

**OPTIMASI PENENTUAN LOKASI PENEMPATAN  
DISTRIBUTED GENERATION DENGAN METODE FLOWER  
POLLINATION ALGORITHM (FPA)**



Disusun dan Diajukan oleh:

**M. SAHRUL RAMADHAN**

**D032202009**

Pembimbing:

**ARDIATY ARIEF, ST.,MTM., Ph. D**

**Dr. Ir. RHIZA S. SADJAD, MSEE**

**PROGRAM PASCASARJANA  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2022**

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	i
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Batasan Masalah .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Sistem Tenaga Listrik.....	8
B. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik.....	8
C. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	9
D. Distributed Generation (DG) .....	11
E. Analisis Aliran Daya .....	13
F. Backward and Forward Sweep (BFS).....	14
G. Flower Pollination Algorithm (FPA) .....	16
H. Kerangka Pikir.....	19
I. State of The Art Penelitian .....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
A. Jenis Penelitian .....	26
B. Software yang Digunakan .....	26
C. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	26
D. Diagram Penelitian.....	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pembangkit terdistribusi atau *Distributed Generation* (DG) telah memperoleh banyak daya tarik di sektor listrik karena kemampuannya dalam pengurangan rugi-rugi daya, peningkatan keandalan, biaya investasi yang rendah, dan yang paling signifikan, untuk mengeksplorasi sumber daya energi terbarukan, yang menghasilkan listrik dengan emisi gas rumah kaca minimum seperti angin fotovoltaik dan turbin mikro (Tan et al., 2013). Selain itu kontribusi generator terdistribusi untuk sistem tenaga termasuk peningkatan efisiensi energi dan kualitas daya untuk keandalan dan keamanan (Pesaran H.A et al., 2017). Sehubungan dengan kemampuannya dalam memanfaatkan sumber energi alternatif, DG memberikan masa depan yang menjanjikan untuk pembangkit listrik di jaringan listrik.

Jaringan distribusi radial dirancang untuk aliran daya satu arah dan bersifat pasif. Namun dengan penetrasi (DG), aliran listrik menjadi dua arah dan jaringan menjadi aktif. Integrasi DG ke dalam jaringan distribusi memberikan banyak tantangan diantaranya: kestabilan sistem, koordinasi proteksi, kualitas daya, islanding, penempatan dan ukuran yang tepat (Katyara et al., 2018).

Rugi-rugi daya pada jaringan distribusi semakin mengakibatkan kerugian ekonomi selama penyaluran daya ke konsumen. Untuk mengurangi kerugian seperti itu, koneksi (DG) ke sistem distribusi telah diidentifikasi sebagai cara untuk memecahkan masalah tersebut jika ditempatkan dengan benar di jaringan (Musa, 2019).

Terdapat beberapa penelitian yang mengangkat tema optimasi penempatan dan kapasitas DG seperti yang dilakukan oleh (Al Abri et al., 2013), pada penelitian tersebut dilakukan optimasi DG dengan menggunakan Metode Penempatan dan Ukuran Optimal untuk Ditingkatkan Margin Stabilitas Tegangan, dan didapatkan kesimpulan bahwa DG ukuran dan lokasi dapat berdampak positif pada margin stabilitas tegangan. Oleh karena itu, metode optimasi dapat digunakan untuk menentukan lokasi dan ukuran unit DG, untuk mencapai target peningkatan margin stabilitas tegangan. Menurut (Sanjay et al., 2017) pada penelitian tersebut dengan menggunakan metode Hybrid Grey Wolf Optimizer menunjukkan bahwa ada pengurangan yang cukup besar dalam kehilangan daya dan peningkatan profil tegangan bus di seluruh jaringan.

Empat jenis injeksi daya DG yang umum adalah dijelaskan di sini. Tipe pertama, tipe 1 adalah yang menyediakan hanya injeksi daya nyata, seperti yang biasanya terjadi pada sumber fotovoltaik. Tipe 2 adalah yang memberikan kekuatan nyata injeksi dalam hubungannya dengan konsumsi daya reaktif, seperti dengan generator induksi yang biasa ditemukan di angin

turbin. Tipe 3 mampu memberikan yang nyata dan reaktif injeksi daya, dan dikaitkan dengan sinkron generator. Tipe 4 memberikan injeksi hanya daya reaktif, dan termasuk perangkat seperti SVC dan kondensor sinkron (Chang et al., 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi penentuan penempatan (DG) menggunakan metode Flower Pollination Algorithm untuk meminimalkan rugi-rugi daya serta meningkatkan profil tegangan pada sistem. Penelitian ini akan dilakukan dengan model sistem distribusi IEEE 33 dan 69 bus dengan standar IEEE.

FPA adalah metode optimasi sistem berbasis proses penyerbukan (polinasi) bunga di alam. Metode FPA digunakan karena lebih efektif daripada metode yang lebih umum digunakan dalam proses optimasi seperti Genetic Algorithm (GA) dan Particle Swarm Optimization (PSO) (Al-Betar et al., 2019). Diharapkan dengan menggunakan metode Flower Pollination Algorithm (FPA) ini, penentuan lokasi dan kapasitas DG tipe 1, tipe 2 dan tipe 3 dapat optimal sehingga menjadi efektif dan efisien.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan metode optimasi *Flower Pollination Algorithm* (FPA) untuk penentuan lokasi dan ukuran DG yang optimal?

2. Bagaimana mengoptimalkan penempatan lokasi dan kapasitas DG untuk meminimalkan rugi-rugi jaringan dan memaksimalkan keluaran daya aktif DG dalam sistem distribusi radial menggunakan metode *Flower Pollination Algorithm (FPA)*?
3. Bagaimana efektifitas metode FPA pada saat melakukan penempatan DG dengan membandingkan nilai rugi-rugi daya tanpa menggunakan metode dan dengan menggunakan metode *Flower Pollination Algorithm (FPA)*?

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian optimasi penentuan lokasi penempatan distributed generation menggunakan metode *Flower Pollination Algorithm (FPA)*:

1. Menerapkan metode optimasi *Flower Pollination Algorithm (FPA)* untuk penentuan lokasi dan ukuran DG yang optimal?
2. Mengoptimalkan penempatan lokasi dan kapasitas DG untuk meminimalkan rugi-rugi jaringan dan memaksimalkan keluaran daya aktif DG dalam sistem distribusi radial menggunakan metode *Flower Pollination Algorithm (FPA)*.
3. Mengevaluasi efektifitas metode FPA pada saat melakukan penempatan DG dengan membandingkan nilai rugi-rugi daya tanpa menggunakan

metode dan dengan menggunakan metode *Flower Pollination Algorithm* (FPA).

#### **D. Batasan Masalah**

Untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini, maka perlu diberi batasan-batasan sebagai berikut :

1. Fungsi obyektif dari optimisasi yang dilakukan adalah meminimalkan rugi daya dan memperbaiki kestabilan tegangan pada sistem distribusi.
2. Menggunakan sistem distribusi IEEE 33 bus dan 69 bus.
3. Metode aliran daya yang digunakan pada penelitian ini adalah *Backward and Forward Sweep* (BFS).
4. Metode optimasi yang digunakan adalah *Flower Pollination Algorithm* (FPA).

#### **E. Manfaat Penelitian**

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Dapat menjadi pertimbangan bagi pihak pengembang sistem distribusi aktif untuk dapat menggunakan metode yang diusulkan dan digunakan baik dalam perencanaan maupun pengembangan sistem distribusi kedepan.

2. Menjadi referensi bagi untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan optimasi penentuan penempatan *distributed generation* dan aliran daya distribusi aktif.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Penulisan pada proposal penelitian ini disusun dalam suatu sistematika sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini membahas mengenai latar belakang, tujuan penelitian, permasalahan, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang teori pendukung yang digunakan dalam penulisan proposal penelitian ini yang menjelaskan teori mengenai dasar sistem tenaga listrik dan analisa aliran daya.

### BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, metode yang digunakan dan diagram penelitian yang digunakan.

### DAFTAR PUSTAKA

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik terdiri dari 3 sub sistem, yaitu sistem pembangkit tenaga, sistem penyaluran dan instalasi pengguna listrik. Sistem pembangkit digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan mengubah energi sebagai batu bara, bahan bakar minyak bumi, panas bumi, pembangkit listrik tenaga air, energi matahari, angin, dan lain-lain. Di dalam sistem tenaga listrik dengan kapasitas cukup besar sistem pembangkitannya adalah sistem pembangkitan dengan menggunakan generator sinkron. Sistem penyaluran berfungsi untuk meyalurkan tenaga listrik yang dibangkitkan dari sistem pembangkit ke sistem instalasi pengguna tenaga listrik. Sistem penyaluran dibagi menjadi dua, yaitu sistem transmisi dan distribusi. Misalnya yaitu instalasi rumah, instalasi pabrik, instalasi gedung bertingkat, instalasi hotel, dan lain-lain (Hasanah et al., 2015).

#### **B. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik**

Sistem pembangkit berfungsi untuk membangkitkan tenaga listrik dengan cara mengkonversi energi primer seperti batu bara, bahan bakar minyak, panas bumi, tenaga air, tenaga surya, tenaga angin, dan lain-lain. Dalam sistem tenaga listrik dengan kapasitas yang cukup besar sistem

pembangkitnya merupakan sistem pembangkit dengan menggunakan generator sinkron. Sistem pembangkit ditinjau dari jenis energi primernya dapat digolongkan menjadi 2 yaitu :

1. Pembangkit dengan energi primer tak terbarukan. Energi Primer tak terbarukan merupakan bahan bakar fosil. (Non renewable) seperti : Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), dan lain-lain.
2. Pembangkit dengan energi primer terbarukan. (*Renewable*), seperti: Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), dan lain-lain.

Sehubungan dengan bahan bakar fosil di Indonesia semakin menipis, untuk itu Pemerintah Indonesia merencanakan penggunaan energi primer terbarukan untuk meningkatkan penggunaan energi primer yang terbarukan yang masih berpotensi untuk dikembangkan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga *Thermal* dengan menggunakan *biofuel*, PLTP, PLTS, PLTB, dan lain-lain (Hasanah et al., 2015).

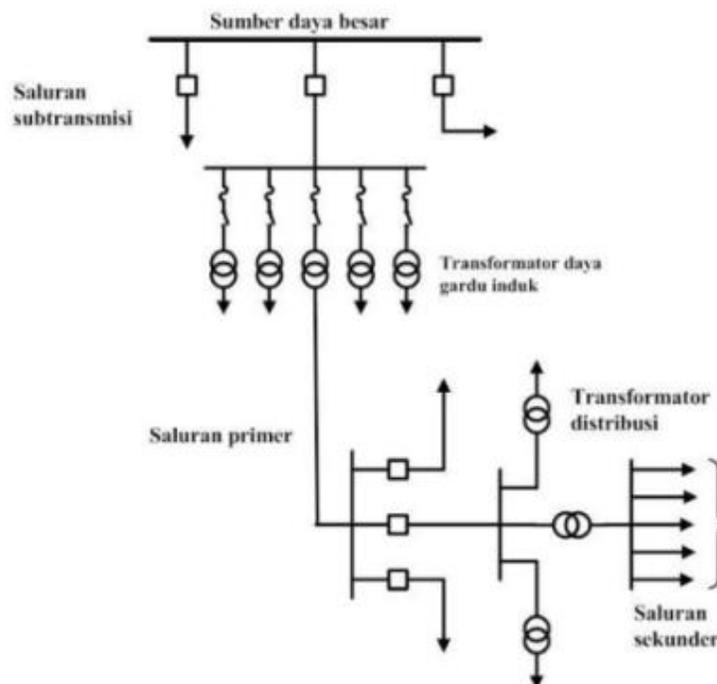
### **C. Sistem Distribusi Tenaga Listrik**

Dalam definisi secara umum, sistem distribusi adalah bagian dari sistem perlengkapan elektrik antara sumber daya besar (*bulk power source*, BPS) dan

peralatan hubung pelanggan (*customer service switches*). Berdasarkan definisi ini maka sistem distribusi meliputi komponen-komponen berikut:

1. Sistem subtransmisi
2. Gardu induk distribusi
3. Penyulang distribusi atau penyulang primer
4. Transformator distribusi
5. Pelayanan pelanggan

Gambar 2.1 menunjukkan diagram satu garis dari sistem distribusi yang khas. Rangkaian subtransmisi mengirimkan energi dari sumber daya besar ke gardu induk distribusi. Tegangan subtransmisi berkisar antara 12,47 kV sampai dengan 245 kV.



Gambar 2. 1 Diagram satu garis sistem distribusi (Sumber: Imran et al., 2019)

Setelah energi listrik sampai pada gardu induk distribusi, kemudian diturunkan tegangannya menggunakan *transformator step-down* menjadi tegangan menengah yang juga disebut sebagai tegangan distribusi primer. Kecenderungan pada saat ini tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah tegangan 20 kV. Setelah energi listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM), maka energi listrik kemudian diturunkan lagi tegangannya dalam gardu-gardu distribusi (transformator distribusi) menjadi tegangan rendah, yaitu tegangan 380/220 Volt, dan selanjutnya disalurkan melalui saluran sekunder atau Jaringan Tegangan Rendah (JTR) ke pelanggan PLN (Imran et al., 2019).

#### **D. *Distributed Generation (DG)***

*Distributed Generation (DG)* adalah pembangkit listrik dengan kapasitas kecil yang terletak dekat dengan titik konsumen. *Distributed Generation* memiliki potensi untuk digunakan pada sistem tenaga listrik untuk meningkatkan keandalan sistem baik secara langsung maupun tidak langsung. Misalnya, DG dapat digunakan secara langsung untuk mendukung level tegangan lokal dan menghindari pemadaman listrik (Erwin Prawira Santosa et al., 2015).

Menurut International Council on Large Electricity System (CIGRE) definisi DG sebagai setiap unit pembangkit dengan kapasitas maksimum 50 MW sampai 100 MW, yang biasanya terhubung ke jaringan distribusi. Di

samping itu *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, mendefinisikan DG sebagai pembangkit energi listrik yang dilakukan oleh peralatan yang lebih maju lebih kecil dari pembangkit listrik pusat sehingga memungkinkan interkoneksi dalam hampir semua titik pada sistem tenaga listrik. Sementara itu, *International Energy Agency (IEA)*, mendefinisikan DG sebagai unit pembangkit listrik pada konsumen dan memasok tenaga listrik langsung ke jaringan distribusi lokal(Purchala et al., 2006).

DG memiliki beberapa jenis seperti mikrohidro, pembangkit fotovoltaiik, pembangkit angin dan mesin diesel dan baterai yang terdiri dari beberapa modul. Kapasitas pembangkitan DG terdiri dari beberapa kategori, berikut ini adalah Tabel klasifikasi *Distributed Generation (DG)* berdasarkan kapasitas pembangkitnya(Erwin Prawira Santosa et al., 2015).

Tabel 2.1 Klasifikasi *Distributed Generation (DG)* berdasarkan Kapasitas Pembangkitan (Erwin Prawira Santosa et al., 2015).

Jenis DG	Kapasitas Pembangkitan
<i>Micro DG (DG Mikro)</i>	1 Watt < 5 kW
<i>Small DG (DG Kecil)</i>	5 kW < 5 MW
<i>Medium DG (DG Sedang)</i>	5 MW < 50 MW
<i>Large DG (DG Besar)</i>	50 MW < 300 MW

Empat jenis injeksi daya DG yang umum adalah dijelaskan di sini. Tipe pertama, tipe 1, adalah yang menyediakan hanya injeksi daya aktif, seperti yang biasanya terjadi pada sumber fotovoltaik. Tipe 2 adalah yang memberikan injeksi daya aktif namun konsumsi daya reaktif, seperti dengan generator induksi yang biasa ditemukan di angin turbin. Tipe 3 mampu memberikan yang nyata dan reaktif injeksi daya, dan dikaitkan dengan sinkron generator. Tipe 4 memberikan injeksi hanya daya reaktif, dan termasuk perangkat seperti SVC dan kondensor sinkron (Chang et al., 2011).

#### **E. Analisis Aliran Daya**

Analisis aliran daya adalah alat penting untuk sistem tenaga perencanaan dan operasi. Namun, aliran daya konvensional metode seperti Newton-Raphson atau Fast Decoupled, yang biasanya dirancang untuk sistem transmisi listrik, tidak cocok untuk analisis aliran beban sistem distribusi daya. Jaringan distribusi biasanya bersifat radial dan pengumpan memiliki rasio R/X yang tinggi, oleh karena itu tidak dikondisikan untuk hal tersebut aliran beban. Untuk berbagai aplikasi dalam *Distribution Automatio* (DA), beberapa metode aliran daya telah dikembangkan dalam dua dekade terakhir, yang dikenal sebagai metode *Distribution system load flow* (DSLFL). Metode ini memanfaatkan karakteristik topologi khusus dari *Radial distribution network* (RDN). Di antara beberapa metode DSLFL, metode berbasis *Backward and*

*Forward Sweep* (BFS) terbukti menjadi metode yang paling sederhana dan cepat untuk melakukan distribusi aliran beban sistem.

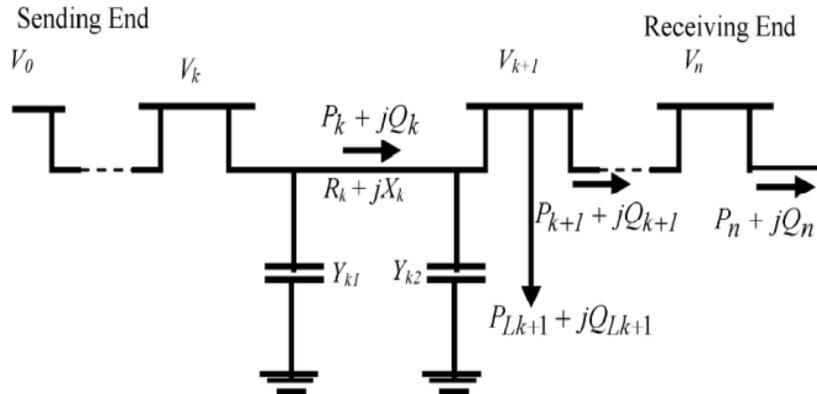
Dewasa ini sistem distribusi listrik menjadi fokus karena untuk meningkatkan penetrasi DG. Integrasi DG ke dalam sistem distribusi mengubah dasar konfigurasi dari sistem pasif ke sistem aktif. Ini membawa manfaat tertentu serta tantangan, manfaat teknis utama adalah (Mishra et al., 2014):

1. Mengurangi rugi-rugi pada saluran.
2. Peningkatkan profil tegangan.
3. Pengurangan emisi polutan,
4. Peningkatan efisiensi energi secara keseluruhan.
5. Keandalan dan keamanan sistem yang ditingkatkan.
6. Peningkatan kualitas daya.
7. Kemacetan/kongesti transmisi dan distribusi yang berkurang.

#### **F. *Backward and Forward Sweep (BFS)***

Mari kita pertimbangkan jaringan radial, metode *Backward and Forward Sweep* (BFS) untuk perhitungan aliran beban adalah metode iteratif di mana, pada setiap iterasi, dua tahap komputasi dilakukan: Aliran beban dari jaringan sumber tunggal dapat diselesaikan secara iteratif dari dua set persamaan rekursif. Himpunan persamaan pertama untuk perhitungan aliran daya pada setiap cabang dimulai dengan menghitung aliran arus beban pada bus terakhir

menuju ke titik sumber (*backward*). Himpunan persamaan lainnya adalah untuk menghitung besarnya tegangan dan sudut setiap fasa pada setiap bus dimulai dari titik sumber menuju bus terakhir (*forward*).



Gambar 2. 2 Diagram satu garis aliran daya (Sumber: Rupa & Ganesh, 2014)

Metode BFS sekarang dirumuskan kembali dengan cara yang sesuai untuk analisis konvergensi proses berulang. Perhatikan Gambar 2.2, cabang terhubung antara bus 'k' dan 'k+1'. Aktif efektif ( $P_k$ ) dan reaktif ( $Q_k$ ) daya yang mengalir melalui cabang dari bus 'k' ke bus 'k+1' dapat dihitung mundur dari simpul terakhir dapat dinyatakan pada persamaan:

$$P_k = P'_{k+1} + r_k \frac{(P'^2_{k+1} + Q'^2_{k+1})}{V^2_{k+1}} \quad (1)$$

$$Q_k = Q'_{k+1} + X_k \frac{(P'^2_{k+1} + Q'^2_{k+1})}{V^2_{k+1}} \quad (2)$$

Dimana,

$$P'_{k+1} = P_{k+1} + P_{Lk+1} \quad (3)$$

$$Q'_{k+1} = Q_{k+1} + Q_{Lk+1} \quad (4)$$

$P_{Lk+1}$  dan  $Q_{Lk+1}$  merupakan beban-beban yang terhubung pada bus 'k+1',  $P_{k+1}$  dan  $Q_{k+1}$  adalah aliran daya nyata dan reaktif yang efektif dari bus 'k+1'.

Nilai tegangan dan sudut fasa pada bus yang diperlukan untuk metode perhitungan metode *forward*. Perhitungan persamaan dengan metode *forward* termasuk  $V_k < \delta_k$  di bus 'k' serta mengetahui  $V_{k+1} < \delta_{k+1}$  di bus 'k+1', maka arus mengalir melalui cabang yang memiliki impedansi,  $z_k = r_k + jx_k$  terhubung antara 'k' dan 'k+1' dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$I_k = \frac{V_k < \delta_k - V_{k+1} < \delta_{k+1}}{r_k + jx_k} \quad (5)$$

Awalnya, profil tegangan datar di semua bus yaitu 1,0 pu. daya dihitung secara iteratif dengan tegangan yang diterapkan ke setiap bus. Dalam metode aliran daya yang diusulkan, penjumlahan daya dilakukan dengan metode *backward* dan tegangan dihitung dengan metode *forward* (Rupa & Ganesh, 2014).

### G. Flower Pollination Algorithm (FPA)

*Flower Pollination Algorithm* (FPA) atau algoritma penyerbukan bunga dikembangkan oleh Xin-She Yang pada tahun 2012, terinspirasi oleh proses penyerbukan aliran tanaman berbunga. FPA telah diperluas ke multi-tujuan optimasi. Untuk kesederhanaan, empat aturan berikut digunakan:

6. Penyerbukan biotik dan penyerbukan silang dapat dianggap sebagai proses penyerbukan global, dan penyerbuk yang membawa serbuk sari bergerak dengan cara yang mematuhi Lévy flight.
7. Untuk penyerbukan lokal, digunakan penyerbukan abiotik dan penyerbukan sendiri.
8. Penyerbuk seperti serangga dapat mengembangkan keteguhan bunga, yang setara dengan reproduksi probabilitas yang sebanding dengan kesamaan dua bunga yang terlibat.
9. Interaksi atau peralihan penyerbukan lokal dan penyerbukan global dapat dikendalikan oleh probabilitas saklar  $p \in [0,1]$ , sedikit bias terhadap penyerbukan lokal.

Untuk merumuskan rumus pembaruan, aturan di atas harus diubah menjadi persamaan pembaruan yang tepat. Misalnya, dalam langkah penyerbukan global, gamet serbuk sari bunga dibawa oleh penyerbuk seperti serangga, dan serbuk sari dapat melakukan perjalanan jarak jauh karena serangga sering dapat terbang dan bergerak dalam jarak yang jauh lebih jauh. Oleh karena itu, Aturan 1 dan keteguhan bunga (Aturan 3) dapat direpresentasikan secara matematis sebagai:

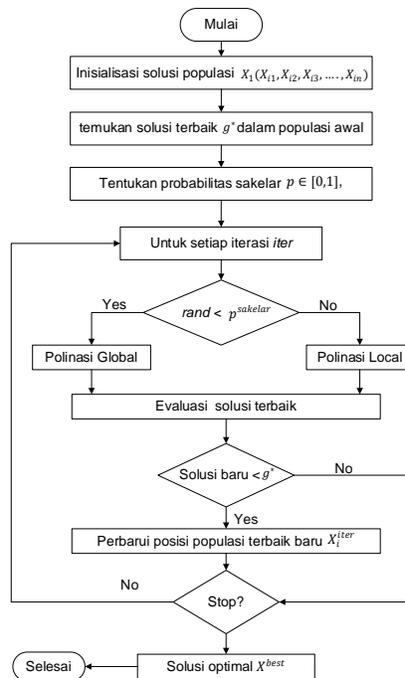
$$x_i^{t+1} = x_i^t + \gamma L(\lambda)(g_* - x_i^t) \quad (6)$$

Dimana  $x_i^t$  = serbuk sari / atau solusi vektor  $x_i$  pada iterasi ke-  $t$  dan  $g_*$  adalah solusi terbaik yang ditemukan saat ini di antara semua solusi pada generasi/iterasi.  $\gamma$  adalah faktor penskalaan untuk mengontrol langkah ukuran.

$L$  pada persamaan (6) biasa disebut dengan fungsi Levy. Parameter  $L$  merupakan kekuatan dari penyerbukan. Fungsi Levy dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$L \sim \frac{\lambda \Gamma(\lambda) \sin\left(\frac{\pi\lambda}{2}\right)}{\pi} \cdot \frac{1}{\delta^{1+\lambda}}, (\delta \gg \delta_0 > 0) \quad (7)$$

$\Gamma(\lambda)$  merupakan fungsi gamma, dan pada persamaan (7) bernilai valid saat  $\delta > 0$ , pada teorinya nilai  $\delta_0 = 0,1$  (Yang et al., 2014). Gambar 2.3 memperlihatkan flowchart metode FPA.



Gambar 2. 3 Flowchart Flower Pollination Algorithm (Sumber: (Alyasseri et al., 2018))

## H. Kerangka Pikir

Perkembangan teknologi yang berbanding lurus dengan konsumsi daya listrik, sehingga menyebabkan jaringan listrik khususnya jaringan distribusi mengalami peningkatan rugi-rugi daya dan penurunan tegangan pada sistem. Distribusi jaringan sendiri merupakan subsistem dari keseluruhan sistem tenaga listrik. Jaringan distribusi jaringan listrik yang berhubungan langsung dengan sisi beban atau konsumen.

Salah satu solusi untuk mengurangi nilai rugi-rugi daya dan meningkatkan profil tegangan sistem distribusi adalah dengan memasang (DG). DG sendiri didefinisikan sebagai generator listrik skala kecil, dengan kapasitas pembangkit beberapa kilo Watt (kW) hingga beberapa Mega Watt (MW). Pemasangan DG pada saluran distribusi listrik dapat meningkatkan efisiensi, meningkatkan dan juga meningkatkan kualitas daya sistem, Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penempatan dan kapasitas (DG) tipe 1, tipe 2 dan tipe 3 dengan injeksi daya yang berbeda untuk mengurangi kerugian daya dan meningkatkan profil tegangan pada sistem. Penelitian akan dilakukan dengan model sistem distribusi 33 bus dan 69 bus dengan standar IEEE dan menggunakan metode *Flower Pollination Algorithm* (FPA).

## I. State of The Art Penelitian

Tabel 2.2 Beberapa penelitian terkait penentuan lokasi dan kapasitas DG pada sistem Tenaga Listrik

Referensi	Judul Artikel	Metode yang Digunakan	Hasil Penelitian
(Al Abri et al., 2013)	Optimal Placement and Sizing Method to Improve the Voltage Stability Margin in a Distribution System Using Distributed Generation	Metode Penempatan dan Ukuran Optimal untuk Ditingkatkan Margin Stabilitas Tegangan	Hasil simulasi menunjukkan bahwa DG ukuran dan lokasi dapat berdampak positif pada margin stabilitas tegangan. Oleh karena itu, metode optimasi dapat digunakan untuk menentukan lokasi dan ukuran unit DG, untuk mencapai target peningkatan margin stabilitas tegangan.
(Liu et al., 2019)	Optimal Placement and Sizing of Distributed Generation via an Improved Nondominated Sorting	Metode Peningkatan Nondominasi Sorting Algoritma Genetika II	Menunjukkan bahwa metode yang diusulkan dapat mencapai presisi yang lebih baik dan keragaman. Dalam praktiknya, pilihan situs terbaik mungkin tidak selalu layak karena

	Genetic Algorithm II		banyak kendala realitas. Tapi optimasi dan analisis di sini menunjukkan bahwa mempertimbangkan multiobjectives membantu untuk memutuskan penempatan dan ukuran unit Ditjen untuk pengambil keputusan.
(Doagou-Mojarrad et al., 2013)	Optimal placement and sizing of DG (distributed generation) units in distribution networks by novel hybrid evolutionary algorithm	Metode algoritma evolusi hibrida baru	Algoritma yang diusulkan diuji pada sistem uji distribusi 69-bus berdasarkan teknis, pertimbangan ekonomis dan perlindungan lingkungan. Hasil simulasi menggambarkan kebaikan kinerja dan penerapan metode yang diusulkan.
(Devi & Geethanjali, 2014)	Optimal location and sizing determination	<i>Particle Swarm Optimization Algorithm</i>	Hasil analisis menggunakan Loss Sensitivity Factor menunjukkan

	of Distributed Generation and DSTATCOM using Particle Swarm Optimization algorithm		penempatan dan ukuran optimal DG dan DSTATCOM dalam Sistem Distribusi Radial secara efektif meningkat profil tegangan dan mengurangi kerugian daya total sistem.
(Sanjay et al., 2017)	Optimal Allocation Of Distributed Generation Using Hybrid Grey Wolf Optimizer	<i>Hybrid Grey Wolf Optimizer</i>	Hasilnya menunjukkan bahwa ada pengurangan yang cukup besar dalam kehilangan daya dan peningkatan profil tegangan bus di seluruh jaringan.
(Mahmoud, 2017)	Optimal Integration of DG and Capacitors in Distribution System	Analytical Expression dan Optimal Power Flow (OPF)	Metode yang diusulkan dapat secara efektif menentukan solusi optimal untuk berbagai kasus. Hal ini menunjukkan bahwa menempatkan DG dan kapasitor secara simultan dapat sangat meningkatkan sistem

			<p>distribusi dalam hal mengurangi rugi-rugi daya dan profil tegangan.</p> <p>Metode yang diusulkan ini adalah alat yang berguna untuk perencanaan sistem distribusi untuk integrasi masa depan berbagai jenis DG dan kapasitor.</p>
(Pereira et al., 2016)	Optimal Distributed Generation and Reactive Power Allocation in Electrical Distribution System	<i>Hybrid Algorithm (Tabu Search Algorithm and Chu – Beasley Genetic Algorithm)</i>	<p>Hasil yang disajikan menunjukkan metode yang diusulkan sangat efisien dalam menemukan bus di mana CB dan DG harus dialokasikan, serta skema kontrol dari CB yang diaktifkan dan pengiriman DG, mempertimbangkan kendala fisik dan operasional. Hasil berbeda dari studi kasus menunjukkan bahwa</p>

			operasi CB dan DG sangat tergantung pada jenis DG (stochastic atau dispatchable) dan daya reaktif yang dihasilkan oleh Tabu Search (TS)
(Mohamed et al., 2018)	A Simple Analytical Technique for Optimal Capacitor Placement in Radial Distribution System	<i>Forward/Backward Sweep Algorithm</i>	Hasil menunjukkan metode yang diusulkan sangat sederhana dibandingkan dengan metode lainnya. Metode ini dapat mudah diterapkan pada sistem distribusi radial dengan waktu komputasi dan jumlah iterasi yang lebih sedikit.
(H et al., 2012)	Penempatan dan Penentuan Kapasitas Optimal Distributed Generator (DG)	Artificial Bee Colony (ABC)	pemasangan DG pada sistem distribusi radial IEEE 33 bus dapat mengurangi kerugian daya aktif sistem yang sangat signifikan sekaligus meningkatkan level

	Menggunakan Artificial Bee Colony (ABC)		tegangan pada tiap bus sehingga mencapai batas toleransi.
(Tabarok et al., 2017)	Optimasi Penempatan <i>Distributed Generation</i> (DG) dan Kapasitor pada Sistem Distribusi Radial Menggunakan Metode <i>Genetic Algorithm</i> (GA) (Studi Kasus pada Penyulang Watu Ulo Jember)	<i>Genetic Algorithm</i> (GA)	Dalam penelitian ini membuktikan dengan adanya penempatan DG dan kapasitor dapat memperbaiki daya aktif dan daya reaktifnya. Serta terdapat perbaikan profil tegangan disetiap busnya setelah adanya penempatan dari DG dan kapasitor dibandingkan sebelum adanya penempatan dari DG dan kapasitor, dimana pada bus 60 mengalami perbaikan profil tegangan dari 0.8454 Volt menjadi 0.8523 Volt.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus pada sistem kelistrikan Reability Test System IEEE dimana yang akan diteliti, yaitu penentuan lokasi dan kapasitas *Distributed Generator* (DG) menggunakan metode *Flower Pollination Algorithm* (FPA) . Data pada penelitian ini adalah data primer yang diperoleh dari Reability Test System IEEE khususnya data yang ada hubungannya dengan penelitian.

#### **B. Software yang Digunakan**

Software yang digunakan untuk melakukan simulasi pada penelitian kali ini adalah Matlab/Simulink.

#### **C. Waktu dan Lokasi Penelitian**

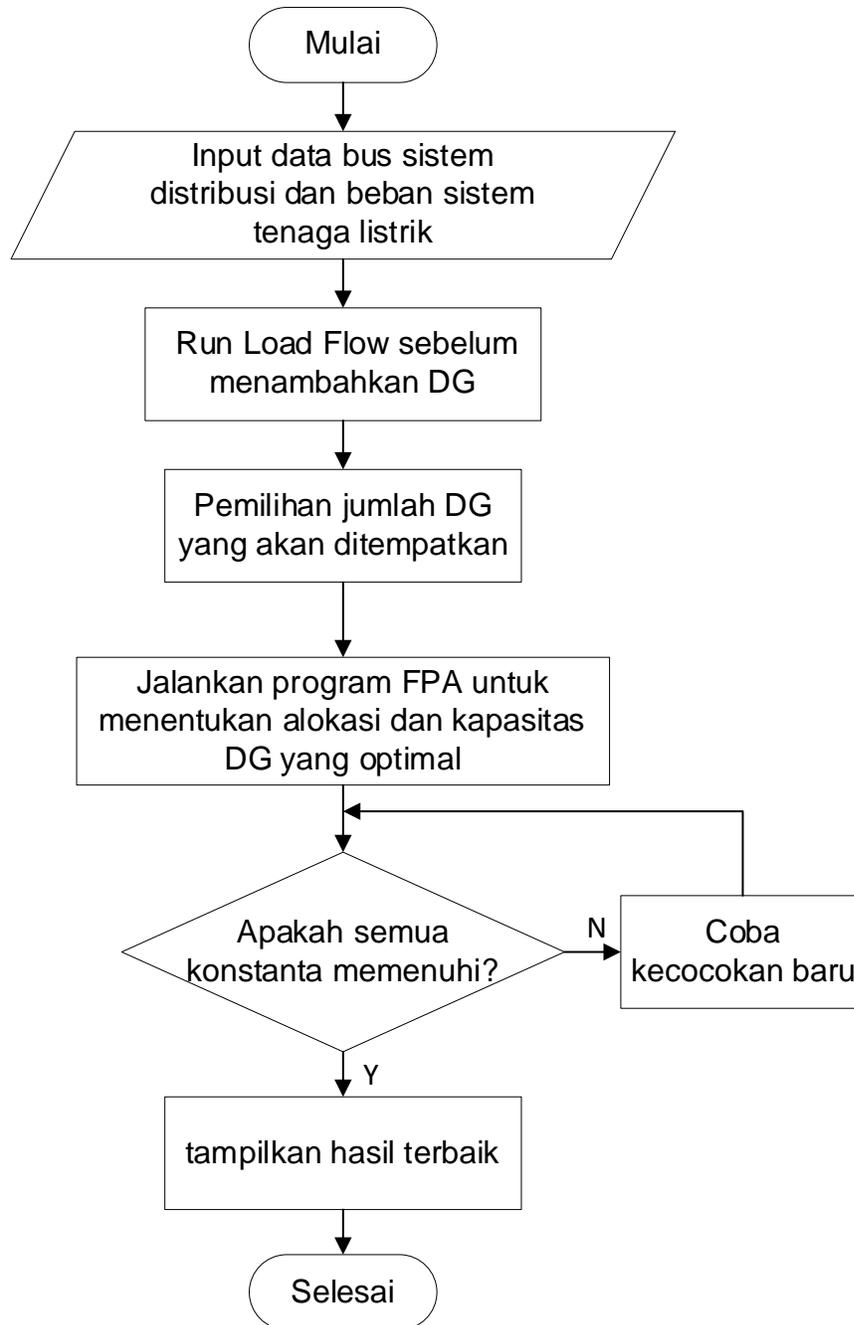
##### **1. Waktu**

Pelaksanaan penelitian ini direncanakan akan dimulai pada bulan Februari 2022 sampai dengan Mei 2022.

## 2. Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di Departement Teknik Elektro Unhas dengan menggunakan data Reliability Test System IEEE.

#### D. Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Penelitian

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Betar, M. A., Awadallah, M. A., Abu Doush, I., Hammouri, A. I., Mafarja, M., & Alyasseri, Z. A. A. (2019). Island flower pollination algorithm for global optimization. *Journal of Supercomputing*, 75(8), 5280–5323. <https://doi.org/10.1007/s11227-019-02776-y>
- Al Abri, R. S., El-Saadany, E. F., & Atwa, Y. M. (2013). Optimal placement and sizing method to improve the voltage stability margin in a distribution system using distributed generation. *IEEE Transactions on Power Systems*, 28(1), 326–334. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2012.2200049>
- Alyasseri, Z. A. A., Khader, A. T., Al-Betar, M. A., Awadallah, M. A., & Yang, X. S. (2018). Variants of the flower pollination algorithm: A review. *Studies in Computational Intelligence*, 744(January), 91–118. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67669-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67669-2_5)
- Chang, R. W., Mithulanathan, N., & Saha, T. K. (2011). Novel mixed-integer method to optimize distributed generation mix in primary distribution systems. *2011 21st Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2011, January*.
- Devi, S., & Geethanjali, M. (2014). Optimal location and sizing determination of Distributed Generation and DSTATCOM using Particle Swarm Optimization algorithm. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 62, 562–570. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.05.015>
- Doagou-Mojarrad, H., Gharehpetian, G. B., Rastegar, H., & Olamaei, J. (2013). Optimal placement and sizing of DG (distributed generation) units in distribution networks by novel hybrid evolutionary algorithm. *Energy*, 54, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.043>
- Erwin Prawira Santosa, Ontoseno Penangsang, & Ni Ketut Aryani. (2015).

- Optimasi Penentuan Lokasi Kapasitor dan Distributed Generation (DG) Dengan Rekonfigurasi Jaringan Untuk Meningkatkan Keluaran Daya Aktif DG Pada Sistem Distribusi Radial Menggunakan Genetic Algorithm (GA). *Jurnal Teknik Its*, 5(2).
- H, A. Z., Anam, S., & Robandi, I. (2012). Penempatan Dan Penentuan Kapasitas Optimal Distributed Generator ( DG ) Menggunakan Artificial Bee Colony ( ABC ). *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1, 1(1)*, 16–21.
- Hasanah, A. W., Makkulau, A., Fadhilah, Z. F., Elektro, T., Tinggi Teknik-Pln, S., & Com, A. (2015). Perencanaan Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Di Pulau Jawa. | *Jurnal Sutet*, 5(1), 8–13. <https://stt-pln.e-journal.id/sutet/article/view/604>
- Imran, M., Bintoro, A., & Ezwarsyah. (2019). Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Wilayah Kota Lhokseumawe Di PT. PLN (Persero) Rayon Kota Lhokseumawe. *Jurnal Energi Elektrik*, 08(1), 42–47.
- Katyara, S., Staszewski, L., & Leonowicz, Z. (2018). Protection coordination of properly sized and placed distributed generations—methods, applications and future scope. *Energies*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/en11102672>
- Liu, W., Luo, F., Liu, Y., & Ding, W. (2019). Optimal siting and sizing of distributed generation based on improved nondominated sorting genetic algorithm II. *Processes*, 7(12), 1–10. <https://doi.org/10.3390/PR7120955>
- Mahmoud, K. (2017). Optimal integration of DG and capacitors in distribution systems. *2016 18th International Middle-East Power Systems Conference, MEPCON 2016 - Proceedings*, 651–655. <https://doi.org/10.1109/MEPCON.2016.7836961>
- Mishra, S., Das, D., & Paul, S. (2014). A simple algorithm for distribution system load flow with distributed generation. *International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering, ICRAIE 2014, May*.

- <https://doi.org/10.1109/ICRAIE.2014.6909127>
- Mohamed, A. A., Kamel, S., & Aly, M. M. (2018). A simple analytical technique for optimal capacitor placement in radial distribution systems. *2017 19th International Middle-East Power Systems Conference, MEPCON 2017 - Proceedings, 2018-Febru(December)*, 928–933. <https://doi.org/10.1109/MEPCON.2017.8301291>
- Musa, 2019. (2002). *MATLAB® for Photomechanics- A Primer*, 4(1), v. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-044050-7.50063-x>
- Pereira, B. R., Martins Da Costa, G. R. M., Contreras, J., & Mantovani, J. R. S. (2016). Optimal Distributed Generation and Reactive Power Allocation in Electrical Distribution Systems. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 7(3), 975–984. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2015.2512819>
- Pesaran H.A, M., Huy, P. D., & Ramachandaramurthy, V. K. (2017). A review of the optimal allocation of distributed generation: Objectives, constraints, methods, and algorithms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75(May), 293–312. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.071>
- Purchala, K., Belmans, R., Leuven, K. U., Exarchakos, L., & Hawkes, a D. (2006). Distributed generation and the grid integration issues. *Imperial College London*, 9.
- Rupa, J. a M., & Ganesh, S. (2014). Power Flow Analysis for Radial Distribution System Using Backward / Forward Sweep Method. *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, 8(10), 1537–1541.
- Sanjay, R., Jayabarathi, T., Raghunathan, T., Ramesh, V., & Mithulananthan, N. (2017). Optimal allocation of distributed generation using hybrid grey Wolf optimizer. *IEEE Access*, 5(c), 14807–14818. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2726586>
- Tabarok, D. K., Saleh, A., & Kaloko, B. S. (2017). Optimasi Penempatan Distributed Generation (DG) dan Kapasitor pada Sistem Distribusi Radial

Menggunakan Metode Genetic Algorithm (GA) (Studi Kasus pada Penyulang Watu Ulo Jember). *Berkala Sainstek*, 5(1), 35.

<https://doi.org/10.19184/bst.v5i1.5373>

Tan, W. S., Hassan, M. Y., Majid, M. S., & Abdul Rahman, H. (2013). Optimal distributed renewable generation planning: A review of different approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 626–645.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.039>

Yang, X. S., Karamanoglu, M., & He, X. (2014). Flower pollination algorithm: A novel approach for multiobjective optimization. *Engineering Optimization*, 46(9), 1222–1237.

<https://doi.org/10.1080/0305215X.2013.832237>