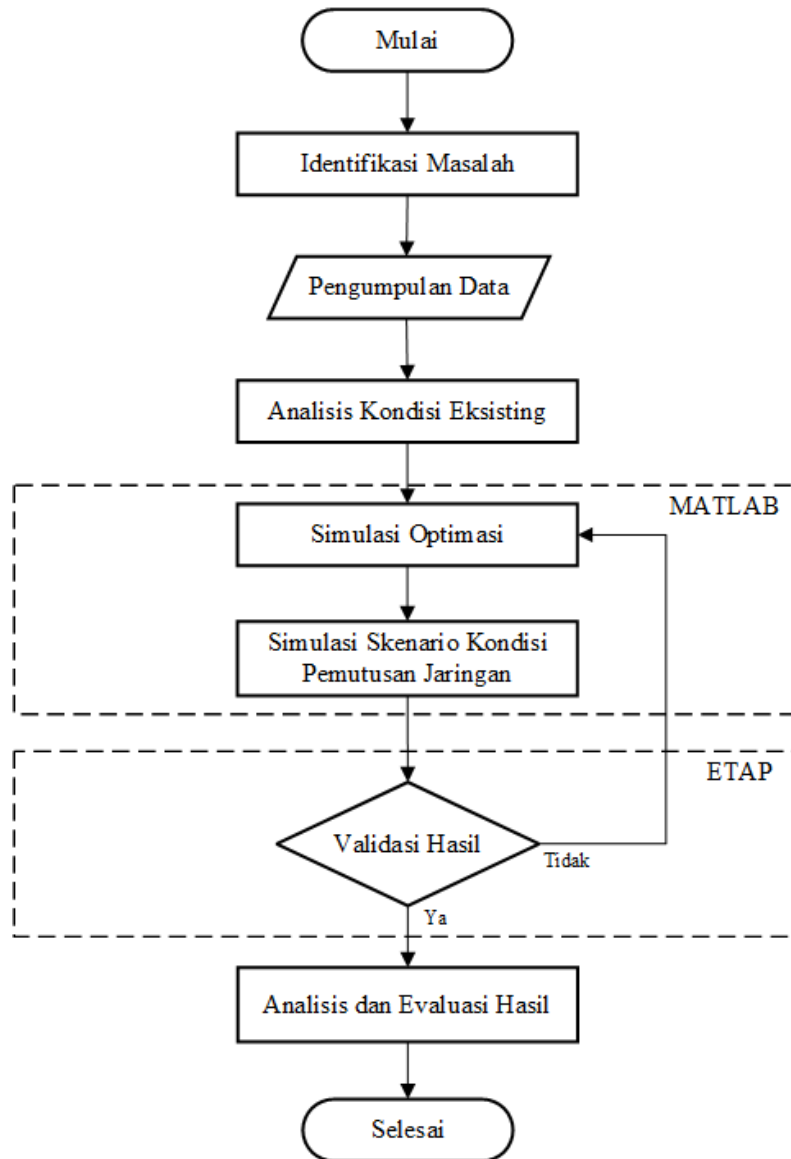


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 *Flowchart* Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan-tahapan sistematis yang disusun untuk mencapai tujuan penelitian. Tahapan penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1) Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan analisis awal terhadap permasalahan yang terjadi pada jaringan distribusi penyulang CLDG yang berada dalam wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Tasikmalaya Kota. Selain itu, identifikasi masalah dilakukan melalui literatur jurnal yang memiliki topik pembahasan mengenai permasalahan pada jaringan distribusi. Masalah utama yang diidentifikasi adalah terjadinya *drop* tegangan yang melebihi batas toleransi sesuai standar SPLN 72:1987.

2) Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini meliputi pengumpulan data teknis dari jaringan distribusi penyulang CLDG yang berada dalam wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Tasikmalaya Kota untuk mendapatkan data jaringan penyulang CLDG, meliputi:

a. Data *Single Line Diagram*

Data *single line diagram* untuk menggambarkan visual mengenai penyulang CLDG, sehingga membantu dalam proses pembuatan pemodelan dalam *software* MATLAB R2023b dan ETAP 19.0.1.

b. Data Transformator

Data Transformator berisi beberapa data, seperti jumlah transformator, pembebanan, kapasitas transformator yang terdapat pada penyulang CLDG

c. Data Saluran

Data saluran berisi beberapa data, seperti data nomor saluran, panjang saluran, nilai resistansi, nilai reaktansi saluran di penyulang CLDG.

3) Analisis Kondisi *Eksisting*

Analisis kondisi *eksisting* dilakukan untuk evaluasi terhadap kondisi jaringan distribusi sebelum dilakukan perencanaan *express feeder*. Analisis ini menggunakan metode aliran daya *Backward-Forward Sweep* (BFS) untuk menghitung nilai *drop* tegangan pada setiap titik di jaringan. Perhitungan aliran daya ini dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB R2023b dan ETAP 19.0.1. Hasil dari analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi titik-titik yang mengalami *drop* tegangan melebihi batas standar toleransi, sehingga dapat dijadikan dasar untuk optimasi selanjutnya.

4) Simulasi Optimasi

Setelah melakukan analisis, selanjutnya yaitu melakukan simulasi optimasi pengembangan *express feeder* ini dilakukan dengan proses optimasi menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Untuk mengetahui hasil perhitungan aliran daya menggunakan metode *Backward-Forward Sweep* (BFS). Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *express feeder* dalam mengurangi nilai *drop* tegangan serta meningkatkan kualitas menggunakan *software* MATLAB R2023b.

5) Simulasi Skenario Kondisi Pemutusan Jaringan

Tahap ini dilakukan untuk menguji kinerja sistem distribusi ketika terjadi pemutusan pada sebagian saluran, baik karena gangguan maupun pemeliharaan. Proses dimulai dengan memuat data jaringan hasil optimasi, kemudian menerapkan pemutusan sesuai skenario. Selanjutnya, sistem menentukan topologi jaringan aktif dan melakukan perhitungan aliran daya menggunakan metode *Backward Forward*

Sweep (BFS). Hasil simulasi mencakup nilai tegangan, *drop* tegangan, dan jumlah bus kritis, yang akan digunakan dalam proses evaluasi.

6) Validasi Hasil

Tahap validasi hasil dilakukan setelah simulasi untuk memastikan bahwa hasil kualitas tegangan yang diperoleh sebelum dan sesudah dilakukan pengembangan *express feeder* dengan menggunakan metode algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO). Pada tahap ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh menggunakan metode *Backwar-Forward Sweep* (BFS) melalui *software* MATLAB R2023b dengan hasil yang diperoleh pada *software* ETAP 19.0.1.

7) Analisis dan Evaluasi Hasil

Analisis dan Evaluasi hasil bertujuan untuk menilai apakah sistem distribusi yang telah di optimasi mampu menjaga kualitas tegangan sesuai dengan batas toleransi *drop* tegangan maksimum sebesar 5% berdasarkan SPLN 72:1987. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil setiap kondisi berdasarkan nilai *drop* tegangan, tegangan minimum, dan jumlah bus kritis. Jika seluruh kondisi menunjukkan *drop* tegangan berada di bawah batas toleransi tersebut, maka pengembangan *express feeder* dinilai berhasil meningkatkan kinerja sistem.

3.2 Fungsi Objektif

Dalam penelitian ini, fungsi objektif yang digunakan bertujuan untuk meminimalkan persentase *drop* tegangan dalam jaringan distribusi dengan menentukan lokasi optimal pengembangan *express feeder* menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Penurunan *drop* tegangan menjadi faktor utama dalam

menjaga kualitas daya listrik dan memastikan tegangan tetap dalam batas standar yang ditetapkan oleh PLN, yaitu maksimal 5%. Oleh karena itu, fungsi objektif dalam penelitian ini dirancang untuk mencari posisi *express feeder* yang menghasilkan nilai $f(x)$ sekecil mungkin, sehingga sistem distribusi memiliki *drop* tegangan rata-rata yang minimum, atau dengan kata lain kualitas tegangan lebih stabil dan efisien. Secara matematis dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$f(x) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n \frac{|V_{base} - V_i|}{V_{base}} \times 100 \quad (3.1)$$

Dimana:

$f(x)$ = Nilai fungsi objektif (%)

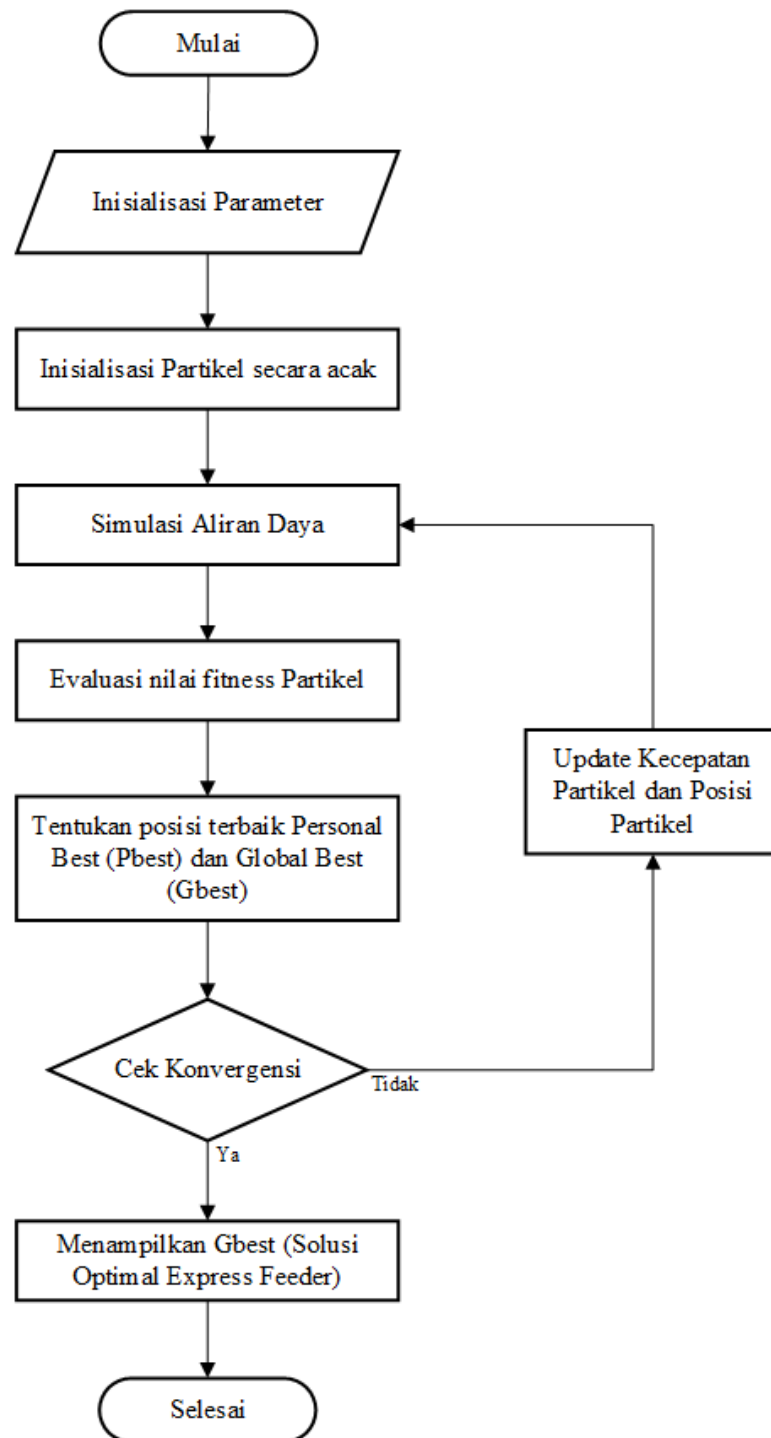
V_{base} = Tegangan pada sumber (20 kV)

V_i = Tegangan pada bus ke- i (kV)

n = Jumlah total bus

3.3 Flowchart Optimasi

Dalam menjalankan algoritma optimasi PSO memiliki tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Flowchart Optimasi

Berdasarkan diagram alir di atas, tahapan-tahapan yang disusun untuk melakukan optimasi pengembangan *express feeder* menggunakan metode PSO. Tahapan penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1) Inisialisasi Parameter

Pada tahap awal dilakukan pengaturan parameter yang akan digunakan dalam algoritma *Particle Swarm Optimazation* (PSO) untuk mencari lokasi optimal pengembangan *express feeder*. Parameter-parameter yang ditentukan meliputi:

- a. Jumlah partikel (N), partikel dalam populasi mempresentasikan solusi potensial dalam pencarian lokasi optimal pengembangan *express feeder* dan jumlah partikel menentukan jumlah solusi yang akan dievaluasi dalam setiap iterasinya.
- b. Dimensi partikel (dim), untuk menentukan jumlah variabel dalam pencarian solusi. Dalam hal ini menggunakan 2 dimensi untuk optimasi pengembangan *express feeder*.
- c. Batas ruang pencarian yang didefinisikan dengan batas minimum (x_{min}) dan batas maksimum (x_{max}). Hal ini ditentukan untuk membatasi pergerakan partikel untuk menemukan solusi optimal.
- d. Bobot inersia (w) berfungsi untuk mengatur keseimbangan antara eksplorasi (mencari area baru) dan eksploitasi (memanfaatkan area terbaik yang ditemukan).
- e. Konstanta percepatan, $c1$ (koefisien kognitif) untuk mendorong partikel mendekati solusi terbaik yang pernah ditemukan sendiri ($Pbest$) dan $c2$ (koefisien sosial) untuk mendorong mendekati solusi terbaik secara global ($Gbest$).

f. Iterasi maksimum (maxite) untuk membatasi jumlah iterasi yang akan dijalankan dalam satu percobaan optimasi.

2) Inisialisasi Partikel secara acak

Pada tahap ini bertujuan untuk memulai proses optimasi dengan posisi secara acak tetapi tetap terkendali dalam ruang pencarian yang telah ditentukan. Penentuan posisi awal partikel dilakukan secara acak dalam batas pencarian ($x_{min} \leq x_i \leq x_{max}$).

3) Simulasi Aliran Daya

Pada tahap ini bertujuan untuk menganalisis hasil informasi dari partikel berupa nilai arus pada masing-masing saluran dan tegangan pada setiap titik beban.

4) Evaluasi *Fitness* Partikel

Fitness merupakan ukuran kualitas suatu solusi. Pada tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi nilai *fitness* berdasarkan fungsi objektif pada partikel dengan membandingkan terhadap nilai-nilai sebelumnya sebagai dasar untuk pembaruan posisi partikel pada iterasi berikutnya.

5) Menentukan *Pbest* dan *Gbest*

Pbest merupakan partikel yang memiliki nilai *fitness* terbaik dan *Gbest* merupakan hasil yang dipilih berdasarkan nilai *fitness* terbaik dari seluruh partikel (global). Tahap ini bertujuan untuk menentukan posisi terbaik yang pernah dicapai oleh setiap partikel dalam populasi berdasarkan nilai *fitness* yang telah dihitung.

6) Cek Konvergensi

Pada tahap ini dilakukan pengecekan apakah *Pbest* dan *Gbest* telah mencapai hasil yang optimal atau belum. Jika konvergensi telah terpenuhi, iterasi dihentikan

dan solusi terbaik (*Gbest*) akan digunakan sebagai rekomendasi pengembangan *express feeder*. Jika belum, maka algoritma akan melanjutkan iterasi dengan memperbarui kecepatan dan posisi partikel, kemudian dilakukan simulasi aliran daya kembali untuk perhitungan ulang.

7) *Update* Kecepatan dan Posisi Partikel

Pada tahap ini, dimana setiap partikel dalam populasi akan diperbarui kecepatan dan posisinya berdasarkan informasi terbaik yang telah ditemukan sebelumnya. Secara matematis, proses pencarian posisi partikel dipengaruhi oleh kecepatan partikel v , dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v_i^{k+1} = w \cdot v_i^k + c_1 r_1 (Pbest_i^k - x_i^k) + c_2 r_2 (Gbest^k - x_i^k) \quad (3.2)$$

Setelah kecepatan diperbarui, posisi partikel diperbarui menggunakan persamaan berikut:

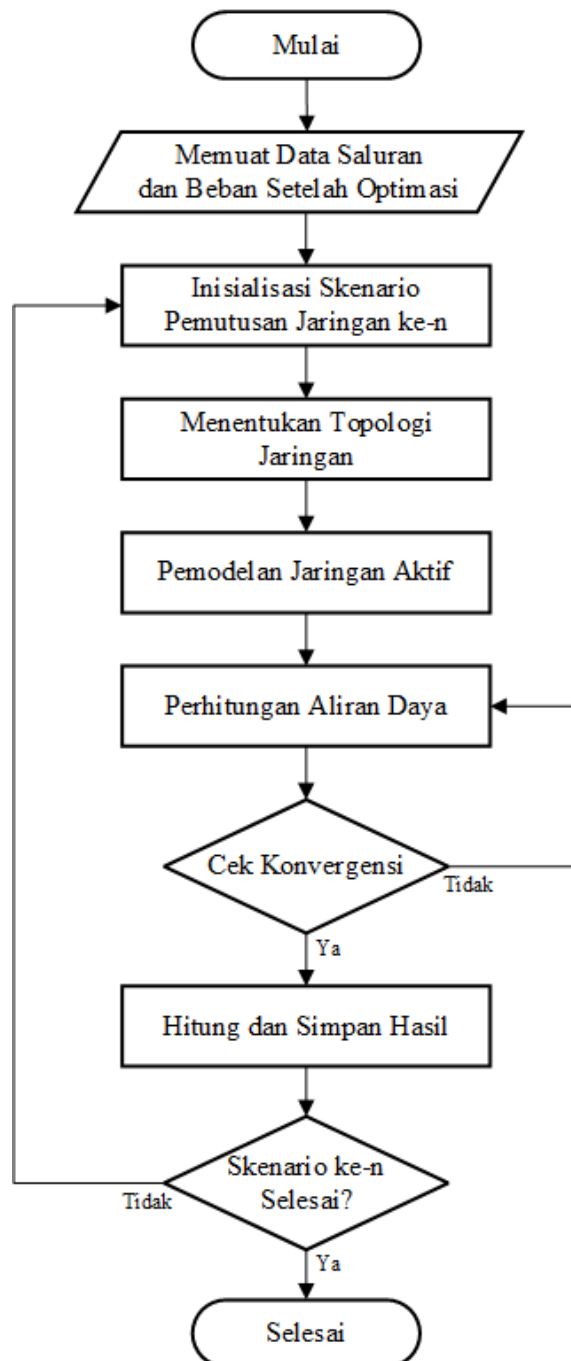
$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (3.3)$$

8) Menampilkan *Gbest* (Solusi Optimal *Express feeder*)

Tahap ini merupakan langkah akhir dalam proses optimasi menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk menentukan lokasi terbaik pengembangan *express feeder*. *Gbest* yang diperoleh merupakan posisi optimal *express feeder* dan LBS yang menghasilkan rata-rata *drop* tegangan terkecil pada jaringan distribusi.

3.4 Flowchart Skenario Kondisi Pemutusan Jaringan

Dalam menjalankan simulasi skenario kondisi pemutusan jaringan memiliki tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 3.3 Flowchart Simulasi Skenario

Berdasarkan diagram alir di atas, tahapan yang dilakukan untuk memperoleh gambaran kinerja jaringan distribusi saat terjadinya pemutusan sebagian saluran, yaitu dengan melakukan beberapa skenario kondisi pemutusan. Tahapan proses tersebut sebagai berikut:

1) Memuat Data Saluran dan Beban Setelah Optimasi

Langkah awal yang dilakukan dalam proses simulasi dimulai dengan pemuatan data saluran dan beban yang telah diperbarui berdasarkan hasil optimasi pengembangan *express feeder*. Data ini mencakup konfigurasi jaringan, nilai impedansi saluran, lokasi bus, serta besarnya beban pada masing-masing titik. Data ini berfungsi untuk memastikan bahwa simulasi dilakukan dengan mencerminkan kondisi sistem distribusi setelah dilakukan optimasi.

2) Inisialisasi Skenario Pemutusan Jaringan ke- n

Pada tahap ini, proses dilanjutkan dengan mengaktifkan skenario pemutusan ke- n , dengan menentukan bagian jaringan yang akan dinonaktifkan, misalnya karena gangguan atau pemeliharaan. Pemutusan ini dilakukan dengan mengubah status saluran tertentu menjadi terbuka (*open*), sesuai dengan parameter yang ditentukan dalam status LBS. Saluran yang dinonaktifkan akan dihapus dari jaringan aktif, sehingga konfigurasi jaringan yang akan dihitung hanya cukup jalur-jalur yang masih tersedia.

3) Menentukan Topologi Jaringan

Pada tahap ini, menentukan ulang topologi jaringan berdasarkan kondisi pemutusan yang dilakukan. Kemudian dilakukan penelusuran bus-bus yang masih terhubung dengan sumber utama atau *root node* (titik sumber). Pemilihan *root node*

disesuaikan dengan kondisi aktivasi *express feeder*. Jika *express feeder* aktif, maka *root node* berpindah ke titik sambungan *express feeder*. Sebaliknya, jika *express feeder* tidak aktif maka *root node* tetap terhubung pada sumber utama (bus 1).

4) Pemodelan Jaringan Aktif

Setelah topologi jaringan berhasil ditentukan, maka selanjutnya dilakukan pemodelan ulang terhadap jaringan tersebut. Proses ini melakukan filter ulang terhadap data saluran dan beban, pemetaan indeks bus menjadi berurutan, serta pembuatan parameter dan matriks teknis yang digunakan pada perhitungan aliran daya, seperti matriks BIBC, dab BCBV.

5) Perhitungan Aliran Daya

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan aliran daya menggunakan metode *Backward Forward Sweep* (BFS). Perhitungan dilakukan secara iteratif untuk menentukan nilai tegangan pada setiap bus, berdasarkan data impedansi dan arus beban. Hasil perhitungan akan digunakan untuk mengevaluasi kualitas tegangan pada jaringan.

6) Cek Konvergensi

Setelah proses iterasi dilakukan, sistem akan melakukan pengecekan konvergensi. Artinya sistem akan memeriksa apakah nilai tegangan yang diperoleh sudah konvergen, yaitu berada dalam batas toleransi perubahan yang telah ditetapkan. Jika proses belum konvergen, maka sistem akan kembali melakukan iterasi secara terus hingga mendapatkan hasil yang stabil atau mencapai batas maksimum iterasi.

7) Hitung dan Simpan Hasil

Apabila hasil perhitungan sudah konvergen, maka dilakukan perhitungan parameter akhir yang ingin dicapai, seperti tegangan minimum dan *drop* tegangan di setiap bus, serta identifikasi bus-bus yang masuk ke dalam kategori kritis, yaitu bus dengan nilai *drop* tegangan melebihi batas toleransi yang dibolehkan. Data hasil ini kemudian disimpan dan divisualisasikan sebagai bagian dari *output* untuk skenario ke-*n*.

8) Pengecekan Skenario

Langkah terakhir dari proses ini adalah melakukan pengecekan terhadap skenario yang sedang dijalankan. Jika belum mencapai skenario terakhir maka proses akan kembali ke tahap awal untuk memuat data dan menjalankan skenario berikutnya. Jika seluruh skenario telah selesai disimulasikan, maka proses dihentikan.