

OPTIMISASI PENEMPATAN RECLOSER UNTUK MEMINIMALISIR NILAI SAIFI DAN SAIDI PADA PENYULANG PDP 04 MENGGUNAKAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)

Dewi Wijayanti^{*)}, Hermawan, and Susatyo Handoko

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

^{*)}E-mail: wijayantidewi48@yahoo.com

Abstrak

Dalam sistem penyaluran tenaga listrik, salah satu permasalahan yang perlu diperhatikan adalah keandalan sistem tenaga listrik. Saat ini, penentuan posisi *recloser* sangat penting dalam keandalan sistem tenaga listrik. Parameter yang digunakan dalam keandalan sistem tenaga listrik adalah nilai SAIFI dan SAIDI. Menentukan nilai SAIFI dan SAIDI dapat dihitung dari 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 PDP 04 GI Pudak Payung. Metode yang digunakan untuk penempatan lokasi *recloser* adalah *Particle Swarm Optimization (PSO)* dengan menggunakan bantuan *Software Matlab R2013b*. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa nilai keandalan sebelum dan setelah penempatan *recloser* berubah. SAIFI dan SAIDI sebelum penempatan *recloser* 0,58407 kali/tahun dan 2,7415 jam/tahun. Lokasi penempatan yang optimal untuk 1 *recloser* berada pada lokasi 11 dengan nilai SAIFI dan SAIDI adalah 0,28833 kali/tahun dan 1,1728 jam/tahun. Sedangkan untuk 2 *recloser* berada pada lokasi 6 dan 18 dengan nilai SAIFI dan SAIDI adalah 0,1878 kali/tahun dan 0,75239 jam/tahun.

Kata kunci: keandalan, SAIFI, SAIDI, recloser, particle swarm optimization

Abstract

In the electric power distribution system, one of the issues need to be considered is the reliability. Nowadays, the determination of recloser position is very important in reliability of electrical power system. Parameter used in reliability electrical power system is SAIFI and SAIDI. Determine the value of SAIFI and SAIDI can be calculated from the outage time and the failure rate occurred in one year. Reliability can be concluded better if SAIFI and SAIDI smaller. This research aims to determine the optimal placement of location recloser on the electrical network in feeder PDP 04 Pudak Payung substation. The method used for the placement of location recloser is Particle Swarm Optimization (PSO) using Matlab Software R2013b. From simulation result, it can be concluded that the reliability value before and after placement recloser changed. SAIFI and SAIDI before placement recloser is 0,58453 times/years and 2,7428 hours/years. Optimal placement location for 1 recloser is at a location 11 with a value of SAIFI and SAIDI is 0,28833 times/years and 1,1728 hours/years. While for 2 reclosers is at a location 6 and 18 with a value of SAIFI and SAIDI is 0,1878 times/years and 0,75239 hours/years.

Keywords: reliability, SAIFI, SAIDI, recloser, particle swarm optimization

1. Pendahuluan

Sistem distribusi merupakan bagian terpenting dalam penyaluran energi listrik karena langsung terhubung dengan beban [1]. Oleh karena itu, sistem distribusi dituntut untuk selalu mempunyai nilai keandalan yang baik. Tingkat keandalan dalam sistem distribusi biasanya dipengaruhi oleh kondisi alam dan hewan di sekitar saluran. Selain itu, keandalan juga dapat dilihat dari

lamanya pemadaman dan seberapa sering pemadaman itu terjadi. [2]

Salah satu tujuan terpenting dari perusahaan distribusi adalah meningkatkan keandalannya. Menggunakan *automatic device (recloser and auto sectionalizer)* dapat mengurangi jumlah beban padam selama gangguan dan waktu perbaikan. Pendapat ini dikemukakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Sh.abdi, K.Afshar,

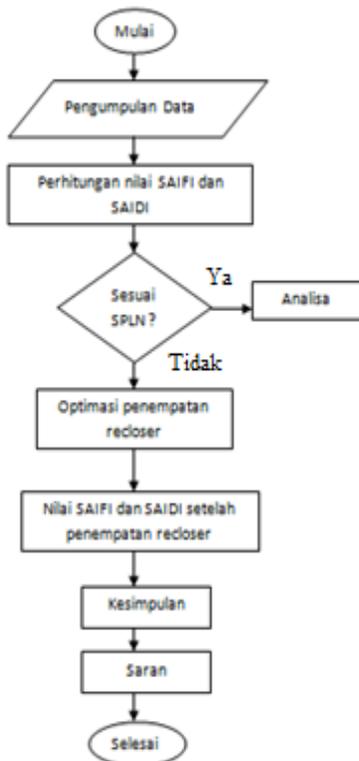
S.Ahmadi, N.Bigdeli, dan M.Abdi dengan judul “*Optimal recloser and autosectionalizer allocation in distribution network using IPSO-Monte Carlo approach*”[3].

Nilai SAIDI (*System Average Interruption Duration Indeks*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) merupakan parameter penting yang digunakan untuk menunjukkan besarnya kegagalan atau pemadaman yang mengakibatkan pelanggan tidak mendapatkan layanan listrik. Pendapat ini dikemukakan dalam penelitian yang dilakukan oleh A.Pregelj, M.Begovic, A.Rohatgi, and D.Novosel, “*On Optimization of Reliability of Distributed Generation-Enhanced Feeders*”[4].

Penelitian ini juga merujuk pada rencana PT.PLN (Persero) Area Semarang yang sedang merencanakan pemasangan *recloser* pada penyulang Puduk Payung (PDP) 04 yang rencananya akan dipasang pada tahun 2016. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan menentukan lokasi penempatan *recloser*, akan tetapi menggunakan metode yang berbeda dari penelitian sebelumnya [5]. Simulasi penempatan *recloser* pada penelitian ini menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* dengan bantuan software Matlab R2013b.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Langkah Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI jaringan distribusi listrik yang berbentuk radial murni dan menentukan penempatan *recloser* menggunakan metode *particle swarm optimization* pada penyulang PDP 04 guna mendapatkan keandalan suatu jaringan yang optimal. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.

2.2. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. PLN (Persero) APJ Semarang dan PT. PLN (Persero) UPJ Semarang Selatan. Data-data tersebut meliputi data *single line diagram* Gardu Induk Puduk Payung Penyulang PDP 04, data-data mengenai panjang saluran, rekap data pemadaman pada tahun 2015, kapasitas trafo distribusi, data pembebanan, dan beban masing-masing trafo distribusi.

2.2. Pengolahan data (Perhitungan Indeks Keandalan Sebelum dan Setelah Penempatan Recloser)

Setelah data-data yang diperlukan sudah lengkap, dilakukan perhitungan indeks keandalan, tegangan jatuh, maupun pembebanan penyulang. Perhitungan parameter-parameter tersebut dilakukan dengan menggunakan data-data primer maupun data sekunder, serta dengan batasan-batasan tertentu dalam proses pengolahannya. Kemudian dilakukan perhitungan dalam kondisi riil 2015 dan kondisi awal sebelum penempatan *recloser*. Dari hasil perhitungan kondisi riil tersebut, maka dapat dilakukan perbandingan terhadap standar PLN. Apabila hasil perhitungan kondisi riil tidak sesuai dengan standar SPLN, maka perlu dilakukan upaya perbaikan / dengan penempatan *recloser*.

2.3. Optimisasi Penempatan Recloser dengan Metode PSO

Dalam hal ini dapat dilakukan dengan memasukan parameter-parameter dari PSO sehingga dapat dilakukan optimasi. Parameter yang dimasukan berupa iterasi, jumlah *swarm*, C1, C2 dan *inertia weight*. Setelah dilakukan optimasi maka akan didapatkan nilai SAIFI dan SAIDI yang baru dengan lokasi penempatan *recloser*. Langkah selanjutnya melengkapi analisa dengan kesimpulan dan saran-saran.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Kondisi Sebelum Penempatan Recloser

Pada kondisi sebelum penempatan *recloser* akan dihitung berdasarkan data riil pemadaman dilapangan, Matlab dan ETAP. Kemudian dilakukan perbandingan nilai indeks keandalan tersebut.

3.1.1. Analisis Keandalan Kondisi Riil 2015

Perhitungan SAIFI dan SAIDI menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \tag{1}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N} \tag{2}$$

Dimana :

- λ_i = laju kegagalan (kali/tahun)
- U_i = lama pemadaman rata-rata (jam/tahun)
- N_i = jumlah pelanggan padam
- N = jumlah pelanggan total

Dengan persamaan diatas dapat dihitung indeks keandalan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil perhitungan indeks keandalan kondisi riil tahun 2015

Penyulang	indeks (lambda)	Ui (menit)	Ni	N	SAIFI	SAIDI
PDP 04	4	156	7271	7271	4	2,6

Dari tabel diatas terlihat bahwa nilai saifi pada penyulang PDP 04 tidak memenuhi standar, akan tetapi nilai saidi telah memenuhi standar. Standar yang dipakai yaitu SPLN 68-2 tahun 1986 yang menyebutkan bahwa standar saifi adalah 3,2 kali/tahun, sedangkan saidi sebesar 20 jam/tahun. Sehingga dalam hal ini diperlukan keandalan yang sangat tinggi. Sehingga perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan keandalan tersebut. Yaitu dengan dilakukannya penambahan recloser pada penyulang PDP 04 untuk meningkatkan nilai keandalan.

3.1.2. Perhitungan Kondisi Awal dengan Matlab

Indeks keandalan yang dihitung adalah indeks-indeks titik beban (*load point*) dan indeks-indeks sistem baik secara *section* maupun keseluruhan. Indeks *load point* antara lain:

- a. Frekuensi gangguan (*failure rate*) untuk setiap *load point* λ_{LP} , merupakan penjumlahan laju kegagalan semua peralatan yang berpengaruh terhadap *load point*, dengan persamaan:

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \tag{3}$$

Dimana :

- λ_i = laju kegagalan untuk peralatan K (failure)
- K = semua peralatan yang berpengaruh terhadap *Load Point*

- b. Lama gangguan tahunan rata-rata untuk *load point*

U_{LP} , dengan persamaan :

$$U_{LP} = \sum_{i=K} U_i = \sum_{i=K} \lambda_i x MTTR \tag{4}$$

Dimana :

MTTR = waktu perbaikan (jam)

Berdasarkan indeks-indeks *load point* ini, diperoleh sejumlah indeks keandalan untuk mengetahui indeks keandalan sistem secara keseluruhan yang dapat dievaluasi dan bisa didapatkan dengan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah frekuensi dan lama pemadaman rata-rata tahunan.

Daya Tersambung

Prakiraan Daya Tersambung total ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$VA_R = Pe_{LR} \times V_R \tag{7}$$

Dimana :

VART : Daya Tersambung rumah tangga pada tahun ke t.

VR : Daya Tersambung per pelanggan rumah tangga

Dengan metode perhitungan tersebut, diperoleh hasil perhitungan kondisi eksisting pada *software* Matlab sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan indeks keandalan kondisi awal dengan Matlab

No	Penyulang	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	PDP 04	0,58401	2,7415

Pada hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang PDP 04 sebesar 0,58401kali/tahun dan 2,7415 jam/tahun. Nilai SAIDI tidak sesuai indeks keandalan berdasarkan IEEE Std. 1366-2000 [2] , sedangkan nilai SAIFI telah sesuai.

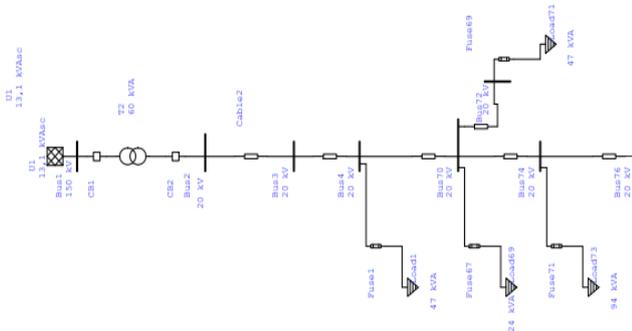
Tabel 3. Nilai Indeks Keandalan

	SAIFI, No. of Interruptions/Year			SAIDI, h of Interruption/Year		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%
IEEE Std. 1366-2000	0.90	1.10	1.45	0.89	1.50	2.30
EEl (1999) [excludes storms]	0.92	1.32	1.71	1.16	1.74	2.23
EEl (1999) [with storms]	1.11	1.33	2.15	1.36	3.00	4.38
CEA (2001) [with storms]	1.03	1.95	3.16	0.73	2.26	3.28
PA Consulting (2001) [with storms]				1.55	3.05	8.35
IP&L Large City Comparison (Indianapolis Power & Light, 2000)	0.72	0.95	1.15	1.02	1.64	2.41

Note: 25%, 50%, and 75% represent the lower quartile, the median, and the upper quartile of utilities surveyed.

3.1.3. Perhitungan Kondisi Awal dengan ETAP

Perhitungan dengan menggunakan ETAP sama dengan perhitungan dengan menggunakan Matlab, yaitu dengan menghitung nilai SAIFI dan SAIDI tiap titik beban.



Gambar 2. Penyulang PDP 04

Tabel 4. Hasil perhitungan indeks keandalan kondisi awal dengan ETAP

No	Penyulang	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	PDP 04	0,58401	2,7415

Pada hasil simulasi dengan ETAP pada Tabel 4. dapat dilihat bahwa nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang PDP 04 sebesar 0,5801 kali/tahun dan 2,7415 jam/tahun.

3.1.4. Perbandingan Kondisi Riil dengan Matlab

Setelah dilakukan perhitungan keandalan pada kondisi riil dan Matlab, maka perbandingan dari nilai SAIFI dan SAIDI dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan kondisi Riil dan Matlab

No	Kondisi	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	Riil	4	2,6
2	Matlab	0,58401	2,7415

Berdasarkan Tabel 5. terdapat perbedaan antara kondisi riil dan perhitungan matlab. Hal ini dikarenakan nilai λ dan r yang digunakan berbeda. Pada kondisi riil juga memperhatikan sisi keadaan sekitar seperti pohon, hewan dan lain-lain. Sehingga mempunyai nilai yang berbeda.

3.1.5. Perbandingan Matlab dengan ETAP

Tabel 6. Perbandingan Matlab dengan ETAP

INDEKS	Matlab	ETAP	Error (%)
SAIFI (kali/tahun)	0,58407	0,5823	0,303
SAIDI (jam/tahun)	2,7415	2,7443	0,102

Perbandingan pada Tabel 6. diatas dapat dilihat adanya perbedaan antara perhitungan dengan menggunakan Matlab dan perhitungan dengan menggunakan ETAP. Perbedaan ini terjadi dikarenakan oleh pembulatan angka pada perhitungan jumlah pelanggan. Pada perhitungan manual pada software matlab menggunakan jumlah pelanggan yang sudah dibulatkan angkanya, karena tidak mungkin jumlah pelanggan itu merupakan bilangan desimal. Maka diperoleh hasil perhitungan akhir akan sedikit berbeda dengan perhitungan pada ETAP.

3.2. Optimisasi Penempatan Recloser dengan PSO

Melalui pengujian ini dimaksudkan akan mendapat nilai SAIFI dan SAIDI yang minimum untuk meningkatkan keandalan suatu sistem tenaga listrik. Dalam pengujian ini batas-batas parameter sistem disesuaikan dengan PLN [4]. Sedangkan untuk parameter PSO yang digunakan adalah Max Iterasi = 45, Jumlah Partikel = 30, C1 = 2, C2 = 2, $\theta_{min} = 0,4$ dan $\theta_{max} = 0,9$. Berikut nilai parameter sistem yang digunakan untuk optimisasi penempatan recloser pada penyulang PDP 04.

Tabel 7. Parameter Sistem

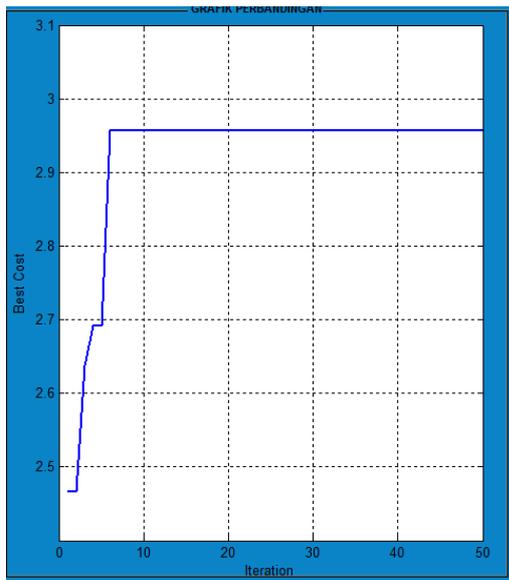
No.	Parameter	Nilai
1	Lamda SKUTM	0,07
2	MTTR SKUTM	10
3	Lamda SUTM	0,2
4	MTTR SUTM	3
5	Lamda PMT	0,004
6	MTTR PMT	10
7	Lamda TRAF0	0,005
8	MTTR TRAF0	10
9	Lamda RECL0SER	0,005
10	MTTR RECL0SER	10
11	Lamda FCO	0,003
12	MTTR FCO	0,25

Fungsi Fitness yang digunakan dalam proses optimisasi adalah sebagai berikut :

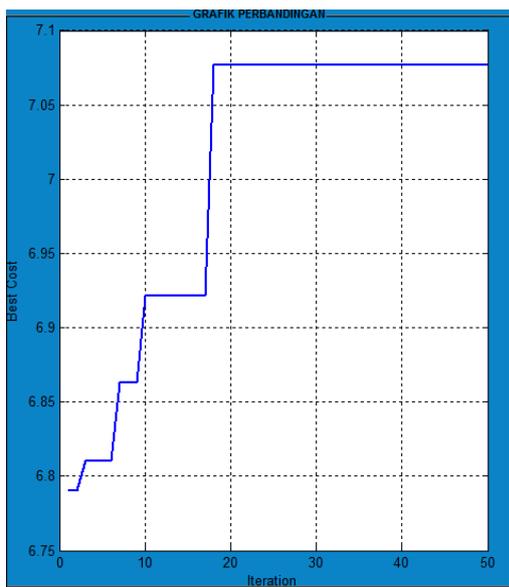
$$f(x) = \frac{1}{SAIFI.SAIDI} \quad (8)$$

Selama proses optimisasi berlangsung maka akan muncul grafik nilai fungsi tujuan dan grafik SAIFI serta SAIDI. Berdasarkan Gambar 2. dapat dilihat bahwa sistem mencapai konvergen sebelum iterasi maksimum (max iterasi = 45) . Besarnya jumlah iterasi yang diperlukan dalam pengujian dapat bervariasi dikarenakan sistem optimisasi menggunakan *particle swarm optimization* yang membangkitkan bilangan random.

Optimisasi ini dilakukan dengan memilih jumlah recloser. Jumlah recloser yang digunakan pada optimisasi ini adalah 1-2 buah recloser. Hal ini dikarenakan panjang jaringan pada PDP 04 7,56 kms.



Gambar 3. Grafik nilai fungsi tujuan (1 recloser)



Gambar 4. Grafik nilai fungsi tujuan (2 recloser)

Tabel 8. Hasil Optimisasi

No	Jumlah Recloser	Saifi (Kali/Tahun)	Saidi (Jam/Tahun)	Fitness	Lokasi
1	1	0,28823	1,1728	2,958	11
2	2	0,1878	0,75239	7,0771	6,18

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 8. yang optimal adalah pada lokasi 11 untuk 1 *recloser*, sedangkan untuk pemasangan 2 *recloser* berada pada lokasi 6 dan 18.

Hal ini telah sesuai dengan teori, yaitu bahwa salah satu kegunaan *recloser* adalah untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik. Suatu sistem akan handal ketika nilai SAIFI dan SAIDI nya kecil. Dapat dibuktikan bahwa nilai SAIFI dan SAIDI sebelum pemasangan *recloser* adalah sebesar 0,58401 kali/tahun dan 2,7415 jam/tahun.

4. Penutup

Dari pembahasan tugas akhir ini yaitu mengenai penempatan *recloser* pada penyulang PDP 04, dapat disimpulkan bahwa penempatan 1 buah *recloser* yang optimal terletak pada lokasi 11 dengan nilai SAIDI sebesar 1,1728 jam/tahun dan nilai SAIFI sebesar 0,28823 kali/tahun. Sedangkan untuk penempatan 2 *recloser* terletak pada lokasi 6 dan 18 dengan nilai SAIDI sebesar 0,75239 jam/tahun dan nilai SAIFI sebesar 0,1878 kali/tahun. Hal ini telah sesuai dengan teori dari fungsi *recloser*, yaitu meminimalisir nilai SAIFI dan SAIDI. Nilai SAIFI dan SAIDI sebelum penempatan *recloser* adalah 0,58407 kali/tahun dan 2,7415 jam/tahun

Referensi

- [1]. Brown, *Electric Power Distribution Reliability*, MARCEL DEKKER INC, New York, 2002
- [2]. Short, Tom, *Electric Power Distribution Handbook*, Florida, 2004
- [3]. K.Afshar, S.Ahmadi, N.Bigdeli, dan M.Abdi, "Optimal recloser and auto-sectionalizer allocation in distribution network using IPSO-Monte Carlo approach" *Electric Power systems Research*
- [4]. A.Pregelj, M.Begovic, A.Rohatgi, and D.Novosel, "On Optimization of Reliability of Distributed Generation-Enhanced Feeders", *Proceedings of the 36th HICSS*, 2002.
- [5]. Sumarno, Radiktyo Nindyo. 2010. "Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik Dengan Algoritma Genetika". *Teknik Elektro Universitas Diponegoro*
- [6]. SPLN No.68-2 : 1986, "Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian dua: Sistem Distribusi", *Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta*,(1985)
- [7]. Xie K, Zhoe J, dan Billinton R., "Fast algorithm for the reliability evaluation of large scale electrical distribution network using the section technique", *IET Gener. Transm. Distrib.*, Vol 2, No.5, (2008) 701-707
- [8]. Sukerayasa, *Evaluasi Keandalan Penyulang Konfigurasi Radial dan Spindel*, *Teknologi Elektro* Vol.6 No.3, 2007.