

OPTIMISASI PENEMPATAN *RECLOSER* PADA SISTEM DISTRIBUSI JARINGAN RADIAL PENYULANG PDP-03 MENGGUNAKAN *ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO)*

Abraham Bayu D^{*}), Susatyo Handoko, and Bambang Winardi

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

^{*}E-mail: abrahambayu01@gmail.com

Abstrak

Semakin meningkatnya kebutuhan tenaga listrik menuntut sistem distribusi tenaga listrik mempunyai tingkat keandalan yang baik. Untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik, PT. PLN Area Semarang banyak menggunakan penutup balik otomatis (*recloser*) pada jaringan listriknya. Saat ini, 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 PDP 03 GI Puduk Payung. Metode yang digunakan untuk penempatan lokasi *recloser* adalah *Ant Colony Optimization (ACO)* dengan menggunakan bantuan *Software Matlab R2014a*. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa nilai keandalan sebelum dan setelah penempatan *recloser* berubah. SAIFI dan SAIDI sebelum penempatan *recloser* 1,0172 kali/tahun dan 2,5435 jam/tahun. Lokasi penempatan yang optimal untuk 1 *recloser* berada pada lokasi 4 dengan nilai SAIFI dan SAIDI adalah 0,3361 kali/tahun dan 1,0456 jam/tahun. Sedangkan untuk 2 *recloser* berada pada lokasi 2 dan 7 dengan nilai SAIFI dan SAIDI adalah 0,26755 kali/tahun dan 0,86069 jam/tahun.

Kata kunci: keandalan, SAIFI, SAIDI, recloser, ant colony optimization

Abstract

The increasing demand for electricity demanded the power distribution system has a good reliability. To improve the reliability of electric power systems, PT. PLN Area Semarang use Recloser the electricity network. Nowadays, the determination of recloser position is very important in reliability of electrical power system. Reliability index used are SAIFI and SAIDI. 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 recloser location on the electrical network in feeder PDP 03 Puduk Payung substation. The method used for the recloser location placement is *Ant Colony Optimization (ACO)* using *Matlab Software R2014a*. From simulation result, it can be concluded that the reliability value before and after placement recloser changed. SAIFI and SAIDI before recloser placement is 1.0172 times/year dan 2.5435 hours/year. Optimal placement location for 1 recloser is at a location 4 with a value of SAIFI and SAIDI is 0.3361 times/year and 1.0456 hours/year. While for 2 reclosers is at a location 2 and 7 with a value of SAIFI and SAIDI is 0.26755 times/year and 0.86069 hours/year.

Keywords: reliability, SAIFI, SAIDI, recloser, ant colony optimization

1. Pendahuluan

Keandalan sistem adalah peluang suatu komponen atau sistem dalam memenuhi fungsi yang dibutuhkan dalam periode tertentu. Peningkatan kebutuhan tenaga listrik menuntut sistem distribusi tenaga listrik yang mempunyai tingkat keandalan yang baik. Pada sistem distribusi, kualitas keandalan dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan seberapa sering pemadaman terjadi dalam satu satuan

waktu, misalkan dalam satu tahun. Dengan tingkat keandalan yang sesuai dengan standar, masyarakat pengguna dapat menikmati energi listrik secara berkelanjutan [1].

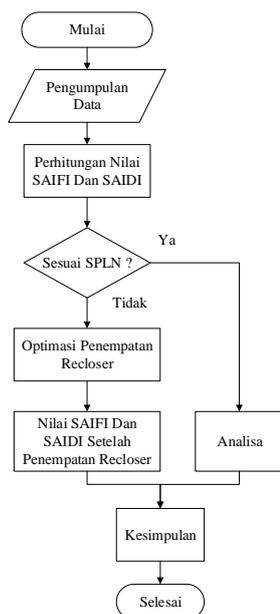
Tingkat keandalan jaringan distribusi pada umumnya diukur oleh dua parameter, yaitu : *Standard Average Interruption Duration Index (SAIDI)* dan *Standard Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*. Semakin tinggi angka *SAIDI* dan *SAIFI* menunjukkan semakin rendahnya

tingkat keandalan dan tingkat pelayanan ke pelanggan. Salah satu metode untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi berdasarkan indeks keandalan adalah dengan menambahkan *sectionalizer* atau *recloser*.

Fungsi recloser adalah sebagai alat untuk memperkecil daerah jaringan listrik yang terkena gangguan. Pemasangan recloser selama ini hanya berdasarkan jarak aman antara suatu recloser dengan komponen pemutus lainnya dan belum mempertimbangkan banyak pelanggan di daerah yang dilindungi. Berdasar penelitian lainnya, untuk kasus penempatan *recloser* banyak menggunakan metode linier seperti *Simplex* dan non linier seperti GA [2], PSO [3] & *Simulated Annealing* [4]. Optimisasi penempatan *recloser* pada makalah ini dilakukan dengan menggunakan *Ant Colony Optimization (ACO)*. ACO digunakan untuk beberapa masalah kombinatorial & persoalan yang kompleks dimana terdapat banyak variabel. *Ant Colony* termasuk dalam sekelompok *Swarm Intelligence*, yang merupakan salah satu pengembangan paradigma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi [5]. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan ACO, walaupun tidak optimal namun mendekati optimal. *Ant-based techniques* pertama kali digunakan oleh *Dorigo et al. [1996]*, dengan menggunakan ACO untuk menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* [6]. Target dari metode ini adalah menemukan solusi bagus yang bisa diterima, bukan untuk mencari solusi yang terbaik. Simulasi penempatan *recloser* pada penelitian ini menggunakan metode *Ant Colony Optimization* dengan bantuan *software* Matlab R2014a untuk memecahkan solusi yang optimal.

2. Metode

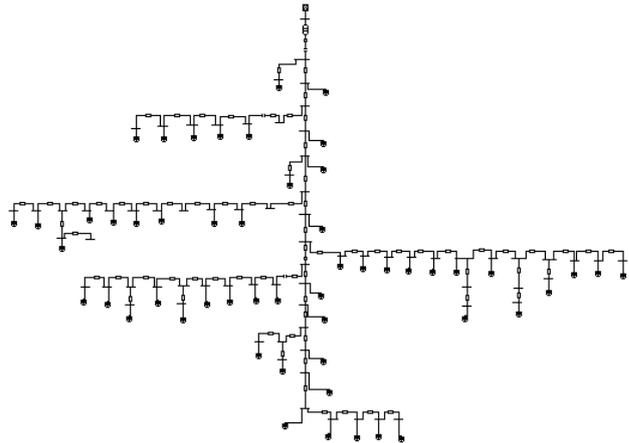
2.1. Langkah Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Langkah Penelitian

2.2. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. PLN (Persero) Area Semarang dan PT. PLN (Persero) UPJ Semarang Selatan. Data-data tersebut meliputi data *single line diagram* Gardu Induk Pudak Payung Penyulang PDP-03, data-data mengenai panjang saluran, rekap data pemadaman pada tahun 2015, kapasitas trafo distribusi, data pembebanan, dan beban masing-masing trafo distribusi.



Gambar 2. Jaringan penyulang PDP-03

2.3. 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 *real* 2015.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \quad (1)$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N} \quad (2)$$

Dimana :

λ_i = laju kegagalan (kali/tahun)

U_i = lama pemadaman rata-rata (jam/tahun)

N_i = jumlah pelanggan padam

N = jumlah pelanggan total

Kemudian dilakukan perhitungan kondisi awal sebelum penempatan recloser. Untuk perhitungan frekuensi gangguan :

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \quad (3)$$

Dimana :

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

Untuk perhitungan lama gangguan :

$$U_{LP} = \sum_{i=K} U_i = \sum_{i=K} \lambda_i x MTTR \quad (4)$$

Dimana :

MTTR = waktu perbaikan (jam)

Dari hasil perhitungan kondisi *real* tersebut, maka dapat dilakukan perbandingan terhadap standar PLN. Apabila hasil perhitungan kondisi *real* tidak sesuai dengan standar SPLN, maka perlu dilakukan upaya perbaikan / dengan penempatan recloser.

2.4. Optimisasi Penempatan Recloser dengan Metode ACO

Dalam hal ini dapat dilakukan dengan memasukan parameter-parameter dari ACO sehingga dapat dilakukan optimasi. Parameter yang dimasukan berupa iterasi, jumlah semut, Alpha, dan Rho. Fungsi tujuan yang digunakan dalam proses optimasi adalah sebagai berikut :

$$f(\min) = SAIDI \times SAIFI \quad (5)$$

Parameter jumlah semut yang digunakan adalah 5 karena pada titik beban yang digunakan pada sistem berjumlah 15, sehingga pengacakan akan berlangsung baik. Sedangkan parameter Alpha didapatkan berdasarkan buku referensi, pada pengujian di set 1 dan parameter Rho ditentukan nilainya 0,1 agar memungkinkan didapatkannya posisi penempatan recloser yang lebih optimal. Optimasi ini dilakukan dengan memilih jumlah *recloser*. Jumlah *recloser* yang digunakan pada optimasi ini adalah 1-2 buah *recloser*.

Setelah dilakukan optimasi maka akan didapatkan nilai SAIFI dan SAIDI yang baru dengan lokasi penempatan recloser. Langkah selanjutnya melengkapi analisis dengan kesimpulan dan saran-saran.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Kondisi Sebelum Penempatan Recloser

Pada konsisi sebelum penempatan *recloser* akan dihitung berdasarkan data *real* pemadaman di lapangan, dengan Matlab dan ETAP. Kemudian dilakukan perbandingan nilai indeks keandalan tersebut.

3.1.1. Analisis Keandalan Kondisi Real 2015

Dari perhitngan indeks keandalan didapat hasil pada tabel 1, sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil perhitungan indeks keandalan kondisi *real* tahun 2015

Penyulang	indeks (lambda)	Ui (menit)	Ni	N	SAIFI	SAIDI
PDP-03	6	558	9028	2325	3,88	7,03

Berdasarkan SPLN 68-2 tahun 1986 yang menyebutkan bahwa standar SAIFI adalah 3,2 kali/tahun, sedangkan SAIDI sebesar 21 jam/tahun [7]. Dari tabel 1 terlihat bahwa nilai SAIFI pada penyulang PDP 03 adalah 6 kali/tahun, sehingga tidak memenuhi standar, akan tetapi nilai SAIDI adalah 9,21 jam/tahun, hal ini telah memenuhi standar SPLN 68. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan keandalan tersebut, yaitu dengan dilakukannya penambahan recloser pada penyulang PDP 03 untuk meningkatkan nilai keandalan.

3.1.2. Perhitungan Kondisi Awal dengan Matlab

Dari perhitungan indeks keandalan dengan matlab didapat hasil pada tabel 2, sebagai berikut :

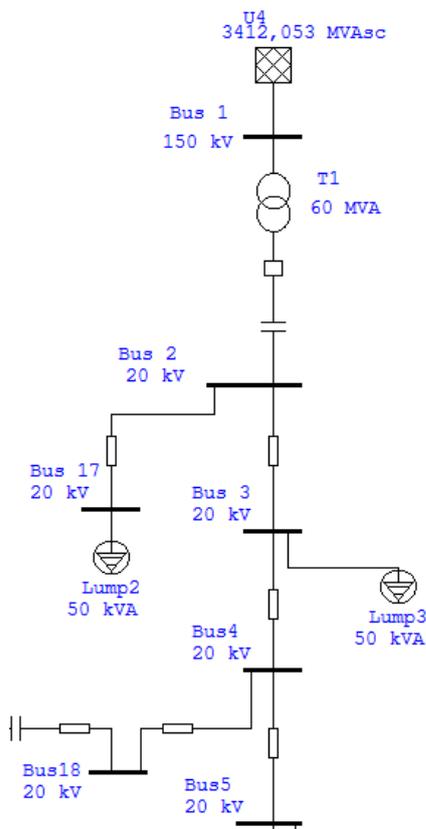
Tabel 2. Hasil perhitungan indeks keandalan kondisi awal dengan Matlab

No	Penyulang	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	PDP-03	1,0172	2,5435

Berdasarkan IEEE Std. 1366-2000 [8] yang menyebutkan bahwa standard SAIFI adalah 1,45 kali/tahun, sedangkan SAIDI sebesar 2,30 jam/tahun. Pada hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang PDP 03 sebesar 1,0172 kali/tahun dan 2,5435 jam/tahun. Nilai SAIDI tidak sesuai indeks keandalan, sedangkan nilai SAIFI telah sesuai dengan IEEE Std. 1366-2000.

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. Pada single line diagram penyulang PDP-03 menggunakan 72 titik beban. Dengan 16 titik beban di main feeder, dan sisanya sebagai titik cabang beban.



Gambar 3. Penyulang PDP 03

Tabel 3. Hasil perhitungan indeks keandalan kondisi awal dengan ETAP

No	Penyulang	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	PDP-03	1,0183	2,5466

Pada hasil simulasi dengan ETAP pada Tabel 3. dapat dilihat bahwa nilai SAIFI dan SAIDI pada penyulang PDP 03 sebesar 1,0183 kali/tahun dan 2,5466 jam/tahun.

3.1.4. Perbandingan Kondisi *Real* dengan Matlab

Setelah dilakukan perhitungan keandalan pada kondisi *real* dan Matlab, maka perbandingan dari nilai SAIFI dan SAIDI dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan kondisi *real* dan matlab

No	Kondisi	SAIFI (kali/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	<i>Real</i>	3,88	7,03
2	Matlab	1,0172	2,5435

Berdasarkan Tabel 4. terdapat perbedaan antara kondisi *real* dan perhitungan matlab. Hal ini dikarenakan saat perhitungan matlab menggunakan nilai λ dan r , sedangkan pada saat kondisi *real* memperhatikan sisi keadaan sekitar seperti pohon, hewan dan lain-lain. Sehingga mempunyai nilai yang berbeda.

3.1.5. Perbandingan ETAP dengan Matlab

Tabel 5. Perbandingan ETAP dengan Matlab

INDEKS	ETAP	Matlab	Error (%)
SAIFI (kali/tahun)	1,018	1,017	0,108
SAIDI (jam/tahun)	2,546	2,543	0,121

Pada Tabel 5 dapat dilihat adanya perbedaan antara perhitungan dengan menggunakan Matlab dan perhitungan dengan menggunakan ETAP. Perbedaan ini terjadi dikarenakan pembulatan angka pada perhitungan jumlah pelanggan pada software matlab, karena tidak mungkin jumlah pelanggan itu merupakan bilangan desimal. Maka diperoleh hasil perhitungan akhir akan sedikit berbeda dengan perhitungan pada ETAP.

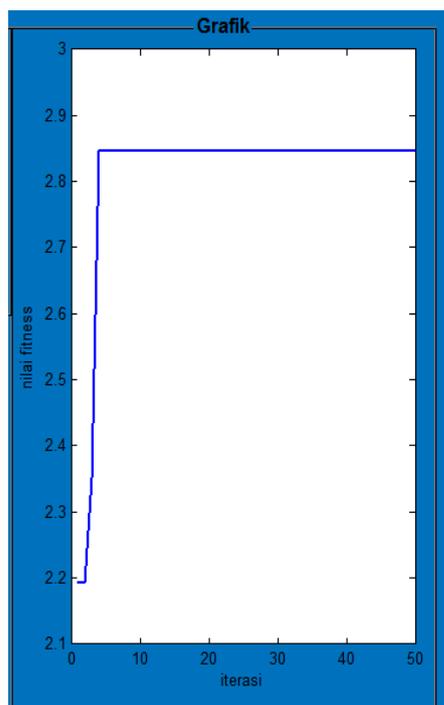
3.2. Optimisasi Penempatan *Recloser* dengan ACO

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 SPLN [9]. Sedangkan untuk parameter ACO yang digunakan adalah Iterasi Maksimum = 50, Jumlah Semut = 5, Alpha = 1, Rho = 0,1. Berikut nilai parameter sistem yang digunakan untuk optimisasi penempatan *recloser* pada penyulang PDP 03.

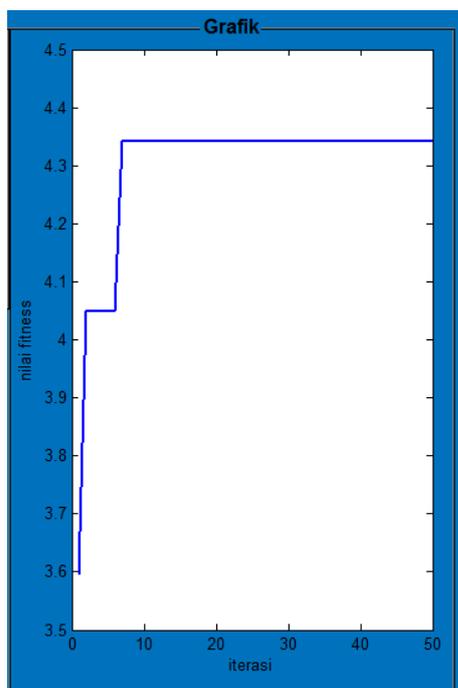
Tabel 6. Parameter Sistem

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 Trafo	0,005
8	MTTR Trafo	10
9	Lamda Recloser	0,005
10	MTTR Recloser	10
11	Lamda FCO	0,003
12	MTTR FCO	0,25

Selama proses optimisasi berlangsung maka akan muncul grafik nilai fungsi tujuan. Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada iterasi ke 4 hingga iterasi ke 50 nilai fitness sudah menghasilkan nilai yang tidak berubah. Besarnya jumlah iterasi dan kondisi letak *recloser* yang diperlukan dalam pengujian dapat bervariasi dikarenakan sistem optimisasi menggunakan *ant colony optimization* yang membangkitkan bilangan random.



Gambar 4. Grafik nilai fungsi tujuan (1 recloser) pada bus 4



Gambar 5. Grafik nilai fungsi tujuan (2 recloser) pada bus 2 & 7

Tabel 7. Hasil Optimisasi

No	Jumlah Recloser	SAIFI (Kali/tahun)	SAIDI (Jam/tahun)	Fitness	Lokasi
1	1	0,3361	1,0456	2,8456	4
2	2	0,2675	0,8606	4,3426	2,7

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 7 yang optimal adalah pada lokasi 4 untuk 1 *recloser*, sedangkan untuk pemasangan 2 *recloser* berada pada lokasi 2 dan 7. Dapat dilihat bahwa setelah dilakukan optimisasi nilai SAIFI dan SAIDI mengecil.

4. Kesimpulan

Dari Penelitian ini didapat nilai SAIDI dan SAIFI sebelum penempatan *recloser* pada penyulang PDP03 adalah 2,5435 kali/tahun dan 1,0172 jam/tahun. Setelah dilakukan optimisasi didapat hasil optimal dengan nilai SAIDI sebesar 1,0456 jam/tahun dan nilai SAIFI sebesar 0,3361 kali/tahun pada penempatan 1 buah *recloser* yang terletak pada lokasi 4. Sedangkan untuk penempatan 2 *recloser* yang terletak pada lokasi 2 dan 7 didapat nilai SAIDI sebesar 0,8606 jam/tahun dan nilai SAIFI sebesar 0,2675 kali/tahun.

Referensi

- [1]. Brown, *Electric Power Distribution Reliability*, MARCEL DEKKER INC, New York, 2002.
- [2]. Nindyo, Radiktyo. 2010. “Optimasi Penempatan Recloser terhadap keandalan system tenaga listrik dengan Algoritma Genetika”. Laporan Tugas Akhir Strata 1 jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [3]. Wijayanti, Dewi. 2016. “Optimisasi Penempatan Recloser Untuk Meminimalisir Nilai SAIFI dan SAIDI Pada Penyulang PDP 04 Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO)”. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [4]. Dhanara, A.R. 2017. “Optimisasi Penempatan Recloser Pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang SRL-06 menggunakan Simulated Annealing Method”. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [5]. Santosa, Budi dan Paul Willy. 2011. “Metoda Metaheuristik Konsep dan Implementasi”. Surabaya:Guna Widya.
- [6]. M. Dorigo and T. Stützle, *Ant Colony Optimization*. Cambridge: The MIT Press, 2004.
- [7]. SPLN 68-2 : 1986 Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian 2 : Sistem Distribusi.
- [8]. Short, Tom, *Electric Power Distribution Handbook*, Florida, 2004
- [9]. SPLN 59:1985 Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 60 kV.