

ANALISIS PENAMBAHAN *RECLOSER* PADA LOKASI YANG TEPAT GUNA MEMINIMALKAN NILAI SAIFI DAN SAIFI PENYULANG FORD BARU PT. PLN(PERSERO) UP3 PALEMBANG

Bagas Aji Sasongko^{*)}, Karnoto dan Darjat

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)E-mail: bagasajisasonko@students.undip.ac.id}

Abstrak

Pesatnya perkembangan teknologi dalam semua bidang menyebabkan kebutuhan akan energi listrik meningkat sehingga diperlukan sistem tenaga listrik dengan keandalan tinggi untuk menjaga kualitas kekontinyuan listrik. Pemasangan *recloser* merupakan salah satu cara dalam membantu peningkatan keandalan. *Recloser* berfungsi untuk memutuskan dan menyambungkan kembali aliran listrik secara otomatis. Pemasangan *recloser* akan mendapatkan hasil baik apabila didasari dengan perhitungan yang benar. Parameter yang digunakan dalam keandalan sistem tenaga listrik adalah SAIFI dan SAIDI. Nilai SAIFI dan SAIDI dapat dihitung dari tingkat laju kegagalan dan waktu pemadaman dari setiap komponen pada sistem. Semakin kecil nilai SAIFI dan SAIDI maka keandalannya akan semakin bagus. Pada penelitian ini akan dibuat program simulasi penambahan *recloser* menggunakan metode genetic algorithm pada software MATLAB R2016a. Dari hasil simulasi diperoleh bahwa SAIFI dan SAIDI setelah penambahan lebih kecil dari pada sebelum penambahan. Nilai SAIFI dan SAIDI sebelum penambahan *recloser* adalah 2,2756 kali/tahun dan 6,9454 jam/tahun. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan nilai SAIFI dan SAIDI yang baik untuk 1 *recloser* yang berada pada lokasi 16 yaitu 0,69439 kali/tahun dan 2,2411 jam/tahun.

Kata kunci: keandalan, *recloser*, SAIFI, SAIDI, genetic algorithm

Abstract

The rapid development of technology in all fields causes the need for electrical energy to increase so that an electric power system with high reliability is needed to maintain the quality of electricity continuity. Installing a *recloser* is one way to help increase reliability. *Recloser* functions to disconnect and reconnect the electricity automatically. *Recloser* installation will get good result if it is based on the correct calculations. The parameters used in the reliability of the electric power system are SAIFI and SAIDI. SAIFI and SAIDI values can be calculated from the failure rate and outage time of each component in the system. The smaller the SAIFI and SAIDI values, the better the reliability. In this study, a *recloser* addition simulation program will be made using the genetic algorithm method in the MATLAB R2016a software. From the simulation results, it is found that SAIFI and SAIDI after addition are smaller than before addition. The SAIFI and SAIDI values before the addition of the *recloser* were 2.2756 times/year and 6.9454 hours/year. After the calculation, the best SAIFI and SAIDI values for 1 *recloser* at location 16 are 0.69438 times / year and 2,2411 hours / year.

Keywords: reliability, *recloser*, SAIFI, SAIDI, genetic algorithm

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang terjadi pada semua bidang kehidupan menyebabkan peningkatan kebutuhan energi listrik. Peningkatan ini harus diimbangi dengan peningkatan keandalan sistem tenaga listrik. Bagian dari sistem tenaga listrik yang sering mengalami gangguan sehingga menyebabkan pemadaman paling banyak adalah sistem distribusi yang mana merupakan sistem paling dekat dengan pelanggan [1]. Lama pemadaman serta kurangnya kestabilan tegangan listrik merupakan tanda bahwa kualitas listrik kurang baik yang tentunya dapat berpengaruh juga terhadap pelanggan.

Peningkatan kualitas listrik yang memenuhi standar serta sistem tenaga listrik yang handal akan memberikan kontribusi yang besar untuk kehidupan masyarakat modern dalam berbagai bidang kehidupan yang membutuhkan energi listrik untuk beroperasi.[2] Maka dari itu, pada sistem distribusi diperlukan keandalan dengan tingkat yang tinggi.

Keandalan sistem distribusi dapat diketahui dengan menetapkan indeks keandalan. Dalam sistem distribusi menggunakan indeks keandalan berupa SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System

Average Interruption. Frequency Index). Sebagai acuan penentuan indeks keandalan yaitu sesuai dengan standar

IEEE std 1366 – 2003 yang menyatakan nilai SAIFI = 1,45 kali/tahun dan SAIDI = 2,3 jam/tahun [3].

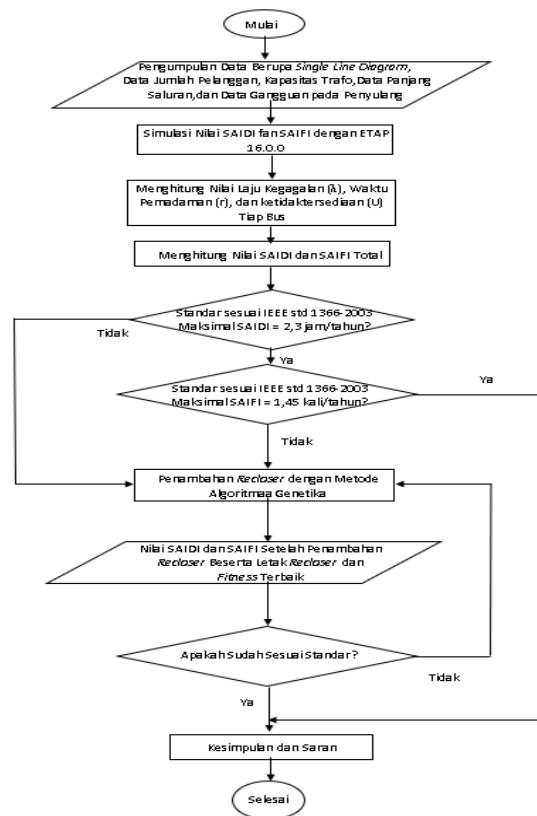
Berdasarkan indeks keandalan, penambahan sectionalizer atau *recloser* merupakan salah satu upaya peningkatan keandalan jaringan distribusi. Dengan biaya pemasangan *recloser* yang besar maka pemasangan *recloser* dengan titik yang tepat pun diperlukan. [4]. Pengujian penempatan *recloser* yang tepat telah banyak dilakukan sebelumnya diantaranya penempatan *recloser* yang pada lokasi terbaik dengan metode Artificial Bee Colony (ABC) oleh Thomas Febian L. L. B. [5], Particle Swarm Optimization (PSO) oleh Dewi Wijayanti [6], Ant Colony Optimization (ACO) oleh Abraham Bayu D. [7], dan Simplex Method oleh M Yazid Bustomi, Mail Sapto Nisworo, dan Mail Deria Pravitasar [8]

Penelitian ini merujuk keandalan Penyulang Ford setelah dilakukan pelimpahan beban dengan penyulang Platina dan setelah Penyulang Ford beroperasi pada tahun 2020. Dengan nilai pada saat sebelum dilakukan pelimpahan beban SAIDI = 19,47 jam/tahun dan SAIFI = 18 kali/tahun sedangkan setelah dilakukan pelimpahan SAIDI= 6,9454 jam/tahun dan SAIFI = 2,2756 kali/tahun. Nilai keandalan sistem sebelum dilakukan pelimpahan belum memenuhi target keandalan sistem pada UP3 Palembang tahun 2021 sedangkan setelah dilakukan pelimpahan nilai keandalannya sudah memenuhi target. Nilai keandalan sistem distribusi baik sebelum pelipahan atau setelah pelimpahan tersebut belum memenuhi IEEE std 1366 – 2003 [3]. Oleh karenanya, pada penelitian ini akan dilakukan penempatan *recloser* tambahan dengan lokasi yang tepat untuk mendapatkan tingkat SAIFI dan SAIDI yang paling minimal. Aplikasi yang digunakan dalam membantu simulasi ini adalah dengan bantuan software Matlab R2016a dan metode yang digunakan dalam simulasi adalah metode Algoritma Genetika.

2. Metode

2.1. Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menghitung nilai SAIDI dan SAIFI pada penyulang FORD dan sebagian penyulang Platina yang dilimpahkan lalu dilakukan penambahan *recloser* serta ditentukan pula letak *recloser* terbaik menggunakan Algoritma Genetika (AG) agar didapat nilai keandalan yang baik yang memenuhi standar IEEE std 1366 – 2003 Tahap-tahap dalam pelaksanaan penelitian dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Langkah Penelitian

2.2. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan untuk membantu terlaksananya penelitian ini diperoleh dari PT.PLN(Persero) UP3 Palembang dan PT.PLN(Persero) ULP Kenten. Data-data yang digunakan meliputi data *single line diagram* Ford dan Platina, kapasitas trafo distribusi pada penyulang, data pembebanan beban masing-masing trafo distribusi, dan rekap data pemadaman pada tahun 2020.

2.3. Perhitungan Indeks Keandalan Sebelum dan Sesudah Penambahan *Recloser*

Data-data yang didapat untuk penelitian ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung indeks keandalan. Indeks keandalan dasar dihitung dengan menggunakan rumus laju kegagalan λ (kegagalan/tahun), rata – rata waktu keluar (*outage*) r (jam/kegagalan) dan rata – rata ketidakterersediaan tahunan U (jam/tahun), sementara itu untuk indeks dengan basis sistem digunakan SAIFI dan SAIDI [9]. SAIDI merupakan suatu indeks pada keseluruhan sistem yang menyatakan lamanya pemadaman/gangguan pada pelanggan yang terjadi pada periode waktu tertentu yang biasanya dihitung untuk satu tahun. SAIFI adalah suatu indeks pada keseluruhan sistem yang menyatakan banyaknya pemadaman/gangguan pada pelanggan yang terjadi dalam periode waktu tertentu yang biasanya dihitung untuk satu tahunnya [10]. Nilai SAIDI

dan SAIFI dihitung berdasarkan data dari PLN UP3 Palembang tahun 2020. Perhitungan pada pemadaman berdasarkan data padam permanen yang memiliki durasi lebih dari 5 menit [10]. Lalu hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan perbandingan dengan standar PLN.

$$\lambda = \frac{f}{T} \quad (1)$$

Keterangan:

λ = Angka kegagalan (kali/tahun)

f = Banyaknya kegagalan dalam selang waktu pengamatan

T = Selang waktu pengamatan (1 tahun) [11]

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \quad (2)$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N} \quad (3)$$

Keterangan:

λ_i = laju kegagalan (kali/tahun)

U_i = lama pemadaman/durasi (jam/tahun)

N_i = jumlah pelanggan padam

N = jumlah pelanggan total [12]

Lalu dihitung nilai SAIDI dan SAIFI pada kondisi sebelum dilakukan penambahan *recloser* pada tempat yang tepat. Untuk perhitungan frekuensi gangguan [13]:

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \quad (4)$$

Keterangan:

λ_i = laju kegagalan untuk peralatan K (failure)

K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *Load Point*

Untuk perhitungan lama gangguan:

$$U_{LP} = \sum_{i=K} U_i = \sum_{i=K} \lambda_i \chi MTTR \quad (5)$$

Keterangan:

MTTR = waktu perbaikan (jam)

Berdasarkan hasil perhitungan maka akan dibandingkan dengan standar IEEE std 1366 – 2003. Apabila hasil setelah dilakukan perhitungan tidak memenuhi standar yang ada, maka perlu melakukan pemasangan penambahan *recloser* guna meminimalkan nilai SAIFI dan SAIDI.

2.4 Perhitungan Penambahan *Recloser* dengan Metode AG di Titik Terbaik.

Tahap ini dilakukan perhitungan penambahan *recloser* dengan Algoritma Genetika dengan nilai tujuan seperti berikut:

$$f(x) = \frac{1}{SAIDI.SAIFI} \quad (6)$$

Proses perhitungan nilai tujuan dilakukan dengan memasukkan berbagai parameter Algoritma Genetika (AG). Ukuran populasi, probabilitas pindah silang, probabilitas mutasi, dan maksimal generasi merupakan parameter AG yang digunakan dalam perhitungan ini [14]. Parameter ukuran populasi (UkPop) menggunakan nilai 100 dikarenakan pada titik beban bus yang digunakan pada sistem memiliki jumlah 34, hal ini membuat pengacakan akan berlangsung baik. Nilai parameter Algoritma Genetika menggunakan nilai probabilitas pindah silang 0.8, probabilitas mutasi 0.1, dan maksimum generasi 100 yang didapatkan dari melakukan variasi pengujian sehingga didapat nilai yang stabil. Maksimum generasi digunakan sebagai pembatas pada proses pencarian. Waktu pemrosesan dalam menghitung akan berbanding lurus dengan maksimum generasi [6]. Proses perhitungan dilakukan dengan menentukan jumlah *recloser* yang akan digunakan terlebih dahulu sebelum memulai perhitungan.

Hasil dari proses perhitungan berupa letak *recloser* dengan yang paling tepat dengan nilai *fitness* terbaik serta nilai SAIDI dan SAIFI setelah ditambahkan *recloser* tersebut. Tahap selanjutnya akan dilakukan analisa sehingga didapat kesimpulan dan saran.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Kondisi Sebelum Penambahan *Recloser*

Nilai keandalan penyulang sebelum dilakukan penambahan *recloser* dapat diketahui dengan menghitung nilai SAIDI dan SAIFI penyulang berdasarkan ipada idata yang didapatkan dari PT.PLN(Persero) UP3 Palembang, dengan menggunakan *software* Matlab R2016a dan dengan melakukan simulasi menggunakan *software* ETAP 16.0.0. Setelah nilai keandalan didapatkan, selanjutnya dilakukan perbandingan antara kedua *software* tersebut berdasarkan nilai indeks keandalan yang dihasilkan.

3.1.1. Analisa Keandalan Kondisi Riil Tahun 2020

Darili rekap data pemadaman tahun 2020, pada penyulang Ford dan sebagian Platina diketahui terdapat 18 kali pemadaman dan total lama pemadaman 1187 menit. Jumlah pelanggan pada penyulang Ford adalah 7315 pelanggan. Darii ihasil iperhitungan, didapatkan nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang Ford yaitu 18 kali/tahun dan 19,47 jam/tahun, dimana nilai SAIFI dan SAIDI tersebut tidak memenuhi standar, karena telah melebihi standar yang digunakan. Standar yang digunakan yaitu IEEE std 1366 – 2003 yang

menyatakan bahwa standar SAIFI adalah 1,45 kali/tahun dan SAIDI adalah 2,30 jam/tahun. Oleh karena itu, untuk meminimalkan nilai SAIDI dan SAIFI agar didapat keandalan yang lebih baik maka perlu dilakukan pemasangan penambahan *recloser*.

3.1.2. Perhitungan Kondisi Awal dengan MATLAB R2016a

Perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI pada *software* Matlab R2016a berdasarkan jumlah titik beban pada penyulang Ford. Untuk rumus perhitungan λ dan U tiap titik beban bus digunakan rumus pada persamaan 4 dan 5. Contoh perhitungan pada titik beban bus 9 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \lambda_9 &= \lambda_8 + (\text{Panjang line. } \lambda_{SUTM}) \\ \lambda_9 &= 1,0080 + (0,18. 0,2) \\ \lambda_9 &= 1,0440 \text{ failure/year} \\ \lambda LP_9 &= 1,0440. 1 = 1,0440 \text{ kali/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_9 &= U_8 + (\text{Panjang line. } \lambda_{SUTM}.r_{SUTM}) \\ U_9 &= 3,1360 + (0,18. 0,2. 3) \\ U_9 &= 3,2440 \text{ hour/year} \\ ULP_9 &= 3,2440.1 = 3,2350 \text{ kali/tahun} \end{aligned}$$

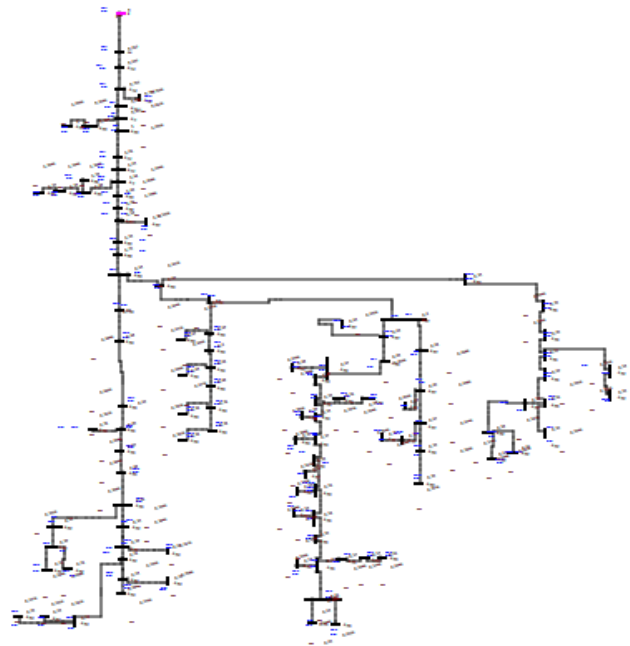
Perhitungan dilakukan pada tiap titik beban untuk mendapatkan nilai SAIDI dan SAIFI dari penyulang dengan menggunakan *software* Matlab untuk mempermudah perhitungannya. Hasil perhitungan didapatkan nilai SAIDI dan SAIFI sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= 2,2756 \text{ kali/tahun} \\ \text{SAIDI} &= 6,9463 \text{ jam/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka keandalan pada penyulang Ford masih dikategorikan kurang andal. Hal tersebut dikarenakan nilai SAIFI dan SAIDI melebihi batas standar indeks keandalan IEEE std 1366 – 2003 yang menyatakan bahwa standar untuk nilai SAIFI adalah 1,45 kali/tahun dan SAIDI adalah 2,30 kali/tahun.

3.1.3. Perhitungan Kondisi Awal dengan ETAP 16.0.0

Proses perhitungan untuk mengetahui keadaan awal penyulang sebelum dilakukan penambahan *recloser* adalah dengan menghitung nilai SAIDI dan SAIFI pada titik beban. Penyulang Ford baru berdasarkan *single line diagram* menggunakan 77 titik beban pada jaringan 3 fasa yang terdiri dari 20 titik beban pada penyulang utama dan 57 titik beban pada penyulang cabang.



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang Ford dan Sebagian Penyulang Platina

Berdasarkan hasil simulasi dari single line diagram menggunakan *software* ETAP 16.0.0 pada Gambar 2. diperoleh nilai SAIFI yaitu 2,2756 kali/tahun dan SAIDI 6,9454 jam/tahun.

3.1.4. Perbandingan Kondisi Riil dengan MATLAB R2016a

Berdasarkan proses perhitungan indeks keandalan sesuai dengan data yang diperoleh maka akan dibandingkan nilai dari kondisi riil penyulang FORD baru dengan perhitungan nilai Matlab. Berikut merupakan table perbandingan:

Tabel 1. Perbandingan kondisi riil dan MATLAB R2016a

No	Kondisi	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	Riil	18	19,47
2	MATLAB R2016a	2,2756	6,9454

Berdasarkan pada Tabel 1. diatas diketahui adanya perbedaan hasil perhitungan antara kondisi riil dengan perhitungan dari MATLAB R2016a. Perbedaan ini dapat terjadi dikarenakan dalam kondisi riil keandalan dipengaruhi juga oleh sisi kondisi disekitar seperti pohon, hewan dan lain-lain. Sedangkan pada MATLAB R2016a dilakukan perhitungan berdasarkan nilai laju kegagalan (λ) dan MTTR tanpa memperhitungkan kondisi atau faktor dari luar yang dapat mempengaruhi keandalan [15]. Sehingga hasil nilai SAIFI dan SAIDI berbeda.

3.1.5. Perbandingan Simulasi ETAP 16.0.0 dengan MATLAB R2016a

Tabel 2. Perbandingan simulasi ETAP 16.0.0 dengan MATLAB R2016a

INDEKS	ETAP	MATLAB	Error(%)
SAIFI (kali/tahun)	2,2756	2,2756	0
SAIDI (jam/tahun)	6,9454	6,9463	0,012

Pada Tabel 2. dapat dilihat bahwa hasil dari perhitungan nilai SAIFI dan SAIDI dengan menggunakan Matlab R2016a dan dengan menggunakan ETAP 16.0.0 memiliki sedikit perbedaan, yaitu pada Matlab nilai SAIFI 2,2756 kali/tahun dan SAIDI 6,9463 jam/tahun sedangkan pada ETAP nilai SAIFI 2,2756 kali/tahun dan SAIDI 6,9454 jam/tahun. Hal ini disebabkan karena nilai masukan yang diberikan pada ETAP adalah pembulatan dari nilai masukan yang diberikan pada MATLAB sehingga menyebabkan sedikit perbedaan hasil.

3.2 Perhitungan Penambahan Recloser dengan AG di Titik Terbaik

Berdasarkan hasil dari perhitungan dengan menggunakan Matlab dan ETAP, keandalan pada penyulang FORD baru dapat dikatakan kurang andal sehingga perlu dilakukan penambahan *recloser*. Dalam pengujian ini dimaksudkan agar didapatkan nilai SAIDI dan SAIFI seminimal mungkin agar keandalan pada penyulang FORD baru dapat dikatakan andal. Dalam proses pengujian digunakan beberapa parameter sistem dan parameter Algoritma Genetika (AG). Parameter sistem yang digunakan sesuai dengan SPLN 59: 1985 [15] yang tertulis pada Tabel 3. berikut:

Tabel 3. Parameter Sistem

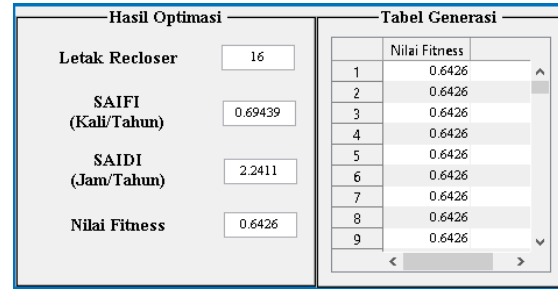
No.	Parameter	Nilai
1	LamdaSUTM	0,2
2	MTTRSUTM	3
3	LamdaPMT	0,004
4	MTTRPMT	10
5	LamdaTrafo	0,005
6	MTTRTrafo	10
7	LamdaRecloser	0,005
8	MTTRRecloser	10
9	LamdaFCO	0,003
10	MTTRFCO	0,25
11	LamdaLBS	0,003
12	MTTRLBS	10
13	LamdaABSW	0,003
14	MTTR ABSW	10
15	LamdaSKTM	0,07
16	MTTR SKTM	10

Parameter AG yang digunakan dalam penelitian terdapat pada Tabel 4.

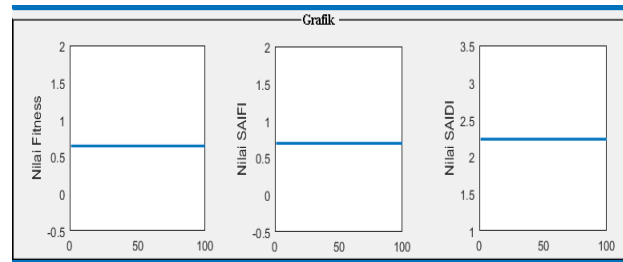
Tabel 4. Parameter Algoritma Genetika (AG)

No.	Parameter	Nilai
1	Ukuran Populasi	100
2	Probabilitas Pindah Silang	0,8
3	Probabilitas Mutasi	0,1
4	Generasi Maksimum	100

3.2.1. Penambahan 1 Recloser pada Penyulang FORD Baru

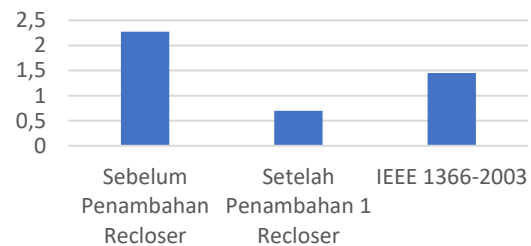


Gambar 3. Panel tabel generasi nilai fitness

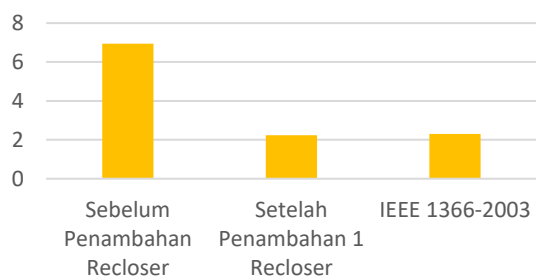


Gambar 4. Grafik perbandingan antara generasi dengan nilai fitness, SAIFI, dan SAIDI

Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui bahwa letak penambahan agar didapatkan nilai SAIDI dan SAIFI terbaik. Pengujian dengan penambahan 1 *recloser* didapatkan lokasi yang berada pada bus 16. Dari data hasil pengujian dapat dikatakan bahwa nilai SAIDI dan SAIFI setelah dilakukan penambahan *recloser* mengalami penurunan. Nilai SAIDI dan SAIFI setelah penambahan 1 *recloser* telah memenuhi IEEE std 1366- 2003 sehingga hanya diperlukan penambahan dengan 1 buah *recloser*.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai SAIFI



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai SAIDI

4. Kesimpulan

Nilai SAIFI dan SAIDI sebelum dilakukan penambahan *recloser* adalah 2,2756 kali/tahun dan 6,9454 jam/tahun. Pada penambahan 1 buah *recloser*, mendapatkan hasil berupa nilai fitness 0,6426 serta nilai SAIFI yaitu 0,69439 kali/tahun dan nilai SAIDI yaitu 2,2411 jam/tahun. Pada penambahan 1 buah *recloser*, letak *recloser* yang paling baik pada Penyulang FORD adalah di Bus 16. Pengembangan pada tugas akhir ini dapat dilakukan dengan melakukan pengujian pada tipe jaringan distribusi listrik yang lain seperti tipe jaringan *ring*, jaring-jaring dan *spindle*. Dapat pula dilakukan pengembangan dengan *setting* proteksi dan perhitungan kwh hilang.

Referensi

- [1]. Djiteng Marsudi, "Operasi Sistem Tenaga Listrik", Edisi Pertama – Penerbit Graha Ilmu – Palembang, 2006.
- [2]. Doni Ariandi Putra Hasugian. "Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Distribusi di PT.PLN (Persero) Kota Subulussalam," Dspace JSPUI, Mar. 2020.
- [3]. T. A. Short, Electrical Power Distribution, Edisi Pertama. New York, USA: CRC Press, 2004.
- [4]. S. Hani, G. Santoso, dan R.D. Wibowo "Penempatan Recloser Sebagai Parameter Keandalan Sistem Proteksi pada Sistem Distribusi" Simposium Nasional RAPI XVIII -FT UMS, 2019.
- [5]. T. F. L. L. Bagusiam, "Optimasi Penempatan Recloser untuk Meminimalisir Nilai Saifi dan Saidi pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang SRL-02 Menggunakan Artificial Bee Colony Algoritm" Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 6, no. 4, hal.235-239, Agt. 2017
- [6]. D. Wijayanti, "Optimisasi Penempatan Recloser untuk Meminimalisir Nilai SAIFI dan SAIDI pada Penyulang PDP 04 Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO)," Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 5, no. 3, hal. 315–319, Sep. 2016.
- [7]. A. D. Bayu, "Optimisasi Penempatan Recloser Pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang PDP-03 Menggunakan Ant Colony Oaptimization (ACO)," Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 6, no. 2, hal.223-227, Agt. 2017.
- [8]. M.Y. Bustomi, M. S. Nisworo, M. D. Pravitasar "Penempatan *Recloser* Menggunakan Metode Linier Programing (Studi Kasus Feeder Sanggrahan 2)", Theta Omega, vol. 1, no. 1,2020.
- [9]. *Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems*, IEEE std 493, 2007.
- [10]. *Petunjuk Pelaksanaan Perhitungan Nilai Kinerja Organisasi Direktorat Unit dan Anak Perusahaan*, Keputusan Direksi PT PLN(PERSERO) Nomor 074.K/Dir/2017, 2017.
- [11]. R.E.Brown, *Electric Power Distribution Reliability*, Edisi Kedua. Karolina Utara, USA: Marcel Dekker, 2002.
- [12]. A.A.Chowdhury, *Power Distribution System Reliability Practical Methods and Applications*, Edisi Pertama. Canada: IEEE Press, 2009.
- [13]. Bo Hu, Xiaou-Hui He, dan Kan Cao, "Reability Evaluation Technique for Electrical Distribution Network Considering Planned Outaged," Jurnal Electrical Engineering Technology, vol. 9 no. 742, hal. 1482-1488, Apr. 2014. [Online], Tersedia: <http://dx.doi.org/10.5370/JEET.2014.9.4.742>.
- [14]. D.E. Goldberg, *Genetic Algorithms In Search, Optimization, and Machine Learning*, Edisi Pertama. MA, USA: Reading, Mass Addison-Wesley PUB, 1989
- [15]. *Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*, SPLN 59, 1985.