https://jurnaleeccis.ub.ac.id/ *Jurnal EECCIS Vol. 13, No. 2, Agustus 2019*
p-ISSN : 1978-3345, e-ISSN(Online): 2460-8122 *pp 78-83*

Peningkatan Keandalan Sistem Distribusi dengan Relokasi Penempatan *Fuse-Recloser* Optimal karena Injeksi Pembangkit Tersebar

Moch Fahrulrozi[1)], Hadi Suyono [2)], Abraham Lomi[3)]
[1,2,3]Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
Email: mochfahrulrozi90@gmail.com, hadis@ub.ac.id, abraham@lecturer.itn.ac.id
[2)]Corresponding Author

Abstract— **The system which closest to the customer in the power system is the distribution system. The protection systems are used to localize and isolate the faulted areas, and therefore number of outage customer affected will reduce and the reliability of distribution systems will also increase. Fuse-recloser equipment is a device commonly used to improve the reliability of a distribution system that allows the system to reclose after it is open due to a system disturbance. Besides that, the reliability of the system will also increase with the injection of distributed generation in the distribution system. However, the use of these fuse-recloser is necessary to be evaluated in the presence of the injection of the distributed generation in the distribution system. The optimal solution for the relocation of the fuse-reclosers used is the Particle Swarm Optimization (PSO) method. Based on the analysis carried out, with injection of the distributed generation, system reliability increased by 0.014% with SAIFI of 2.4073 times/year and SAIDI by 104.9991 hours/ year compared to the existing condition.**

Index Terms*- Fuse-recloser, Reliability, Distributed Generation, *Particle Swarm Optimization

***Abstrak*- Bagian dari sistem energi listrik yang terdekat dengan pelanggan adalah sistem distribusi. Sistem proteksi digunakan untuk melokalisir dan mengisolasi daerah yang terganggu, sehingga dapat mengurangi jumlah pemadaman konsumen yang terimbas pemadaman dan meningkatkan keandalan sistem distribusi. Peralatan *fuse-recloser* adalah devais yang biasa digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi yang mengijinkan sistem untuk menutup kembali setelah terbuka karena adanya gangguan pada sistem. Disamping itu, keandalan sistem juga akan mengalami peningkatan dengan adanya injeksi pembangkit tersebar pada sistem distribusi. Namun demikian, penggunaan *fuse-recloser* ini perlu dilakukan evaluasi dengan adanya injeksi pembangkit tersebar. Solusi optimal relokasi *fuse-recloser* yang digunakan adalah metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Berdasarkan analisis yang dilakukan, dengan injeksi pembangkit tersebar, keandalan sistem meningkat sebesar 0.014% dengan nilai SAIFI sebesar 2,4073 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 104,9991 jam/tahun dibandingkan dengan keadaan eksisting.**

***Kata Kunci – Fuse-recloser*, Keandalan Sistem Distrubusi, Pembangkit Tersebar, Hybrid SEP dan WEP, PSO**

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan suplai tenaga listrik merupakan hal yang sangat vital untuk menunjang kebutuhan hidup manusia. Karena itu suplai tenaga listrik harus dapat ditransmisikan dan didistribusikan dengan memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis. Persyaratan teknis harus memenuhi ketercukupan (*adequacy*) dan keamanan (*security*) yang cukup, sesuai dengan standar keandalan yang diberikan [1]. Untuk meningkatkan keandalan sistem, antara lain, adalah dengan mengatasi gangguan dengan cepat dan mengisolasi daerah gangguan sehingga dampak area yang terkena gangguan minimal. Dalam mengatasi gangguan perlu adanya strategi koordinasi sistem proteksi pada sistem distribusi. Gangguan terbanyak dalam sistem tenaga listrik adalah terdapat pada jaringan sistem distribusi, khususnya pada jaringan tegangan 20 kV [2]. Karena itu, diperlukan adanya strategi untuk mengurangi impak gangguan yang mungkin terjadi tersebut.

Keandalan saluran jaringan distribusi dapat dijaga dengan cara menghindari atau meminimalisasi ganguan-gangguan yang menyebabkan pemadaman listrik. Berbagai upaya yang harus dilakukan adalah dengan memperbaiki kualitas daya yang disalurkan serta peningkatan fleksibilitas dan keandalan sistem [3]. Salah satu cara untuk meningkatkan keandalan sistem adalah dengan penempatan, penambahan, atau relokasi dari peralatan *fuse-recloser* atau *sectionalizer* yang optimal [4][5]. Disamping itu, injeksi pembangkit tersebar (*distributed generation*) berbasis energi baru dan terbarukan pada jaringan sistem distribusi juga memberikan impak yang baik dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi [6]-[8]. Solusi penempatan optimal peralatan keandalan dapat diselesaikan dengan metode berbasis kecerdasan buatan (*artificial intelligent*) [9]. Pada penelitian [14] perlu adanya analisis yang mempertimbangkan fungsi *recloser* mengatasi gangguan sementara.

Makalah ini mendiskusikan dan mengusulkan penempataan peralatan keandalan sistem tenaga listrik dalam hal ini *fuse-recloser* yang optimal dengan adanya injeksi hybrid pembangkit listrik tersebar yaitu *Wind Energy Power* (WEP) dan *Solar Energy Power* (SEP). Metode yang digunakan untuk meningkatkan indeks keandalan jaringan sistem distribusi adalah metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan metode *Section Technique* (ST).

Manuscript submitted at May 2019, accepted and published at August 2019

II. KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI

A. *Sistem Tenaga Listrik yang Digunakan*

Untuk menguji performasi metode PSO dan ST yang digunakan dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi digunakan sistem distibusi riil yaitu sistem Penyulang Pujon yang merupakan bagian dari sistem Gardu Induk (GI) Sengkaling, PLN (Persero) APJ Rayon Malang, Indonesia. Berdasarkan penelitian sebelumnya, Sistem Penyulang Pujon mempunya potensi injeksi injeksi hybrid pembangkit listrik tersebar yaitu *Wind Energy Power* (WEP) dan *Solar Energy Power* (SEP) dengan kapasitas daya sebesara 3,3 MVA [10]. Injeksi SEP dan WEP tersebut akan mempengaruhi perubahan dari arah aliran daya, arus *short circuit* yang akan mungkin terjadi, dan perubahan nilai keandalan sistem distribusi secara keseluruhan. Untuk sistem keandalan adanya pembangkit baru tersebut juga akan mengalami perubahan jumlah komponen peralatan yang mempengaruhi laju kegagalan, waktu pemadaman dan total waktu pemulihan yang diperlukan.

GI Sengkaling mempunyai dua sel yang masing-masing dipasang trafo 150/20 kV berkapasitas 30 MVA dan 60 MVA. Penyulang Pujon yang merupakan salah satu penyulang di GI Sengkaling, disuplai dari trafo 150/20 kV dengan kapasitas 30 MVA dengan kapasitas beban terpasang 300 Ampere. Gardu distribusi 20/0,38 kV yang terpasang pada Penyulang Pujon sebanyak 71 unit masing-masing berkapasitas antara 25 kVA hingga 250 kVA. Beban daya terpasang minimum dan maksimum untuk Penyulang Pujon adalah 1390,6 kVA dan 4890,7 kVA.

B. *Laju Kegagalan dan Indek Keandalan*

Laju kegagalan (λ) adalah harga rata-rata dari jumlah kegagalan per satuan watu pada suatu selang waktu pengamatan (T). Laju kegagalan ini dihitung berdasarkan laju kegagalan per tahun pada kompenen listrik yang ada. Untuk selang waktu pengamatan tertentu, laju kegagalan komponen tenaga listrik adalah sebagai berikut:

$$\lambda = {}^{d}/_{T} \quad (1)$$

dengan $\boldsymbol{\lambda}$ adalah laju kegagalan konstan (kegagalan/tahun); d adalah banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tahun; dan T adalah jumlah selang waktu pengamatan (tahun). Nilai laju kegagalan akan berubah sesuai dengan umur dari sistem atau peralatan listrik selama beroperasi.

Untuk menentukan keandalan suatu sistem distribusi, ditunjukkan dengan indeks keandalan [11]. Indeks SAIFI *(System Average Interruption Frequency Index)* dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index)* merupakan parameter yang digunakan untuk menunjukan besarnya kegagalan atau pemadaman yang mengakibatkan pelanggan tidak mendapatkan suplai layanan listrik. Nilai indeks SAIFI dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$SAIFI = \frac{\Sigma NTB \; x \; \lambda TB}{N} \quad (2)$$

dimana N_{TB} adalah jumlah konsumen pada titik beban; N adalah jumlah konsumen pada sistem; dan $\boldsymbol{\lambda}_{TB}$ adalah frekuensi gangguan peralatan pada sistem.

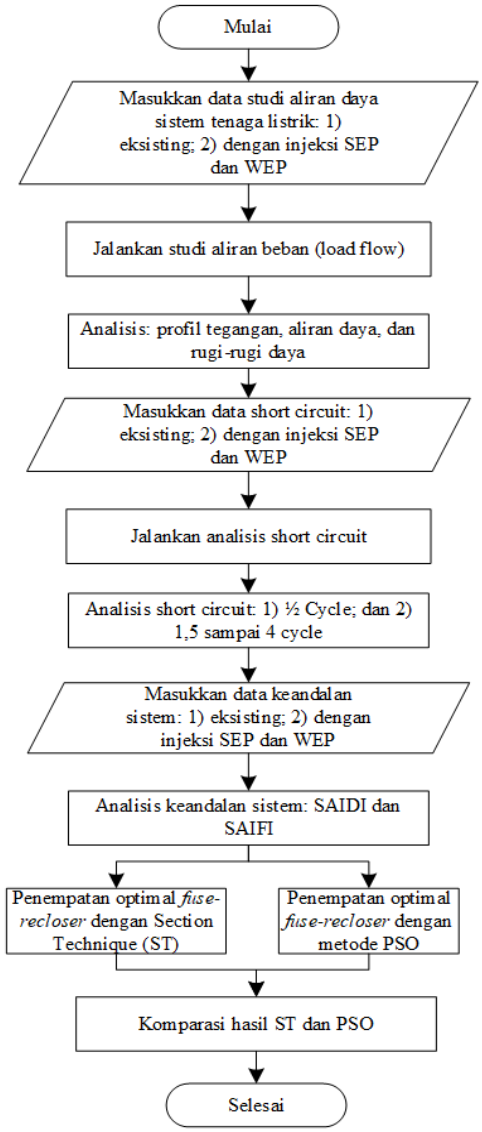
Nilai indeks SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$SAIDI : \frac{\Sigma NTB \; x \; UTB}{N} \quad (3)$$

dengan N_{TB} adalah jumlah konsumen pada titik beban; N adalah jumlah konsumen pada sistem; dan U_{TB} adalah lamanya durasi gangguan.

III. METODE YANG DIGUNAKAN

Fuse-recloser adalah salah satu peralatan yang digunakan untuk memutus dan menghubungkan kembali jaringan yang terkena gangguan dalam rangka meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik. Peralatan tersebut perlu diletakkan secara optimal untuk memastikan nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI berada dalam nilai satandar yang ditetapkan.



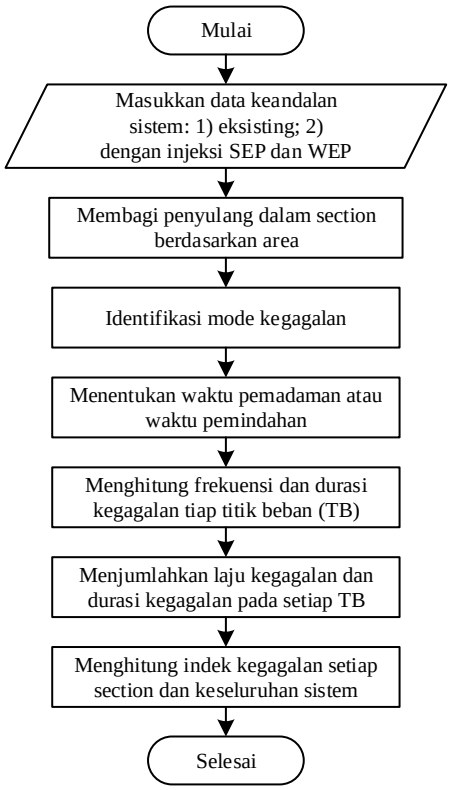
Gambar 1. *Flowchart* metode penelitian

Pada makalah ini, metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan metode *Section Technique* (ST) digunakan untuk menentukan penempatan optimal setelah injeksi pembangkit listrik tersebar hybrid SEP dan WEP dimasukkan pada sistem Penyulang Pujon.

Secara umum proses penelitian diberikan pada Gambar 1. Analisis studi aliran beban dilakukan untuk menenetukan profile tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem. Dengan hasil studi aliran beban yang konvergen, selanjutnya analisis hubung singkat dijalankan untuk menentukan kemungkinan arus paling besar yang dihasilkan pada sistem. Analisis keandalan dijalankan dengan melakukan analisis relokasi penempatan *fuse-recloser* optimal dengan menggunakan metode ST dan PSO. Hasil kedua metode tersebut kemudian dibandingkan untuk untuk mendapatkan hasil indeks keandalan SAIDI dan SAIFI yang terbaik.

A. Metode Section Technique (ST)

Metode *Section Technique* (ST) adalah suatu metode analisis evaluasi yang dapat digunakan pada beberapa hal, dimana salah satunya adalah untuk analisis keandalan suatu sistem jaringan distribusi tenaga listrik. Dengan menggunakan metode ini maka dapat diketahui indeks-indeks keandalan yang sering mengalami gangguan [12]. Proses analisis keandalan sistem dengan menggunakan metode ST diberikan pada Gambar 2.



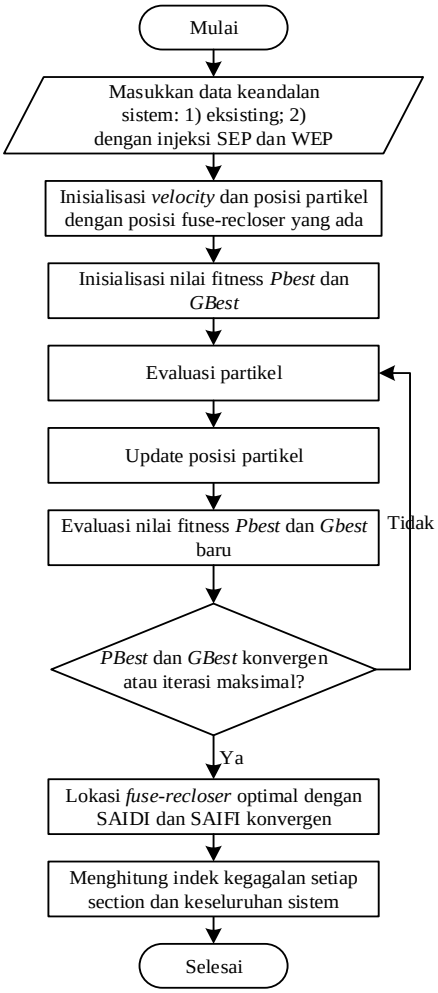
Gambar 2. *Flowchart* metode *Section Technique* (ST)

Langkah-langkah pengerjaan metode *Section Technique* dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Membagi suatu topologi jaringan yang berupa *single line* diagram menjadi *section-section* berdasarkan jumlah *sectionalizer*.
2. Memasukan data panjang saluran *section*, data jumlah pelanggan tiap titik beban dan data keandalan.
3. Mengevaluasi suatu mode kegagalan.
4. Mendaftarkan semua mode kegagalan pada *Section Technique Worksheet.*
5. Mengevaluasi waktu pemadaman dan waktu pemindahan.
6. Menghitung frekuensi kegagalan dan durasi gangguan terhadap tiap titik beban.
7. Mengalikan frekuensi kegagalan λTB dan durasi UTB pada setiap titik beban dengan jumlah pelanggan setiap titik beban kemudian membaginya dengan jumlah total pelanggan satu sistem.
8. Mengevaluasi indeks keandalan setiap *section* dengan menjumlahkan indeks keandalan setiap titik beban.
9. Mengevaluasi indeks keandalan sistem dengan menjumlahkan indeks keandalan setiap *section*.

B. Metode Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization adalah salah satu dari teknik komputasi *evolusioner*, yang mana populasi pada PSO didasarkan pada penelusuran algoritma dan diawali dengan suatu populasi random yang disebut dengan partikel. Berbeda dengan teknik komputasi evolusi lainnya, setiap partikel pada PSO berhubungan dengan suatu kecepatan (*velocity*) tertentu. Partikel-partikel tersebut bergerak melalui penelusuran ruang dengan kecepatan dinamis yang disesuaikan menurut perilaku sebelumnya atau historisnya [13].



Gambar 3. *Flowchart* metode PSO

Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) standar ditemukan melalui simulasi model kehidupan sosial binatang yang disederhanakan berhubungan dengan *bird flocking, fishing schooling* dan teori *swarm.* Implementasi algoritma PSO diberikan pada Gambar 3. Persamaan yang digunakan pada algoritma PSO adalah:

$$V_{id} = V_{id} + C_1 rand_1 \, x \, (P_{id} - X_{id}) + C_2 \, rand_2 \, x (Pg_d - X_{id}) \quad (3)$$

$$X_{id} = X_{id} + V_{id} \quad (4)$$

dimana C_1 dan C_2 adalah koefisien akselerasi; $rand_1$ + $rand_2$ adalah bilangan random antara (0-1);

$$X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \ldots X_{iD}) \quad (5)$$

yang direpresentasikan sebagai posisi awal partikel ke *i*

$$P_1 = (P_{i1}, P_{i2}, \ldots P_{iD}) \quad (6)$$

direpresentasikan sebagai posisi awal pada partikel *i* (posisi yang memberi nilai *fitness* terbaik), simbol *g* merepresentasikan sebagai index dari partikel terbaik diantara semua partikel dalam suatu populasi.

$$V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \ldots V_{iD}) \quad (7)$$

direpresentasikan sebagai perubahan posisi (*velocity)* dari pertikel *i.* Langkah-langkah proses penyelesaian masalah optimisasi dengan metode PSO dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menentukan ukuran *swarm* dan menentukan nilai awal posisi dan kecepatan partikel secara *random*;
2. Mengevaluasi nilai fungsi tujuan untuk setiap partikel
3. Menentukan inisial nilai *Pbest* dan *Gbest*;
4. Menghitung kecepatan pada iterasi berikutnya dengan persamaan:
   $$Vj(i) = \theta Vj(i-1) + c1r1[Pbest,j - Xj(i-1)] + c2r2[Gbest - Xj(i-1)] \quad (8)$$
   dengan i = iterasi ; j = 1,2,3,...,N ; r1 dan r2 adalah bilangan random;
5. Menentukan posisi partikel pada iterasi berikutnya menggunakan persamaan
   $$Xj(i) = Xj(i-1) + Vj(i) \quad (9)$$
6. Mengevaluasi nilai fungsi tujuan pada iterasi selanjutnya;
7. Mengupdate *Pbest* dan *Gbest;*
8. Melakukan evaluasi apakah solusi sudah optimal atau belum. Apabila sudah optimal, maka proses algoritma berhenti, namun apabila belum optimal kembali ke langkah 4.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Studi Aliran Daya dan Short Circuit

Analisis studi aliran daya dan *short circuit* dilakukan berdasarkan sistem riil Penyulang Pujon dengan dua (2) skenario yaitu: 1) Sistem eksisting: tanpa adanya injeksi pembangkit tersebar; dan 2) Sistem dengan injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP. Pada Skenario ke-2, injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP WEP dikoneksikan pada bus no#67.

Pemodelan analisis sistem aliran daya dan *short circuit* dilakukan dengan menggunakan *software* professional ETAP versi 16.0. Hasil studi aliran daya diberikan pada Tabel 1, sedangkan hasil analisi *short circuit* diberikan pada Tabel 2. Kedua analisis tersebut menampilkan hasil sebelum dan sesudah injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP.

Dari hasil simulasi sebagaimana diberikan pada Tabel 1, rugi-rugi daya sistem meningkat dengan adanya injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP, dimana rugi daya yang dihasilkan adalah 220 kW untuk daya aktif dan -1308,6 kVAR untuk daya reaktif.

TABEL I
ANALISIS RUGI DAYA SISTEM DENGAN SKENARIO INJEKSI DG

Besar injeksi (MVA)	Rugi Daya Sistem	
	P (kW)	Q (kVAr)
Tanpa DG (Eksisting)	200,1	-1335,9
Injeksi SEP 1,3 MVA	200,1	-1335,9
Injeksi WEP 2 MVA	220	-1308,6
Injeksi SEP & WEP 3,3 MVA	220	-1308,6

Berdasarkan Tabel 2, nilai s*hort circuit* untuk gangguan 3 fasa pada bus 67, pada setengah gelombang pertama didapatkan arus hubung singkatnya adalah 0,946 kA dan 0,913 kA pada saat 1,5 sampai 4 gelombang untuk sistem tanpa injeksi pembangkit tersebar. Arus hubung singkat akan naik sekitar 5,5 kalinya dengan adanya injeksi pembangkit tersebar, yaitu didapatkan arus hubung singkat hubung singkat sebesar 5,193 kA untuk setengah gelombang pertama dan 5,159 kA pada saat 1,5 sampai 4 gelombang.

TABEL II
ANALISIS SHORT CIRCUIT PENYULANG PUJON

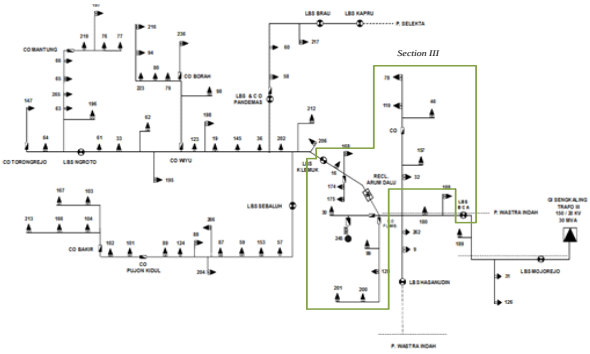
No Bus	Eksisting		Injeksi SEP dan WEP	
	½ Cycle (kA real)	1,5 sampai 4 cycle (kA real)	½ Cycle (kA real)	1,5 sampai 4 cycle (kA real)
Bus 67	0,946	0,913	5,193	5,159
Bus 66	0,943	0,911	0,873	0,843
Bus 68	0,002	0,001	0,002	0,001
WEP	-	-	0,012	0,008
Beban 67	0,002	0,001	0,001	0,001
PV	-	-	4,306	4,306

B. Analisis Indeks Keandalan Penyulang Pujon Metode Section Technique

Analisis perhitungan indeks keandalan penyulang Pujon dengan mengguakan metode *Section Technique* diberikan pada Tabel 3. Nilai SAIDI dan SAIFI untuk keadaan sebelum dan sesudah injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP pada setiap *section* yang ada disajikan pada tabel. Indeks keandalan SAIFI dan SAIDI untuk sistem sebelum injeksi pembangkit tersebar adalah 2,40774 dan 103,025. Nilai indeks keandalan akan meningkat dengan adanya injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP yaitu sebesar 2,44509 untuk SAIFI dan 106,49594 untuk SAIDI. Penyulang Pujon mempunyai satu *fuse-recloser* pada bus 24 *section* III sebagaimana diberikan pada Gambar 4.

TABEL III
INDEKS KEANDALAN PENYULANG PUJON METODE SECTION

No	*Section*	Eksisting		Injeksi SEP dan WEP	
		SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI
1	*Section 1*	0,00313	0,07447	0,00313	0,07447
2	*Section 2*	0,05292	1,63973	0,05292	1,63973
3	*Section 3*	0,52619	8,80323	0,52619	8,80323
4	*Section 4*	0,00314	0,1828	0,00314	0,1828
5	*Section 5*	0,80584	38,0326	0,80584	38,03266
6	*Section 6*	0,01856	0,55112	0,03734	3,47024
7	*Section 7*	0,27322	12,9560	0,27322	12,95605
8	*Section 8*	0,72471	40,7856	0,72471	40,78565
Total		2,40774	103,025	2,44509	106,49594



Gambar 4. Lokasi recloser

C. *Analisis Indeks Keandalan Penyulang Pujon dengan Metode PSO*

Particle Swarm Optimization merupakan salah satu teknik pencarian solusi yang diadopsi dari perilaku sosial binatang. Partikel-partikel sebagai kandidat solusi PSO dianalogikan sebagai burung atau ikan yang mencari makan bersama dalam suatu gerombolan besar (*swarm*) berbasis populasi yang mengelola sejumlah *n particle*.

Partikel-partikel tersebut merepresentasikan himpunan alternatif solusi dari permasalahan yang akan dioptimasi. Dalam implementasi penerapan metode PSO untuk penempatan *fuse-recloser* pada Penyulang Pujon karena adanya pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP memiliki kriteria nilai SAIFI dan SAIDI pada masing-masing *section*. Algoritma PSO meliputi langkah sebagai berikut:

1. Bangkitkan posisi awal sejumlah partikel sekaligus kecepatan awalnya secara random.
2. Evaluasi *fitness* dari masing-masing partikel berdasarkan posisinya.

Tentukan partikel dengan *fitness* terbaik, dan tetapkan sebagai *Gbest*. Untuk setiap partikel, *Pbest* awal akan sama dengan posisi awal.

Fungsi *Fitnes* yang digunakan dalam proses optimasi adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{SAIFI.SAIDI} \qquad (14)$$

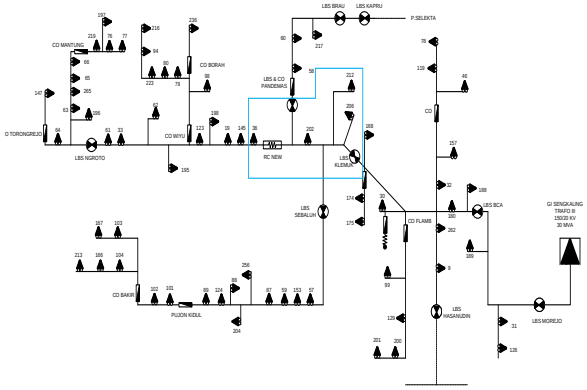
Dalam penelitian ini parameter PSO yang digunakan adalah Max Iterasi = 50, jumlah partikel 10, Posisi awal *recloser* pada *section* 3, batas bawah 1 (section 1) dan batas atas 8 (section 8).

TABEL IV
INDEKS KEANDALAN PENYULANG PUJON DENGAN METODE PSO

No	*Section*	Eksisting		Injeksi PV dan WPP	
		SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI
1	*Section 1*	0,00313	0,177964	0,00313	0,177964
2	*Section 2*	0,05293	1,63973	0,05293	1,63973
3	*Section 3*	0,52549	8,7912	0,52549	8,7912
4	*Section 4*	0,00316	0,18311	0,00316	0,18311
5	*Section 5*	0,80584	38,0327	0,80584	38,0327
6	*Section 6*	0,01857	1,20501	0,01882	1,21664
7	*Section 7*	0,27322	14,1721	0,27322	14,1721
8	*Section 8*	0,72471	40,7857	0,72471	40,7857
Total		2,4071	104,9875	2,4073	104,9991

Tabel 4 menunjukkan nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI untuk Penyulang Pujon sebelum (eksisting) dan sesudah injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP. Indeks keandalan SAIFI dan SAIDI dengan menggunakan metode PSO untuk sistem sebelum injeksi pembangkit tersebar adalah 2,4071 dan 104,9875. Nilai indeks keandalan akan meningkat dengan adanya injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP yaitu sebesar 2,4073 untuk SAIFI dan 104,9991untuk SAIDI.

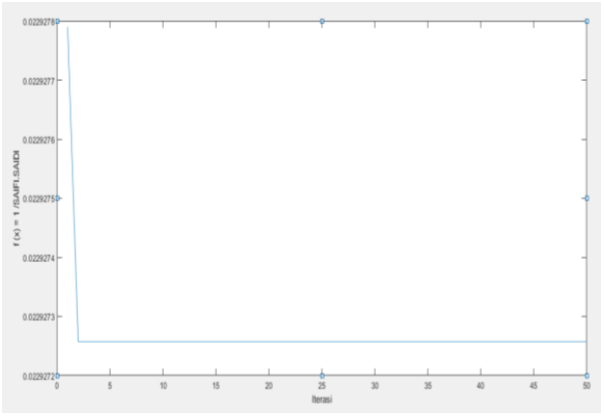
Hasil simulasi metode PSO untuk optimasi relokasi *fuse-recloser* dengan adanya injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP didapatkan pada bus 73 *section* IV sebagaimana diberikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Relokasi *recloser* metode PSO

Optimasi pencarian lokasi *fuse-recloser* terbaik dengan menggunakan metode PSO diberikan pada Gambar 6. Hasil simulasi dengan injeksi pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP didapatkan bahwa optimasi relokasi *fuse-recloser* pada sistem distribusi Penyulang Pujon adalah pada bus 73 *section* IV. Nilai optimal didapatkan pada iterasi ke-4 dengan nilai optimal *fitness* yang didapatkan adalah 0,0229.

Berdasarkan hasil analisis yang ada, metode PSO telah berhasil menemukan relokasi optimal *fuse-recloser* sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem distribusi dengan menurunkan nilai indeks keanadalan SAIFI dan SAIDI sebesar 0,014 % dibandingkan dengan menggunakan metode *section technique*.



Gambar 6. Grafik Nilai SAIDI SAIFI dengan Metode PSO

V. KESIMPULAN

Analisis dampak injeksi pembangkit tersebar berbasis energi baru dan terbarukan hybrid SEP dan WEP telah didiskusikan pada makalah ini. Injeksi pembangkit tersebar memberikan peningkatan nilai rugi-rugi daya pada sistem dan juga meningkatkan arus hubung singkat pada sistem. Arus hubung singkat mengalami

peningkatan sebesar 5,5 kali dibandingkan dengan sistem tanpa injeksi pembangkit tersebar (eksisting).

Penempatan sistem *fuse-recloser* karena adanya pembangkit tersebar hybrid SEP dan WEP pada Penyulang Pujon didapat nilai SAIFI 2,4450923 kali/tahun dan nilai SAIDI 106,495942 jam/tahun eksisting, dengan menggunakan metode *section technique.* Menggunakan metode PSO injeksi pembangkit tersebar SEP dan WEP penempatan relokasi optimal *fuse-recloser* adalah pada bus 73 section IV dengan nilai indeks keandalan SAIFI 2,4073 kali/tahun dan nilai SAIDI 104,9991 jam/tahun. Metode PSO telah berhasil menemukan relokasi optimal *fuse-recloser* sehingga dapat meningkatkan keandalan sistem distribusi dengan menurunkan nilai indeks keanadalan SAIFI dan SAIDI sebesar 0,014 % dibandingkan dengan menggunakan metode *section technique*.

REFERENSI

[1] Kundur P., Power System Stability and Control, McGraw-Hill, Inc., ISBN-13: 978-0070359581 ISBN-10: 007035958X, New York, 1994

[2] Anderson, P.M., Analysis of Faulted Power SystemsWiley-IEEE Press, ISBN-10: 0780311450, ISBN-13: 978-0780311459, 1995

[3] Anderson, P.M. Power System Protection Power Math Associates Inc, New York, 1999.

[4] H. Ghoreishi, "Optimal placement of tie points and sectionalizers in radial distribution network in presence of DGs considering load significance," in Proceedings of 2013 Smart Grid Conference (SGC), pp. 160-165, 2013.

[5] M. Lwin, et al., "Protective device and switch allocation for reliability optimization with distributed generators," IEEE Transactions on Sustainable Energy, vol. 10, no. 1, pp. 449-458, 2019.

[6] Mohammad Al-Muhaini; Gerald T. Heydt, "Evaluating Future Power Distribution System Reliability Including Distributed Generation", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 28, no. 4, pp. 2264 – 2272, October, 2013.

[7] Yasser M. Atwa and Ehab F. El-Saadany, "Reliability Evaluation for Distribution System With Renewable Distributed Generation During Islanded Mode of Operation", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 24, no. 2, pp. 572 – 581, May, 2009.

[8] Keane, A. Cuffe, P. Diskin, E. Brooks, D. Harrington, P. Hearne, T. Rylander, M. Fallon, Teresa. "Evaluation of advanced operation and control of distributed wind farms to support efficiency and reliability", IEEE Transaction on Sustain Energy, vol. 3, no. 4, pp. 735–742, 2012.

[9] H. Suyono, et al., "Optimization of the thyristor controlled phase shifting transformer using PSO algorithm," International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), vol.8, no.6, pp. 5472~5483, 2018.

[10] Hakim, Lukman. Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Surya-Angin Terhubung Grid di Gunung Banyak Kota Batu. Tesis. Malang: Universitas Brawijaya, 2016.

[11] Brown, Richard E.,"Electric Power Distribution Reliability Second Edition", CRC Press Taylor & Francis Group, United States of America, (2009).

[12] Xie K., Zhou J., dan Billinton R., "Fast algorithm for the reliability evaluation of large scale electrical distribution networks using the section technique", IET Gener. Transm. Distrib., Vol. 2 No.5, (2008) 701-707.

[13] Kennedy and R. C. Eberhart. *Particle swarm optimization*. In Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks. IEEE Service Center, Piscataway, 1995.

[14] R. N. Sumarno, H. Hermawan, and W. Wahyudi, "Optimasi Penempatan Recloser Terhadap Keandalan SistmeTenaga Listrik dengan Algoritma Genetika," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.