistem terhadap pemenuhan kebutuhan energi listrik konsumen. Ada empat faktor yang berhubungan dengan keandalan, yaitu probabilitas, bekerja sesuai dengan fungsinya, periode waktu, dan kondisi operasi [2].

Untuk mengetahui keandalan suatu jaringan maka ditetapkan suatu indeks keandalan yaitu besaran untuk membandingkan penampilan suatu sistem distribusi. Indeks-indeks keandalan yang sering dipakai dalam suatu sistem distribusi adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*), ASAI (*Average Service Availability Index*). Sebagai acuan penentuan indeks yaitu berdasarkan Standar PLN yang nantinya digunakan sebagai tolok ukur tingkat keandalan sistem distribusi [3].

Salah satu cara mengetahui indeks keandalan yaitu dengan metode *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA). *Failure modes* sendiri mengarah pada suatu langkah ataupun mode yang mengalami kegagalan, sedangkan *effect analysis* mengarah pada suatu studi yang membahas tentang konsekuensi dari kegagalan tersebut [3]. Cara meningkatkan keandalan suatu sistem distribusi tersebut maka dibutuhkan alat pemangam, salah satunya *sectionalizer* atau saklar seksi otomatis (SSO) yang gunanya melokalisir seksi penyulang yang mengalami gangguan sehingga penyulang lain dapat menyuplai energi listrik ke seksi jaringan lain yang tidak mengalami gangguan tersebut. Sebagai acuan penentuan indeks yaitu berdasarkan Standar PLN yang nantinya digunakan sebagai tolok ukur tingkat keandalan sistem distribusi.

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai indeks keandalan pada jaringan distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Jaringan (UPJ) Klaten Kota satu tahun terakhir. Serta menentukan dimana titik lokasi penempatan *sectionalizer* yang tepat sehingga dapat

meningkatkan keandalan pada jaringan distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Jaringan (UPJ) Klaten Kota.

2. LANDASAN TEORI

Keandalan merupakan kemungkinnan kelangsungan pelayanan beban dengan kualitas pelayanan listrik yang baik untuk suatu periode tertentu dengan kondisi operasi yang sesuai. Keandalan merupakan salah satu syarat yang tidak boleh diabaikan dalam sistem tenaga listrik. Keandalan sistem tenaga listrik sangat tergantung pada peralatan pendukung sistem, proses alamiah dari peralatan serta kesalahan dalam mengoperasikan peralatan tersebut. Ada beberapa definisi kegagalan yang sering dipakai adalah:

- Bila kehilangan daya sekali selama $t > 1 \text{ cycle}$
- Bila kehilangan daya sekali selama $t > 10 \text{ cycle}$
- Bila kehilangan daya sekali selama $t > 5 \text{ detik}$
- Bila kehilangan daya sekali selama $t > 2 \text{ detik}$

Pemilihan kriteria kegagalan tersebut tergantung macam beban pada titik perhatian, yaitu sesuai dengan waktu maksimum pemadaman yang tidak mengganggu kerja beban [4].

Indeks keandalan adalah suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Ketiga indeks keandalan titik beban tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Laju Kegagalan (*Failure Rate*) untuk Tiap Titik Beban

Laju Kegagalan (*failure rate*) merupakan penjumlahan laju kegagalan dari semua peralatan yang berpengaruh pada titik beban. Seperti persamaan (1) berikut :

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (1)$$

Dimana : λ_p = laju kegagalan *load point* p.

λ_i = laju kegagalan komponen i (f/yr).

n = sejumlah peristiwa kegagalan yang mempengaruhi titik beban p.

b. Durasi/Lama Gangguan Rata-Rata untuk Tiap Titik Beban

Untuk mencari durasi gangguan rata-rata untuk tiap titik beban dapat menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$U_p = \sum_{i=1}^n U_i = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times r_i \quad (2)$$

Dimana : U_p = durasi (lama) gangguan rata-rata untuk tiap *load point* p.

U_i = durasi/lama gangguan rata-rata komponen i.

λ_i = laju kegagalan komponen i (f/yr).

r_i = waktu perbaikan komponen i (hr).

c. Waktu Perbaikan untuk Tiap Titik Beban

Waktu Perbaikan (r) adalah lamanya waktu yang digunakan untuk melakukan perbaikan dimulai dari terjadinya kegagalan sampai pada kondisi sistem (peralatan) dapat beroperasi/bekerja kembali.

Mencari waktu perbaikan untuk tiap titik beban dapat menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$r_p = \frac{U_p}{\lambda_p} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \times r_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (3)$$

Dimana: r_p = waktu perbaikan untuk tiap load point p.

Berdasarkan indeks-indeks keandalan dasar ini, didapat sejumlah indeks keandalan untuk sistem secara keseluruhan yang dapat dievaluasi dan bisa didapatkan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah frekuensi atau lama pemadaman rata-rata tahunan [5]. Indeks keandalan yang sering dipakai pada sistem distribusi:

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

SAIFI (*system average interruption frequency index*) adalah indeks frekuensi gangguan sistem rata-rata tiap tahun. Menginformasikan tentang frekuensi gangguan permanen rata-rata tiap konsumen dalam suatu area yang dievaluasi. Definisinya seperti persamaan (4) berikut:

$$SAIFI = \frac{\text{Kali Padam} \times \text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan yang Terlayani}} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N} \quad (4)$$

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

SAIDI (*system average interruption durasi index*) adalah indeks durasi gangguan sistem rata-rata tiap tahun. Menginformasikan tentang durasi gangguan Permanen rata-rata tiap konsumen dalam suatu area yang dievaluasi. Definisinya seperti persamaan (5) berikut:

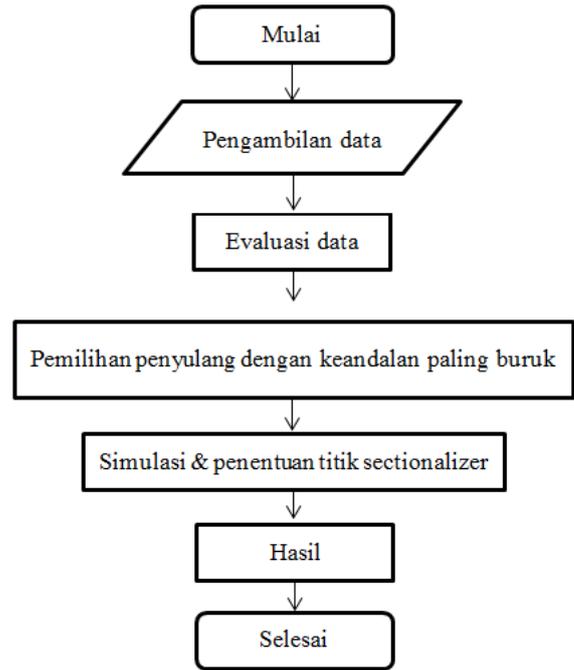
$$SAIDI = \frac{\text{Lama Padam} \times \text{Jumlah Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan yang Terlayani}} = \frac{\sum U_i N_i}{N} \quad (5)$$

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) adalah metode yang digunakan militer AS untuk menganalisa keandalan sistem keselamatan dengan cara mengidentifikasi kegagalan peralatan satu persatu sebelum digunakan dan dilihat apakah dampak kegagalan tersebut terhadap keselamatan sehingga akan memperkecil kesalahan [5].

FMEA adalah prosedur analisa dari model kegagalan (*failure modes*) yang dapat terjadi dalam sebuah sistem untuk diklasifikasikan berdasarkan hubungan sebab-akibat dan penentuan efek dari kegagalan tersebut terhadap sistem [6].

3. METODE PENELITIAN

Diagram alir penyelesaian penelitian ini menggunakan alir seperti yang terlihat di Gambar 1.



Gambar 1: Diagram alir penelitian

Penelitian ini diawali dengan mencari dan mempelajari literatur yang relevan dengan penelitian ini, selanjutnya peneliti melakukan pengambilan data di PT. PLN (Persero) APJ Klaten yang meliputi data gangguan tegangan menengah, *Single Line Diagram* Gardu Induk Klaten, dan data laporan gangguan PT. PLN (Persero) UPJ Klaten Kota. Langkah pertama dengan menghitung nilai SAIDI dan SAIFI pada setiap penyulang yang ada pada PT. PLN (Persero) UPJ Klaten Kota data tahun 2017. Melihat nilai SAIDI dan SAIFI yang besar serta diimbangi dengan seringnya gangguan maka dipilihlah penyulang tersebut untuk ditambahkan *sectionalizer* di tempat yang sering mengalami gangguan dengan tujuan dapat meminimalkan seringnya gangguan.

4. HASIL PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Indeks Keandalan

Penelitian ini mengambil data di PT PLN (Persero) Area Pelayanan Jaringan (APJ) Klaten melalui sistem SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Data yang diambil adalah data gangguan yang ada pada 12 penyulang yang masuk dalam Unit Pelayanan Jaringan (UPJ) Klaten Kota dan telah tercatat selama tahun 2017. Data tersebut selanjutnya dihitung satu per satu nilai indeks keandalan, untuk kemudian dipisah dan dijumlah berdasarkan masing-masing penyulang.

4.2. Hasil Perhitungan Indeks Keandalan

Hasil perhitungan total nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI setelah dijumlahkan mendapatkan hasil seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Hasil Perhitungan SAIDI dan SAIFI

	Jumlah	SAIDI	SAIFI
--	--------	-------	-------

Feeder	Pelanggan	(jam/plg/thn)	kegagalan/plg/thn)
KLN01	4143	5,339802	4,916003
KLN02	23380	16,09873	12,72938
KLN03	24473	12,323	5,921546
KLN13	25978	6,669973	4,79729
KLN05	24071	19,33437	10,52474
KLN06	9237	3,286913	3,85504
KLN07	7594	4,359559	5,926916
KLN08	879	6,072852	4,541524
KLN09	9285	7,441414	5,351535
KLN10	978	5,586503	1,97546
KLN11	30041	9,381888	7,193968
KLN12	25561	8,949248	4,841634

Standar atau patokan berguna untuk menilai keadaan sistem dalam kondisi baik ataupun kurang baik. Sistem dalam kondisi baik jika telah memenuhi standar nilai SAIDI 12,8 jam/tahun dan nilai SAIFI 2,4 kali/tahun [7].

Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks keandalan (SAIDI dan SAIFI) seperti yang terlihat pada Tabel 1 dan dibandingkan dengan standar sebagai patokan bisa dipastikan bahwa penyulang KLN01, KLN13, KLN06, KLN07, KLN08, KLN09, KLN10, KLN11, dan KLN12 sebagai penyulang dengan kondisi keandalan yang baik. Sementara penyulang KLN05, KLN02, dan KLN03 sebagai penyulang dengan kondisi keandalan kurang baik.

Penyulang KLN05, KLN02, KLN03 dipilih karena penyulang tersebut sebagai penyulang kurang baik dengan dibuktikan nilai keandalannya seperti pada Tabel 1. Penyulang KLN05, KLN02, KLN03 disimulasikan menggunakan *software ETAP 12.6.0* dan menentukan titik lokasi yang akan dipasang *sectionalizer* untuk meningkatkan keandalan.

4.3. Evaluasi Data Penyulang

Data setiap penyulang dievaluasi kembali supaya lebih mudah diamati.

4.3.1 KLN05

Data kegagalan pada penyulang KLN05 dievaluasi dengan memisahkan data-data kegagalan yang terjadi pada penyulang KLN05 saja, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2: Data Gangguan Penyulang KLN05

NO	NO. GANG	TITIK GANGGUA	NO. TIANG	TGL GANGGUAN	DURASI (JAM)	JML PLGN
1	J52171219	52.KLN.F05	KLN05	19/12/2017 14:46	0,866666667	20,167
2	J52170816	52.KLN.F05	KLN05	16/08/2017 18:21	0,716388889	30,707
3	J52170614	52.KLN.F05	KLN05	14/06/2017 12:52	0,363333333	29,979
4	J52170404	52.KLN.F05	KLN05	04/04/2017 12:19	1,245277778	6,192
5	J52170302	52.KLN.F05	KLN05	02/03/2017 14:45	0,735277778	29,979
6	J52170130	52.KLN.F05	KLN05	29/01/2017 11:56	1	20,293
7	J52170403	52.KLN.F05.Z01	K3-19/45	03/04/2017 17:48	1,033333333	476
8	J52170622	52.KLN.F05.Z02	K5-57	22/06/2017 17:24	3,2	26,048
9	J52170527	52.KLN.F05.Z02	K5-57	27/05/2017 16:04	2,066666667	13,559
10	J52171203	52.KLN.F05.Z02	K3-62/16	03/12/2017 20:09	0,716666667	854
11	J52170622	52.KLN.F05.Z02	K3-62/16	22/06/2017 21:40	1,116666667	833
12	J52171104	52.KLN.F05.Z03	K3-74/66	04/11/2017 18:24	4	12,786
13	J52171011	52.KLN.F05.Z03	K3-74/66	11/10/2017 3:41	1,466666667	12,786
14	J52170919	52.KLN.F05.Z03	K3-74/66	19/09/2017 15:02	1,866666667	12,786
15	J52170912	52.KLN.F05.Z03	K3-74/66	12/09/2017 17:05	0,616666667	12,786
16	J52170910	52.KLN.F05.Z03	K3-74/66	10/09/2017 2:22	2,9	12,786
17	J52170512	52.KLN.F05.Z03	K3-74/66	12/05/2017 5:10	1,583333333	12,489
18	J52170226	52.KLN.F05.Z03	K3-74/66	26/02/2017 16:56	8,45	12,489
19	J52171114	52.KLN.F05.Z03	K3-89/A	14/11/2017 19:18	0,883333333	122
20	J52170201	52.KLN.F05.Z03	K3-108/1	01/02/2017 20:33	1,066666667	298
21	J52171209	52.KLN.F05.Z03	K3-125/1	09/12/2017 21:11	0,733333333	305
22	J52170406	52.KLN.F05.Z03	K3-14/A	06/04/2017 15:33	0,866666667	537
23	J52171128	52.KLN.F05.Z03	K3-23/4	28/11/2017 14:41	1,05	366
24	J52170120	52.KLN.F05.Z03	K3-38/1	20/01/2017 11:42	0,8	335
25	J52170314	52.KLN.F05.Z03	K3-67/22	14/03/2017 19:23	0,866666667	955
26	J52170716	52.KLN.F05.Z03	K3-51/19	16/07/2017 7:16	0,983333333	2798
27	J52171127	52.KLN.F05.Z03	K3-30/1	21/11/2017 17:04	0,916666667	1,159
28	J52171007	52.KLN.F05.Z03	K3-30/1	07/10/2017 0:06	0,816666667	1,159
29	J52170826	52.KLN.F05.Z03	K3-30/SW	26/08/2017 3:11	0,85	1822
30	J52170509	52.KLN.F05.Z03	K3-30/SW	05/05/2017 15:03	0,916666667	119

Tabel 2 diambil dari PT. PLN APJ Klaten tetapi tidak semua data dimasukkan pada Tabel 2, yang dimasukkan dalam Tabel 2 hanya nomor gangguan, titik gangguan, nomor tiang, tanggal ganggan, durasi waktu ganggan dan jumlah pelanggan yang terkena dampak ganggan. Melihat data ganggan Tabel 2 pada penyulang KLN05 daerah yang sering mengalami ganggan yaitu pada titik 52.KLN.F05.Z03. Titik ganggan tersebut berada pada zona 3. *Single Line Diagram (SLD)* untuk penyulang KLN05 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: SLD Penyulang KLN05

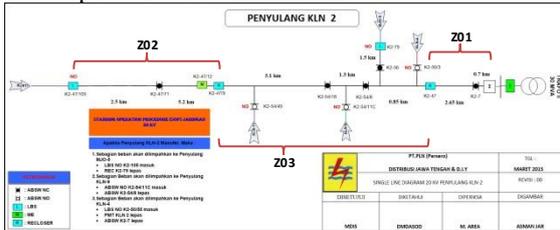
4.3.2 KLN02

Data kegagalan pada penyulang KLN02 dievaluasi dengan memisahkan data-data kegagalan yang terjadi pada penyulang KLN02 saja, seperti pada tabel 3.

Tabel 3: Data Gangguan Penyulang KLN02

NO	NO. GANG	TITIK GANGGUA	NO. TIANG	TGL GANGGUAN	DURASI (JAM)	JML PLGN
1	J52170300	52.KLN.F02	KLN02	06/03/2017 16:16	1,216666667	34,507
2	J52170127	52.KLN.F02	KLN02	27/01/2017 15:15	1,066666667	19,498
3	J52171111	52.KLN.F02.Z03	K2-47	10/11/2017 14:23	2,516666667	29,302
4	J52171019	52.KLN.F02.Z03	K2-47	19/10/2017 22:14	0,5	11,410
5	J52171018	52.KLN.F02.Z03	K2-47	10/10/2017 12:54	0,883333333	20,213
6	J52170622	52.KLN.F02.Z03	K2-47	25/06/2017 1:21	1,2	19,696
7	J52170622	52.KLN.F02.Z03	K2-47	22/06/2017 2:46	1,133333333	19,696
8	J52170422	52.KLN.F02.Z03	K2-47	25/04/2017 19:03	1,166666667	34,720
9	J52170422	52.KLN.F02.Z03	K2-47	22/04/2017 22:24	1,333333333	34,720
10	J52170411	52.KLN.F02.Z03	K2-47	15/04/2017 20:18	1,483333333	34,720
11	J52170322	52.KLN.F02.Z03	K2-47	25/03/2017 21:22	1,866666667	34,507
12	J52170211	52.KLN.F02.Z03	K2-47	18/02/2017 16:10	0,816666667	19,643
13	J52170111	52.KLN.F02.Z03	K2-47	18/01/2017 13:36	1,15	25,154
14	J52170111	52.KLN.F02.Z03	K2-47	15/01/2017 3:40	0,8	25,154
15	J52170707	52.KLN.F02.Z03	K2-54/13L	07/07/2017 17:20	0,85	298
16	J52170111	GD524040030	K2-50/A	15/01/2017 11:16	0,666666667	-
17	J52170322	GD524040166	K2-37G/2	22/03/2017 19:58	1,083333333	119

Tabel 3 diambil dari PT. PLN APJ Klaten tetapi tidak semua data dimasukkan pada Tabel 3, yang dimasukkan dalam Tabel 3 hanya nomor gangguan, titik gangguan, nomor tiang, tanggal gangguan, durasi waktu gangguan dan jumlah pelanggan yang terkena dampak gangguan. Melihat data gangguan Tabel 3 pada penyulang KLN02 daerah yang sering mengalami gangguan yaitu pada titik 52.KLN.F02.Z03. Titik gangguan tersebut berada pada zona 3. SLD untuk penyulang KLN02 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: SLD Penyulang KLN02

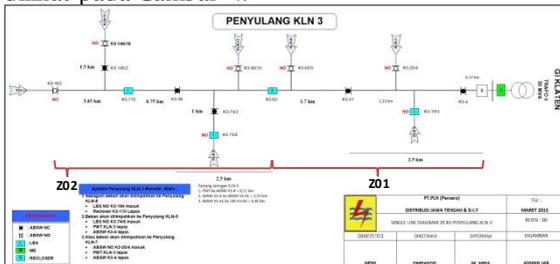
4.3.2. KLN03

Data kegagalan pada penyulang KLN03 dievaluasi dengan memisahkan data-data kegagalan yang terjadi pada penyulang KLN03 saja, seperti pada tabel 4 berikut:

Tabel 4 : Data Gangguan Penyulang KLN03

NO	NO. GANG	TITIK GANGGUAN	NO. TIANG	TGL GANGGUAN	DURASI (JAM)	JML PLGN
1	J52171015	52.KLN.F03	KLN03	15/10/2017 11:08	1,2	24.473
2	J52171004	52.KLN.F03	KLN03	04/10/2017 19:45	1,1175	24.473
3	J52170714	52.KLN.F03	KLN03	16/07/2017 7:51	0,7	10.060
4	J52170226	52.KLN.F03	KLN03	26/02/2017 16:57	7,228055556	17.525
5	J52171201	52.KLN.F03.Z02	K3-63	28/11/2017 4:01	0,033333333	-
6	J52171128	52.KLN.F03.Z02	K3-63	28/11/2017 1:42	1,533333333	10.846
7	J52171116	52.KLN.F03.Z02	K3-63	16/11/2017 6:29	2,383333333	18.495
8	J52171108	52.KLN.F03.Z02	K3-63	08/11/2017 14:39	1,416666667	18.495
9	J52171014	52.KLN.F03.Z02	K3-63	16/10/2017 4:47	1,183333333	18.495
10	J52170119	52.KLN.F03.Z02	K3-106A	19/01/2017 8:04	2,35	298
11	J52171108	52.KLN.F03.Z02	K3-127/7	08/11/2017 14:39	1,033333333	488
12	J52170614	52.KLN.F03.Z02	K3-127/7	14/06/2017 15:05	0,833333333	476
13	J52171012	52.KLN.F03.Z02	K3-141/1	12/10/2017 18:51	0,95	671
14	J52170315	GD524041127	K3-60/60	15/03/2017 18:12	1,133333333	1
15	J52170814	SE52404002520	K3-37/1	16/08/2017 13:41	0,933333333	122

Tabel 4 diambil dari PT. PLN APJ Klaten tetapi tidak semua data dimasukkan pada Tabel 4, yang dimasukkan dalam Tabel 4 hanya nomor gangguan, titik gangguan, nomor tiang, tanggal gangguan, durasi waktu gangguan dan jumlah pelanggan yang terkena dampak gangguan. Melihat data gangguan Tabel 4 pada penyulang KLN03 daerah yang sering mengalami gangguan yaitu pada titik 52.KLN.F03.Z02. Titik gangguan tersebut berada pada zona 2. SLD untuk penyulang KLN03 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: SLD Penyulang KLN03

4.4. Simulasi ETAP 12.6.0

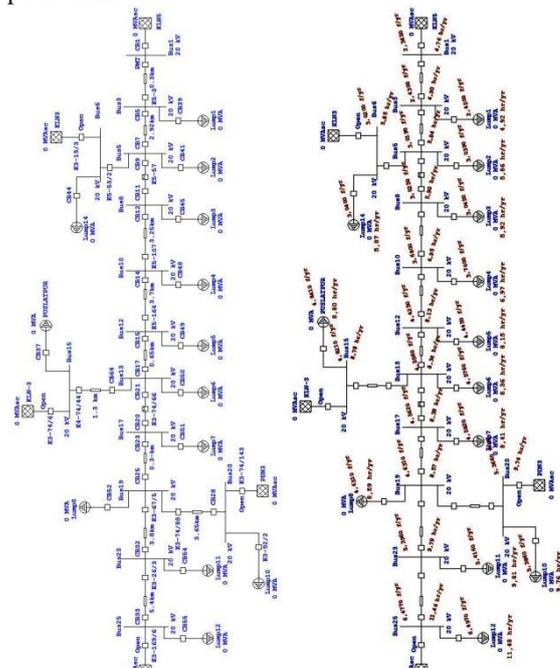
Penyulang KLN05, KLN02 dan KLN03 disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6.0 sesuai dengan data SLD yang diperoleh dari PT PLN (Persero) APJ Klaten. Data mengenai laju kegagalan dan waktu perbaikan dari peralatan menggunakan Standar PLN (SPLN) 59:1985 [8].

Tabel 5: Data Laju Kegagalan dan Repair Time Komponen Sistem Distribusi

Peralatan	Laju Kegagalan (λ)	Repair Time (r)
Kabel Saluran udara	0,2 /km/tahun	3 jam
ABSW, LBS	0,004 /unit/tahun	10 jam
Sectionalizer	0,003 /unit/tahun	10 jam
Recloser	0,005 /unit/tahun	10 jam

4.4.1. KLN05

Penyulang KLN05 disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6.0 dengan memperhatikan setiap titik pada penyulang KLN05, bisa diperhatikan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan titik-titik peletakan pengaman pada jaringan penyulang KLN05, simulasi dapat dilihat pada Gambar 5.



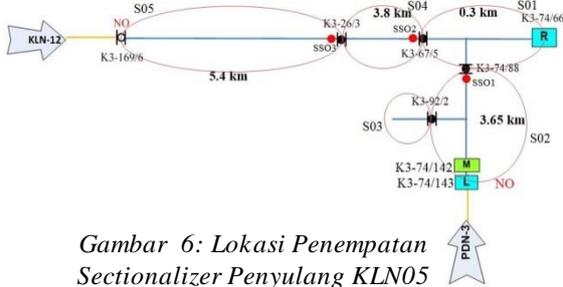
Gambar 5: simulasi penyulang KLN05 existing

Hasil running program seperti pada Gambar 5 mendapatkan nilai laju kegagalan (λ_i) dan durasi atau lama gangguan rata-rata (U_i). Setiap zona atau bagian menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Penghitungan nilai SAIDI dan SAIFI menggunakan persamaan 4 dan 5. Hasil perhitungan nilai SAIDI dan SAIFI kondisi existing seperti pada Tabel 6.

Tabel 6: hasil perhitungan nilai SAIDI dan SAIFI

Lokasi	(hr/th)	(f/th)	Pelanggan	SAIDI	SAIFI
Z01	5,87	3,04	4026	5,87	3,04
Z02	8,8	4,841	7259	7,328154	4,031318
Z03	11,48	6,497	12786	6,09793	3,451067
jumlah			24071	19,29608	10,52238

Pemilihan lokasi dilakukan dengan cara menganalisa tiap calon lokasi penempatan *sectionalizer* di jaringan distribusi pada penyulang KLN05 seperti pada Tabel 2. Lokasi penempatan *sectionalizer* ditempatkan pada zona 3 seperti Gambar 6.



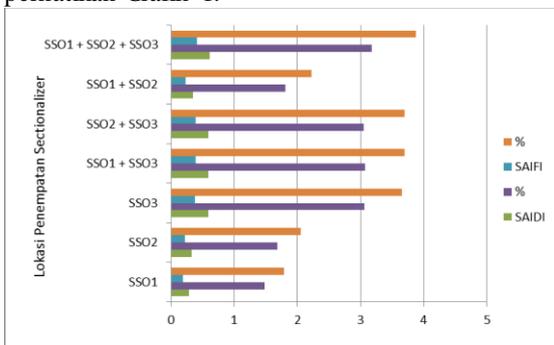
Gambar 6: Lokasi Penempatan Sectionalizer Penyulang KLN05

Karena penyulang KLN05 paling banyak gangguan pada zona 3, maka penempatan *sectionalizer* ditempatkan pada zona 3 tersebut supaya dapat meminimalkan gangguan. Penempatan *sectionalizer* dengan menempatkannya pada simulasi ETAP untuk penyulang KLN05. Simulasi ini digunakan untuk menemukan lokasi *sectionalizer* yang direkomendasikan nantinya dengan nilai SAIDI, SAIFI yang terkecil atau selisih antara kondisi *existing* dan penempatan *sectionalizer* terbesar. Didapatkan untuk penempatan setiap lokasi dan kombinasi penempatan *sectionalizer*.

Tabel 7: Hasil semua penempatan sectionalizer pada penyulang KLN05

Lokasi penempatan Sectionalizer	Hasil		Selisih			
	SAIDI	SAIFI	SAIDI	%	SAIFI	%
SSO1	19,009	10,334	0,287	1,487	0,188	1,79
SSO2	18,971	10,307	0,326	1,687	0,216	2,05
SSO3	18,706	10,138	0,59	3,057	0,385	3,66
SSO1 + SSO3	18,703	10,133	0,593	3,074	0,389	3,7
SSO2 + SSO3	18,707	10,133	0,589	3,055	0,39	3,7
SSO1 + SSO2	18,946	10,288	0,35	1,814	0,234	2,22
SSO1 + SSO2 + SSO3	18,682	10,115	0,614	3,182	0,408	3,87

Tabel 7 menunjukkan hasil simulasi untuk berbagai macam penempatan serta kombinasi letak penempatan *sectionalizer*. Lebih jelasnya perhatikan Grafik 1.



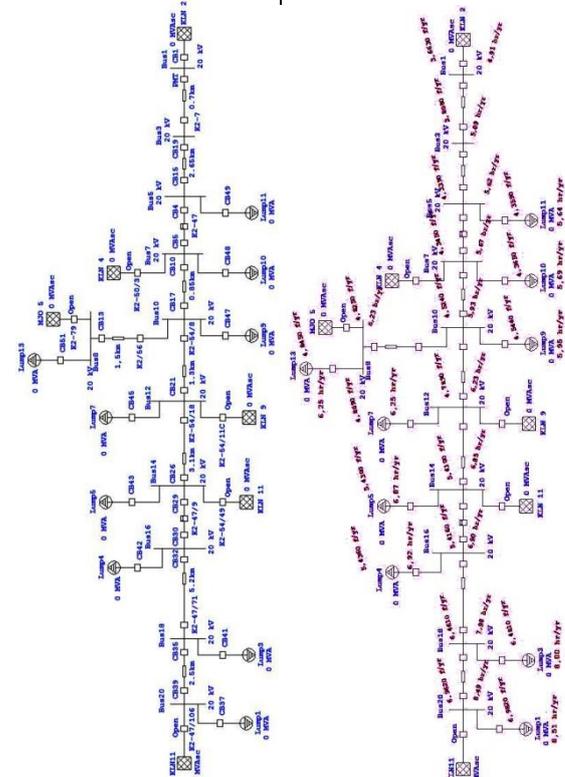
Grafik 1: nilai selisih antara kondisi existing dan kondisi ketika ditambahkan sectionalizer pada penyulang KLN05

Didapatkan hasil pada penempatan SSO1 ditandai warna biru dengan hasil paling kurang baik yaitu

dengan peningkatan nilai SAIDI hanya sebesar 0,28694 (1,48%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,18813 (1,78%). Penempatan paling baik ditandai dengan warna kuning yaitu ditempatkan untuk semua lokasi penempatan *sectionalizer* atau kombinasi penempatan SSO1, SSO2 dan SSO3 dengan peningkatan nilai SAIDI sebesar 0,61404 (3,18%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,40762 (3,87%).

4.4.2. KLN02

Penyulang KLN02 disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6.0 dengan memperhatikan setiap titik pada penyulang KLN02, bisa diperhatikan pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan titik-titik peletakan pengaman pada jaringan penyulang KLN02, simulasi dapat dilihat pada Gambar 7.



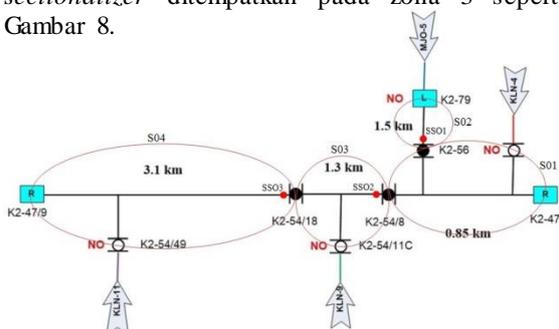
Gambar 7: simulasi penyulang KLN02 existing

Hasil *running program* seperti pada Gambar 7 mendapatkan nilai laju kegagalan (λ_i) dan durasi atau lama gangguan rata-rata (U_i). Setiap zona atau bagian menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Penghitungan nilai SAIDI dan SAIFI menggunakan persamaan 4 dan 5. Hasil perhitungan nilai SAIDI dan SAIFI kondisi *existing* seperti pada Tabel 8.

Tabel 8: hasil perhitungan nilai SAIDI dan SAIFI

Lokasi	(hr/th)	(f/th)	Pelanggan	SAIDI	SAIFI
Z01	5,64	4,359	1724	5,64	4,359
Z02	6,87	5,43	10469	6,363418	5,029601
Z03	8,51	6,982	11187	4,071915	3,340788
jumlah			23380	16,07533	12,72939

Pemilihan lokasi dilakukan dengan cara menganalisa tiap calon lokasi penempatan *sectionalizer* di jaringan distribusi pada penyulang KL02 seperti pada Tabel 3. Lokasi penempatan *sectionalizer* ditempatkan pada zona 3 seperti Gambar 8.



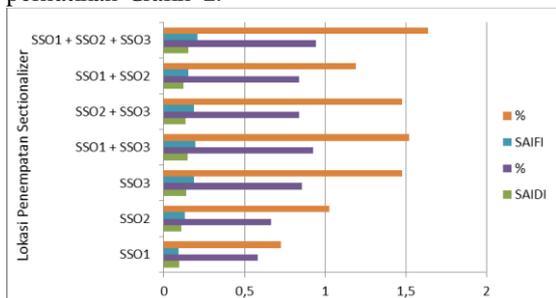
Gambar 8: Lokasi Penempatan Sectionalizer Penyulang KLN02

Karena penyulang KLN02 paling banyak gangguan pada zona 3, maka penempatan *sectionalizer* ditempatkan pada zona 3 tersebut supaya dapat meminimalkan gangguan. Penempatan *sectionalizer* dengan menemukannya pada simulasi ETAP untuk penyulang KLN02. Simulasi ini digunakan untuk menemukan lokasi *sectionalizer* yang direkomendasikan nantinya dengan nilai SAIDI, SAIFI yang terkecil atau selisih antara kondisi *existing* dan penempatan *sectionalizer* terbesar. Didapatkan untuk penempatan setiap lokasi dan kombinasi penempatan *sectionalizer*.

Tabel 9: Hasil semua penempatan sectionalizer pada penyulang KLN05

Lokasi penempatan Sectionalizer	Hasil		Selisih			
	SAIDI	SAIFI	SAIDI	%	SAIFI	%
SSO1	15,9816	12,6369	0,094	0,58	0,0925	0,73
SSO2	15,9683	12,5986	0,107	0,67	0,1308	1,03
SSO3	15,9377	12,5414	0,138	0,86	0,188	1,48
SSO1 + SSO3	15,9266	12,5358	0,149	0,93	0,1936	1,52
SSO2 + SSO3	15,9402	12,5414	0,135	0,84	0,188	1,48
SSO1 + SSO2	15,9518	12,5778	0,123	0,84	0,1516	1,19
SSO1 + SSO2 + SSO3	15,9238	12,5206	0,152	0,94	0,2088	1,64

Tabel 9 menunjukkan hasil simulasi untuk berbagai macam penempatan serta kombinasi letak penempatan *sectionalizer*. Lebih jelasnya perhatikan Grafik 2.

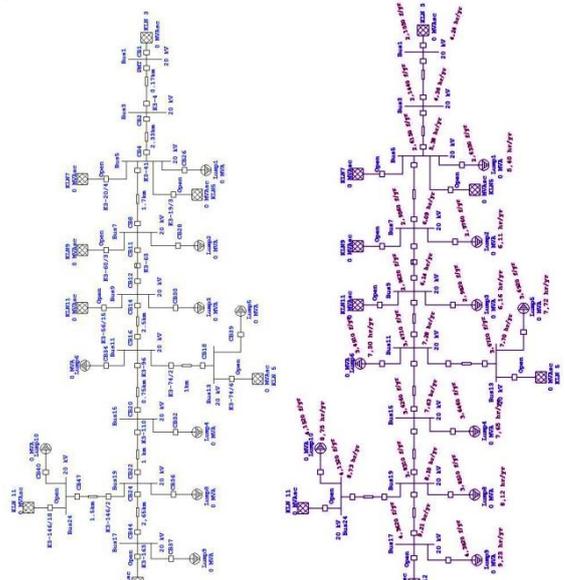


Grafik 2: nilai selisih antara kondisi existing dan kondisi ketika ditambahkan sectionalizer pada penyulang KLN02

Didapatkan hasil pada penempatan SSO1 ditandai warna biru dengan hasil paling kurang baik yaitu dengan peningkatan nilai SAIDI sebesar 0,093749 (0,58%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,092478 (0,72%). Penempatan paling baik ditandai dengan warna kuning yaitu ditempatkan untuk semua lokasi penempatan *sectionalizer* atau kombinasi penempatan SSO1, SSO2 dan SSO3 dengan peningkatan nilai SAIDI hanya sebesar 0,15152 (0,94%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,208775 (1,64%).

4.4.3. KLN03

Penyulang KLN03 disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6.0 dengan memperhatikan setiap titik pada penyulang KLN03, bisa diperhatikan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan titik-titik peletakan pengaman pada jaringan penyulang KLN02, simulasi dapat dilihat pada Gambar 9.



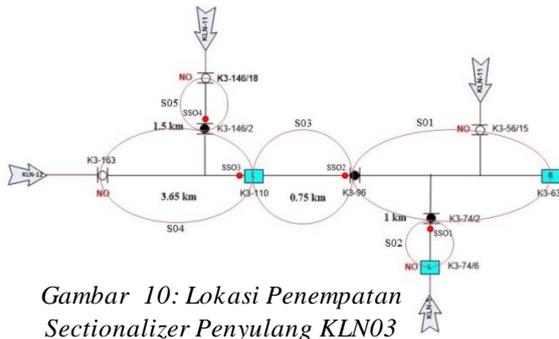
Gambar 9: simulasi penyulang KLN03 existing

Hasil *running program* seperti pada Gambar 9 mendapatkan nilai laju kegagalan (λ_i) dan durasi atau lama gangguan rata-rata (U_i). Setiap zona atau bagian menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Penghitungan nilai SAIDI dan SAIFI menggunakan persamaan 4 dan 5. Hasil perhitungan nilai SAIDI dan SAIFI kondisi *existing* seperti pada Tabel 10.

Tabel 10: hasil perhitungan nilai SAIDI dan SAIFI

Lokasi	(hr/th)	(f/th)	Pelanggan	SAIDI	SAIFI
Z01	6,11	2,976	8019	6,11	2,976
Z02	9,23	4,382	16454	6,205632	2,946162
jumlah			24473	12,31563	5,922162

Pemilihan lokasi dilakukan dengan cara menganalisa tiap calon lokasi penempatan *sectionalizer* di jaringan distribusi pada penyulang KL03 seperti pada Tabel 4. Lokasi penempatan *sectionalizer* ditempatkan pada zona 2 seperti Gambar 10.



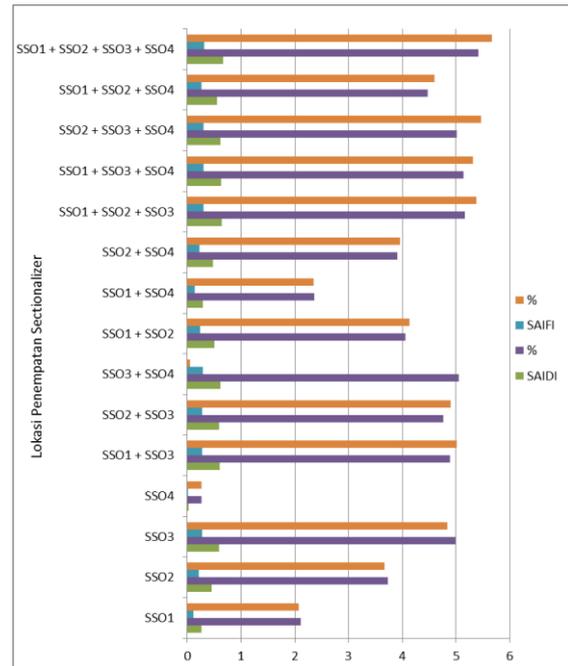
Gambar 10: Lokasi Penempatan Sectionalizer Penyulang KLN03

Karena peyulang KLN03 paling banyak gangguan pada zona 2, maka penempatan sectionalizer ditempatkan pada zona 2 tersebut supaya dapat meminimalkan gangguan. Penempatan sectionalizer dengan menempatkannya pada simulasi ETAP untuk penyulang KLN03. Simulasi ini digunakan untuk menemukan lokasi sectionalizer yang direkomendasikan nantinya dengan nilai SAIDI, SAIFI yang terkecil atau selisih antara kondisi existing dan pempatan sectionalizer terbesar. Didapatkan untuk penempatan setiap lokasi dan kombinasi penempatan sectionalizer.

Tabel 11: Hasil semua penempatan sectionalizer pada penyulang KLN05

Lokasi Penempatan Sectionalizer	Hasil		Selisih			
	SAIDI	SAIFI	SAIDI	%	SAIFI	%
SSO1	12,06	5,801	0,26	2,11	0,121	2,08
SSO2	11,87	5,712	0,451	3,74	0,21	3,67
SSO3	11,72	5,649	0,592	4,99	0,273	4,84
SSO4	12,28	5,907	0,031	0,26	0,016	0,26
SSO1 + SSO3	11,71	5,639	0,602	4,89	0,283	5,02
SSO2 + SSO3	11,73	5,646	0,587	4,77	0,277	4,9
SSO3 + SSO4	11,69	5,633	0,623	5,06	0,289	0,05
SSO1 + SSO2	11,82	5,687	0,5	4,06	0,235	4,14
SSO1 + SSO4	12,02	5,786	0,291	2,36	0,136	2,36
SSO2 + SSO4	11,83	5,697	0,481	3,91	0,225	3,96
SSO1 + SSO2 + SSO3	11,68	5,62	0,637	5,17	0,302	5,38
SSO1 + SSO3 + SSO4	11,68	5,624	0,633	5,14	0,299	5,31
SSO2 + SSO3 + SSO4	11,7	5,615	0,618	5,02	0,307	5,46
SSO1 + SSO2 + SSO4	11,76	5,662	0,551	4,48	0,26	4,6
SSO1 + SSO2 + SSO3 + SSO4	11,65	5,604	0,667	5,42	0,318	5,67

Tabel 11 menunjukkan hasil simulasi untuk berbagai macam penempatan serta kombinasi letak penempatan sectionalizer. Lebih jelasnya perhatikan Grafik 3. Didapatkan hasil pada penempatan SSO4 ditandai warna biru dengan hasil paling kurang baik yaitu dengan peningkatan nilai SAIDI hanya sebesar 0,03087 (0,263%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,015574 (0,26%). Penempatan paling baik ditandai dengan warna kuning yaitu ditempatkan untuk semua lokasi penempatan sectionalizer atau kombinasi penempatan SSO1, SSO2 dan SSO3 dengan peningkatan nilai SAIDI sebesar 0,66745 (5,42%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,317679 (5,668%).



Grafik 3: nilai selisih antara kondisi existing dan kondisi ketika ditambahkan sectionalizer pada penyulang KLN03

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis, dapat diambil kesimpulan yaitu berdasarkan nilai indeks keandalan (SAIDI dan SAIFI) dari SPLN 68-2:1986, penyulang KLN01, KLN13, KLN06, KLN07, KLN08, KLN09, KLN10, KLN11, KLN12 adalah penyulang dengan keandalan yang baik, sementara untuk penyulang KLN05, KLN02, KLN03 adalah penyulang dengan keandalan yang kurang baik. Lokasi penempatan sectionalizer pada penyulang KLN05 paling baik yaitu kombinasi lokasi penempatan SSO1, SSO2 dan SSO3 dengan peningkatan nilai SAIDI sebesar 0,61404 (3,18%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,40762 (3,87%), pada penyulang KLN02 paling baik yaitu kombinasi lokasi penempatan SSO1, SSO2 dan SSO3 dengan peningkatan nilai SAIDI sebesar 0,15152 (0,94%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,208775 (1,64%), dan pada penyulang KLN03 paling baik yaitu kombinasi lokasi penempatan SSO1, SSO2, SSO3 dan SSO4 dengan peningkatan nilai SAIDI sebesar 0,66745 (5,42%) dan peningkatan nilai SAIFI sebesar 0,317679 (5,668%). Semakin banyak ditempatkan sectionalizer pada masing-masing penyulang, indeks keandalan semakin baik.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian serta analisa dalam penelitian ini, peneliti dapat memberikan saran:

- Mengharapkan untuk peneliti selanjutnya dalam pengumpulan data tidak hanya sampai pada

- jalur utama 3 fasa, tetapi dapat mencari informasi sampai ke titik beban.
- b. Mengharapkan untuk peneliti selanjutnya tidak hanya terbatas pada penempatan *sectionalizer* tetapi dapat mengembangkan ke *setting sectionalizer*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zakki, M. (2015), *Analisa Pengaruh Kegagalan Proteksi Terhadap Indeks Keandalan di Gardu Induk Talang Ratu PT.PLN(Persero) Menggunakan Etap 12.6*, Politeknik Negeri Palembang.
- [2] Syahrial, Sawitri, K. dan Gemahapsari, P, (2017), *Studi Keandalan Ketersediaan Daya Pembangkit Listrik pada Jaringan Daerah " X , " Jurnal ELKOMIKA*, 5(1), 93–105.
- [3] Fatoni, A., Wibowo, R.S. dan Soeprijanto, A. (2016), *Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT . PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)*, *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 462–467.
- [4] Prakoso, Yudo Hono, (2015), *Analisis Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV PT PLN (Persero) Rayon Sukoharjo Penyulang WSI 09*, Tugas Akhir, S.T, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta.
- [5] Tryollinna, A., Thayib, R. Dan Hamdadi, A. (2015), *Studi Penempatan Sectionalizer pada Jaringan Distribusi 20 KV di Penyulang Kelingi untuk Meningkatkan Keandalan, , 2(1)*, 5–10.
- [6] Keputusan Direksi PT. PLN (Persero), (2014), *Himpunan Buku Pedoman Pemutus Tenaga (PMT)*, Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [7] Standar Perusahaan Umum Listrik Negara 68-2, (1986), *Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua: Sistem Distribusi*, Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Listrik Negara.
- [8] Standar Perusahaan Umum Listrik Negara 59, (1985), *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6kV*, Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Listrik Negara.