

## PENEMPATAN *RECLOSER* SEBAGAI PARAMETER KEANDALAN SISTEM PROTEKSI PADA SISTEM DISTRIBUSI

Slamet Hani<sup>1</sup>, Gatot Santoso<sup>2</sup>, Romi Damar Wibowo<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta  
Jl. Kalisahak 28 Kompleks Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222  
Email: shan.akprind@gmail.com<sup>1</sup>

### Abstrak

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang terluas jangkauannya dan jumlah gangguan paling banyak terjadi dibandingkan dengan saluran transmisi. Untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik, PT. PLN Area Yogyakarta banyak menggunakan penutup balik otomatis (*recloser*) pada jaringan listriknya, penentuan posisi *recloser* sangat penting dalam keandalan sistem tenaga listrik. Indeks keandalan yang umum digunakan pada sistem distribusi adalah SAIFI dan SAIDI. Nilai SAIFI dan SAIDI dapat dihitung berdasarkan waktu pemadaman dan tingkat kegagalan yang terjadi dalam satu tahun. Keandalan dapat disimpulkan lebih baik jika nilai SAIFI dan SAIDI lebih kecil. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penempatan lokasi *recloser* yang optimal pada jaringan tenaga listrik di penyulang KTN 05 pada Gardu Induk Kentungan Yogyakarta. Dari hasil penelitian lokasi penempatan *recloser* yang optimal berada pada lokasi section 2 dengan nilai SAIFI adalah 5,03 kali/tahun dan nilai SAIDI 26,67 jam/tahun, sehingga *recloser* akan mengamankan 93 trafo dengan 9402 pelanggan dalam jaringan sepanjang 3.35 km .

**Kata kunci :** tenaga listrik; SAIFI; SAIDI; *recloser*

### Pendahuluan

Gangguan yang paling berbahaya dalam sistem tenaga adalah gangguan hubung singkat. Gangguan ini mengakibatkan arus yang sangat besar mengalir dalam sistem tenaga, sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan listrik. Oleh karena itu diperlukan sistem proteksi untuk melindungi sistem bila terjadi hubung singkat. Dengan adanya sistem proteksi yang handal, maka dapat menyelamatkan peralatan dari akibat gangguan hubung singkat dan melokalisir bagian yang terganggu dari sistem sehingga bagian yang tidak terganggu dapat beroperasi dengan normal. Semakin sering suatu jaringan distribusi mengalami gangguan maka kualitas penyaluran energi listrik juga akan semakin buruk. Peralatan pengaman misalnya *circuit breaker*, umumnya bekerja memisahkan daerah yang mengalami gangguan dari sumber dan untuk menutup kembali diperlukan seorang operator. Di lain pihak gangguan yang terjadi tidak selamanya bersifat permanen, ada juga gangguan yang bersifat sementara dan penggunaan *circuit breaker* tidak efisien. Untuk lebih efisien digunakan yang dapat menutup secara otomatis yaitu menggunakan *recloser* bila gangguan yang menyebabkan terbuka bersifat sementara. Penempatan *recloser* tidak boleh pada sembarang titik, karena sangat mempengaruhi tingkat keandalan penyulang sehingga diperlukan suatu optimasi agar tingkat keandalan yang di peroleh maksimal (Abraham Silaban, 2010).

Pemasangan *recloser* sangat membantu dalam meningkatkan indeks keandalan maupun factor ekonomis pada jaringan sistem distribusi, karena penggunaan *recloser* mampu mengurangi atau mempercepat durasi gangguan. Seperti diketahui bahwa *recloser* dapat bekerja secara otomatis dan dapat disetting 2 kali atau lebih beroperasi saat terjadi gangguan. (M Rizal Sanaki, 2017).

Penempatan *recloser* dari penyulang Palur 9 ini kurang efektif, karena saat terjadi gangguan beban yang ada penyulang tersebut masih terkena dampaknya. Oleh sebab itu di lakukan penggeseran ke pole T2-12/27 agar *recloser* dapat bekerja maksimal dalam memproteksi beban pada section pertama penyulang Palur 9. Dengan penggeseran letak *recloser* ini apabila terjadi gangguan di setelah *recloser* maka PT. PLN (persero) akan menyelamatkan 71,46% beban penyulang 9 yang akan hilang apabila terjadi gangguan yang letaknya setelah *recloser* T2-12/27 atau jarak 3,4 Km-9,7 Km. (Bima Cahya Nugraha, 2015)

*Recloser* akan trip semakin cepat jika mendapatkan arus gangguan yang semakin besar karena berdasarkan oleh karakteristiknya *recloser* yang berupa *exponensial*. Dan penempatan *recloser* akan bekerja secara optimal apabila *recloser* tersebut mendekati *recloser* eksiting. (Muh Qomaruddin Ma'sum, 2007).

Untuk meminimalkan efek gangguan terhadap pelanggan semua piranti pengaman nya harus selektif dan andal. Adapun indeks yang menunjukkan tingkat keandalan dari suatu sistem distribusi diantaranya adalah SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*).

SAIDI merupakan indeks yang menghitung rata – rata durasi kegagalan yang dialami pelanggan. Indeks ini dicari dengan membagi jumlah semua durasi kegagalan yang terjadi dengan total jumlah pelanggan yang dilayani dalam suatu sistem. Sedangkan SAIFI merupakan indeks yang menghitung rata-rata jumlah kegagalan yang terjadi per pelanggan dalam satuan waktu tertentu. Indeks ini dicari dengan membagi jumlah semua kegagalan yang terjadi dengan total jumlah pelanggan yang dilayani dalam suatu sistem. Semakin kecil nilai SAIFI dan SAIDI maka keandalan akan semakin baik.

### Bahan dan Metode Penelitian

Bahan pendukung dalam penelitian adalah berupa data-data yang dikumpulkan penulis antara lain:

Data Primer

Data langsung di lapangan yaitu:

- a. Data jumlah pelanggan, banyak trafo distribusi dan panjang jaringan *feeder* KTN 05 di Gardu Induk Kentungan
- b. Data trafo tenaga *feeder* KTN 05 di Gardu Induk Kentungan

Data Sekunder

Data yang berasal dari sumber-sumber hasil penelitian oleh berbagai pihak dan terdokumentasi jurnal, *papper* maupun karya tulis ilmiah lainnya.

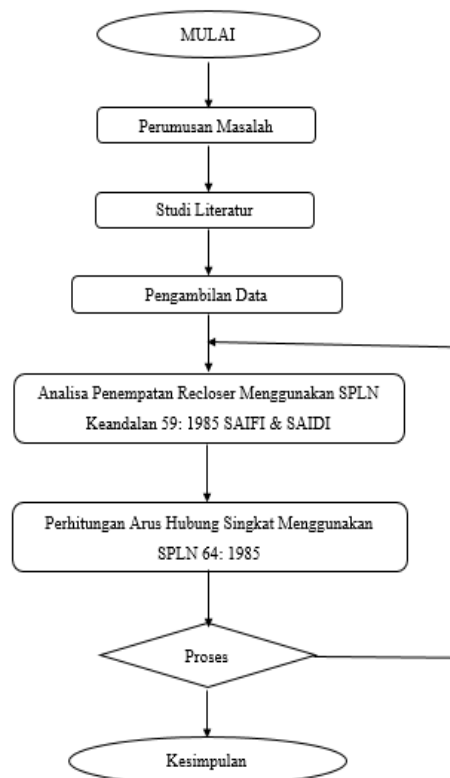
Dalam melakukan penelitian ini diperlukan metode pengambilan data sebagai berikut:

- a. Studi literatur

Metode ini dilakukan untuk mencari beberapa informasi yang mendukung penelitian dengan membaca suatu buku, jurnal, makalah ,artikel ilmiah, atau melakukan *browsing* internet tentang suatu peramalan beban listrik dan hal-hal lain yang berhubungan seperti faktor yang dapat mempengaruhi maupun metode yang akan digunakan.

- b. Pengambilan data di lapangan

Mengumpulkan data-data seperti jumlah pelanggan, banyaknya trafo distribusi dan panjang jaringan *feeder* KTN (Kentungan) 05 di Gardu Induk Kentungan pada PLN (Persero) APJ Yogyakarta.



Gambar 1. Proses Penelitian

Analisis data merupakan bagian penting dalam penelitian, karena dengan analisis data yang diperoleh mampu memberikan arti dan makna untuk memecahkan masalah dan mengambil kesimpulan penelitian. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis matematis untuk mendapatkan hasil penelitian. Dalam penelitian ini menganalisa

penempatan recloser pada KTN (Kentungan) 05 berdasarkan jarak tiap section yang sudah diketahui dengan jumlah sectionnya ada 4, kemudian dengan jarak tersebut dilakukan perhitungan dengan sistem keandalan SAIFI dan SAIDI sehingga diperoleh titik penempatan recloser dengan sistem keandalan tertinggi yaitu pada section dengan hasil perhitungan SAIFI dan SAIDI terendah.

SAIFI merupakan indeks yang menghitung rata-rata jumlah kegagalan yang terjadi per pelanggan dalam satuan waktu tertentu.

$$f = \sum_{i=1}^n C_i X_i \lambda_i \tag{1}$$

Dimana:

f = SAIFI

C<sub>i</sub> = Jumlah konsumen per unit yang mengalami pemadaman

X<sub>i</sub> = Panjang penyulang atau unit komponen

λ<sub>i</sub> = Angka keluar komponen yang menyebabkan pemadaman (Indek dari komponen)

n = Banyaknya komponen yang keluar yang menyebabkan pemadaman

SAIDI merupakan indeks yang menghitung rata-rata durasi kegagalan yang dialami pelanggan. Indeks ini dicari dengan membagi jumlah semua durasi kegagalan yang terjadi dengan total jumlah pelanggan yang dilayani dalam suatu sistem.

$$d = \sum_{i=1}^n X_i \lambda_i \left( \sum_{j=1}^m C_{ij} t_{ij} \right) \tag{2}$$

Dimana:

d = SAIDI

λ<sub>i</sub> = Angka keluar komponen yang menyebabkan pemadaman

X<sub>i</sub> = Panjang penyulang atau unit komponen

n = Banyaknya komponen yang keluar yang menyebabkan pemadaman

m = Jumlah dari fungsi kerja yang terlibat dalam pemulihan pelayanan

C<sub>ij</sub> = Jumlah konsumen per unit yang mengalami pemadaman selama langkah demi langkah dari operasi kerja (j

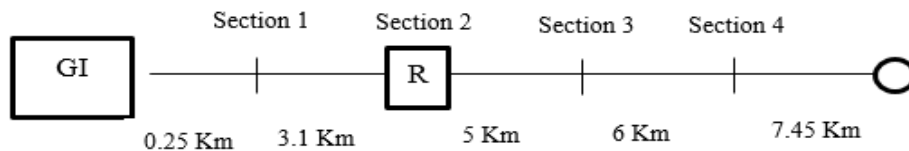
= Indeks dari operasi kerja)

**Hasil dan Pembahasan**

Berdasarkan data dan pengamatan yang diambil melalui PT. PLN APJ Yogyakarta di Gardu Induk Kentungan. Dapat diketahui nilai data penempatan recloser sebagai berikut:

Untuk menentukan lokasi penempatan *recloser* agar beroperasi secara optimal, menggunakan metode perkiraan SAIFI & SAIDI berdasarkan konfigurasi jaringan sesuai SPLN 59: 1985.

Data-data yang diperlukan adalah data jumlah pelanggan, jumlah trafo distribusi dan panjang jaringan pada penyulang.



Gambar 2. Single line diagram feeder KTN 05

Analisa dilakukan dengan menempatkan *recloser* pada section 1 untuk mendapatkan angka SAIFI pada section tersebut. Adapun parameter yang digunakan adalah jenis komponen PMT, panjang jaringan, *recloser*, trafo distribusi dan rel TR. Dengan memasukan nilai-nilai komponen (X<sub>i</sub>), angka keluar (λ<sub>i</sub>), dan pu system yang keluar (C<sub>i</sub>) didapatkan nilai frekuensi pemadaman (f<sub>i</sub>) dengan perkalian X<sub>i</sub> x λ<sub>i</sub> x C<sub>i</sub> pada masing-masing jenis komponen dan didapatkan angka SAIFI sebagai parameter untuk mendapatkan *recloser* dengan menjumlahkan hasil perkalian tadi (X<sub>i</sub> λ<sub>i</sub> C<sub>i</sub>) pada masing-masing jenis komponen.

Tabel 1. Data jaringan feeder KTN 05 Gardu Induk Kentungan

| Lokasi    | Panjang Jaringan (km) | Trafo Distribusi | Jumlah Pelanggan |
|-----------|-----------------------|------------------|------------------|
| Section 1 | 0,25                  | 18               | 2.603            |
| Section 2 | 3,1                   | 75               | 6.799            |
| Section 3 | 5                     | 42               | 3.391            |
| Section 4 | 6                     | 33               | 3.408            |
| Ujung     | 7,45                  | 13               | 665              |
| Total     | 21,8                  | 181              | 16,866           |

Tabel.2. Nilai SAIFI pada *section 1*

| Jenis Komponen      | Kompenen unit (buah dan km) | Angka Keluar (unit/tahun dan km/tahun) | pu sistem yang keluar (unit) | Frekuensi pemadaman (kali/tahun) |
|---------------------|-----------------------------|--|------------------------------|----------------------------------|
|                     | $X_i$                       | $\lambda_i$                            | $C_i$                        | $f_i$                            |
| A                   | B                           | C                                      | D                            | $E=BxCxD$                        |
| PMT                 | 1                           | 0.004                                  | 1                            | 0.004                            |
| SUTM 1              | 0.25                        | 0.2                                    | 1                            | 0.05                             |
| SUTM 2              | 21.55                       | 0.2                                    | 3.08                         | 13.27                            |
| <i>Recloser</i>     | 1                           | 0.005                                  | 1                            | 0.005                            |
| Trafo Distribusi    | 181                         | 0.005                                  | 0.005                        | 0.0048                           |
| Rel TR              | 181                         | 0.001                                  | 0.005                        | 0.0009                           |
| <b>Jumlah SAIFI</b> |                             |  |                              | <b>13.33</b>                     |

Keterangan:

Nilai (B) kompenen sesuai dengan jumlah peralatan yang ada di jaringan

SUTM 1 = Panjang jaringan sebelum *recloser*

SUTM 2 = Panjang jaringan setelah *recloser*

Trafo = Jumlah trafo total dalam 1 *feeder*

Rel TR = Jumlahnya sama dengan jumlah trafo

Nilai (C) angka keluar mengacu pada tabel SPLN 59: 1985

Nilai (D) pu sistem yang keluar untuk SUTM 2 dihitung dengan:

$$SUTM = \frac{\text{Jumlah pelanggan padam}}{\text{Jumlah pelanggan}} \tag{3}$$

Sedangkan untuk Trafo dan Rel TR sesuai SPLN yaitu:

$$\text{Trafo distribusi atau Rel TR} = \frac{1}{\text{Jumlah trafo distribusi}} \tag{4}$$

Untuk mencari  $C_i$  ( pu sistem yang keluar) yaitu berapa bagian sistem yang mengalami pemadaman apabila salah satu komponen mengalami gangguan:

1. Apabila PMT mengalami gangguan, maka seluruh sistem akan padam  $C_i = 1$
2. Apabila SUTM 1 mengalami gangguan hubung pendek, maka seluruh sistem akan padam.  $C_i = 1$
3. Apabila SUTM 2 mengalami gangguan hubung pendek, maka yang padam dapat dihitung dengan rumus:

$$SUTM = \frac{\text{Jumlah pelanggan padam}}{\text{Jumlah pelanggan}} \tag{5}$$

Tabel 3. Perhitungan untuk mendapatkan nilai dari SUTM 2.

| Section   | Jumlah pelanggan padam | Jumlah pelanggan | SUTM 2                     |
|-----------|------------------------|------------------|----------------------------|
| Section 1 | 8024                   | 2603             | $\frac{8024}{2603} = 3.08$ |
| Section 2 | 8024                   | 6799             | $\frac{8024}{6799} = 1.18$ |
| Section 3 | 8024                   | 3391             | $\frac{8024}{3391} = 2.36$ |
| Section 4 | 8024                   | 3408             | $\frac{8024}{3408} = 2.35$ |

Perhitungan SAIDI

Dengan menggunakan data-data jaringan di atas dilakukan perhitungan SAIDI sesuai SPLN 59: 1985.

Analisa dilakukan dengan menempatkan *recloser* pada *section 1* untuk mendapatkan angka SAIDI pada *section* tersebut. Adapun parameter yang digunakan adalah jenis komponen PMT, panjang jaringan, *recloser*, trafo distribusi dan rel TR. Dengan memasukan nilai-nilai trafo distribusi, frekuensi pemadaman ( $f_i$ ) dan waktu ( $t_{ij}$ ) didapatkan nilai lama pemadaman (d). Pada masing-masing jenis komponen dan didapatkan angka SAIDI sebagai parameter untuk

menempatkan *recloser* dengan menjumlahkan hasil perkalian tadi (trafo distribusi,  $f_i$   $t_{ij}$ ) pada masing-masing jenis komponen.

Tabel 4 Nilai SAIDI pada section 1

| Jenis komponen      | Trafo distribusi (buah) | Frekuensi pemadaman (kali/tahun) | Waktu (jam) | Lama pemadaman (kali/tahun) |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------|-----------------------------|
|                     |                         | $f_i$                            | $t_{ij}$    | d                           |
| A                   | B                       | C                                | D           | E                           |
| PMT                 | 0                       | 0.004                            | A = 0.5     | 0.002                       |
|                     |                         |                                  | I = 10      | 0.04                        |
| SUTM 1<br>0.25      | 18                      | 0.05                             | A = 0.5     | 0.05                        |
|                     |                         |                                  | B = 0.16    | 0.064                       |
|                     |                         |                                  | F = 3       | 0.15                        |
| SUTM 2<br>21.55     | 163                     | 13.27                            | A = 0.5     | 13.27                       |
|                     |                         |                                  | B = 0.16    | 16.9856                     |
|                     |                         |                                  | F = 3       | 39.81                       |
| <i>Recloser</i>     | 181                     | 0.005                            | A = 0.5     | 0.005                       |
|                     |                         |                                  | B = 0.16    | 0.0128                      |
|                     |                         |                                  | I = 10      | 0.05                        |
| Trafo Distribusi    | 181                     | 0.0048                           | K = 10      | 0.048                       |
| Rel TR              | 181                     | 0.0009                           | M = 10      | 0.009                       |
| <b>Jumlah SAIDI</b> |                         |                                  |             | <b>70.49</b>                |

Keterangan:

- Trafo distribusi untuk SUTM 1 dan SUTM 2 jumlah trafo sesuai dengan panjang jaringan.  
SUTM 1 = Total trafo distribusi pada jaringan sebelum *recloser*.  
SUTM 2 = Total trafo distribusi pada jaringan setelah *recloser*.  
Sedangkan untuk *recloser*, trafo distribusi dan rel TR sesuai dengan jumlah trafo yang ada di jaringan.
- Frekuensi pemadaman dengan melihat perhitungan SAIFI sebelumnya pada masing-masing jenis komponen.
- Nilai waktu mengacu pada tabel SPLN.
- Lama pemadaman (d) dengan memasukkan nilai-nilai trafo distribusi,  $f_i$  dan  $t_{ij}$  tersebut ke dalam rumus, akan diperoleh nilai d (pemadaman per tahun) yaitu jumlah nilai yang tercantum dalam kolom (E).  
Seperti halnya perhitungan SAIFI, analisa di atas dilakukan berulang-ulang atau dengan kata lain *recloser* dimanuver / dipindah pada tiap section sehingga bisa didapatkan nilai SAIDI yang berbeda-beda. Nilai SAIDI yang paling kecil adalah indeks keandalan yang paling bagus.

#### Data perhitungan SAIDI pada KTN 05 Gardu Induk Kentungan:

Data-data yang diperoleh untuk melakukan perhitungan SAIFI mengacu pada SPLN 59: 1985 dan data-data yang diperoleh dari PT. PLN APJ Yogyakarta.

- Frekuensi pemadaman dapat dilihat dari perhitungan SAIFI sebelumnya.
- Nilai waktu mengacu pada tabel waktu operasi kerja dan pemulihan pelayanan pada lampiran.
- Perhitungan untuk mendapatkan nilai lama pemadaman :

Section 1

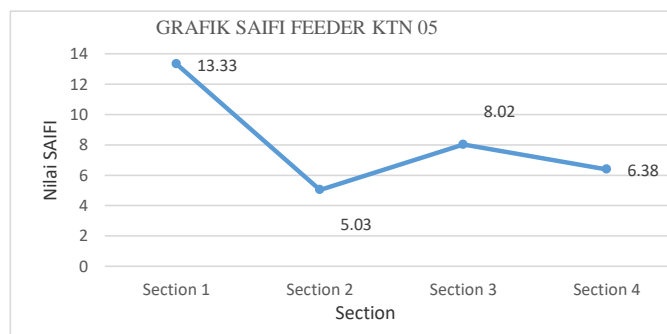
|                  |          |   |
|------------------|----------|---|
| PMT              | A = 0.5  | $0.004 \times 0.5 = 0.002$                                |
|                  | I = 10   | $0.004 \times 10 = 0.04$                                  |
| SUTM 1           | A = 0.5  | $0.05 \times 0.5 \times (2^*) = 0.05$                     |
|                  | B = 0.16 | $0.05 \times 0.16 \times (16^{**}) \times 0.5 = 0.064$    |
|                  | F = 3    | $0.05 \times 3 = 0.15$                                    |
| SUTM 2           | A = 0.5  | $13.27 \times 0.5 \times 2 = 13.27$                       |
|                  | B = 0.16 | $13.27 \times 0.16 \times 16 \times 0.5 = 16.9856$        |
|                  | F = 3    | $13.27 \times 3 = 39.81$                                  |
| Recloser         | A = 0.5  | $0.005 \times 0.5 \times 2 = 0.005$                       |
|                  | B = 0.16 | $0.005 \times 0.16 \times (16^{***}) \times 0.5 = 0.0128$ |
|                  | I = 10   | $0.005 \times 10 = 0.05$                                  |
| Trafo Distribusi | K = 10   | $0.0048 \times 10 = 0.048$                                |
| Rel TR           | M = 10   | $0.0009 \times 10 = 0.009$                                |

**Hasil Perhitungan SAIFI & SAIDI**

Setelah dilakukan perhitungan untuk mendapatkan indeks keandalan sebagai penentu penempatan *recloser* dengan melakukan manuver posisi *recloser* pada tiap *section* dari *section* awal jaringan hingga ujung jaringan, dari hasil perhitungan akan didapatkan nilai SAIFI & SAIDI sebagai berikut.

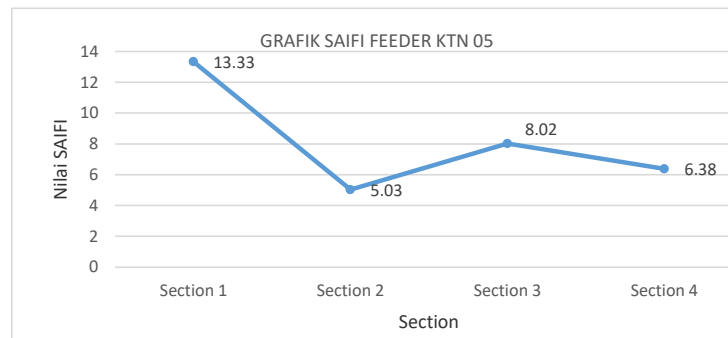
Tabel 5. Nilai SAIFI dan SAIDI dari hasil perhitungan

| Posisi Penempatan <i>Recloser</i> | SAIFI (kali/tahun) | SAIDI (jam/tahun) |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------|
| <i>Section 1</i>                  | 13.33              | 70.49             |
| <i>Section 2</i>                  | 5.03               | 26.67             |
| <i>Section 3</i>                  | 8.02               | 42.54             |
| <i>Section 4</i>                  | 6.38               | 33.80             |



Gambar 3. Grafik SAIFI Feeder KTN 05 sesuai penempatan *recloser*

Dari grafik SAIFI di atas dapat dilihat pada saat *recloser* ditempatkan pada section 1 mempunyai nilai SAIFI sebesar 13.33 kali/tahun, jauh lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi *recloser* pada saat ditempatkan pada section 2 yaitu 5.03 kali/tahun. Grafik SAIFI pada saat ditempatkan pada section 3 yang mempunyai nilai semakin tinggi yaitu 8.02 kali/tahun dan section 4 nilai SAIFI 6.38 kali/tahun. Dengan indeks keandalan SAIFI tersebut, maka *recloser* akan optimal apabila ditempatkan pada section 2 dengan nilai SAIFI paling kecil yaitu 5.03 kali/tahun. Dengan keputusan ini, maka *recloser* akan mengamankan 93 trafo dengan 9402 pelanggan dalam jaringan sepanjang 3.35 km dan didapatkan nilai indeks keandalan dengan SAIFI sebesar 5.03 kali/tahun.



Gambar 4. Grafik SAIFI *feeder* KTN 05 sesuai penempatan *recloser*

Dari grafik SAIFI di atas dapat dilihat pada saat *recloser* ditempatkan pada *section* 1 memiliki nilai SAIFI sebesar 70.49 jam/tahun jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *recloser* pada saat ditempatkan pada *section* 2 yaitu 26.67 jam/tahun. Grafik SAIFI pada saat ditempatkan pada *section* 3 yang mempunyai nilai semakin tinggi yaitu 42.54 jam/tahun dan *section* 4 nilai SAIFI 33.80 jam/tahun. Dengan indeks keandalan SAIFI tersebut, maka *recloser* akan optimal jika di tempatkan pada *section* 2 dengan nilai SAIFI paling kecil 26.67 jam/tahun. Dengan keputusan ini, maka *recloser* akan mengamankan 93 trafo dengan 9402 pelanggan dalam jaringan sepanjang 3.35 km dan didapatkan nilai indeks keandalan dengan SAIFI sebesar 26.67 jam/tahun.

### Kesimpulan

Pada *feeder* KTN 05, *recloser* akan bekerja optimal sesuai dengan fungsinya apabila ditempatkan pada *section* 2. Dikarenakan pada lokasi *section* 2 mempunyai indeks keandalan nilai SAIFI yang paling kecil dibandingkan dengan *section* lainnya yaitu dengan nilai 5.03 kali/tahun, dan nilai SAIFI yang paling kecil dibandingkan dengan *section* lainnya yaitu dengan nilai 26.67 jam/tahun. Dengan keputusan ini, maka *recloser* akan mengamankan 93 trafo dengan 9402 pelanggan dalam jaringan sepanjang 3.35 km.

### Daftar Pustaka

- Abraham Silaban. (2010), *Studi Tentang Penggunaan Recloser Pada Sistem Jaringan Distribusi 20 KV*. Medan: Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Bima Cahya Nugraha. (2015), *Koodinasi PMT PLR 9 dan Recloser PLR 19-81 Pada Sistem Proteksi Jaringan Menengah 20 KV di Wilayah Kerja PT PLN (Persero) Rayon Palur*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- M. Rizal Sanaki. (2017), *Peningkatan Indek Keandalan Dengan Penambahan Recloser Pada Sistem Distribusi di PLTD Subaim Menggunakan Metode Section Technique*. Subaim: Magnetika.
- Muh Qomaruddin Ma'sum. (2007), *Analisa Kerja Recloser Tipe VWVE Merek Cooper Di Wilayah PT. PLN (Persero) APJ Surakarta*. Semarang: Fakultas Teknik Univesitas Negeri Semarang.
- PLN. (1985). *SPLN 59: Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. Jakarta.