

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 *Flowchart* Penelitian

Tahap-tahap penyusunan Tugas Akhir dilihat pada gambar 3.1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Pertama, melakukan identifikasi masalah dengan membaca referensi-referensi jurnal dan laporan teknis atau yang lainnya untuk menemukan permasalahan yang sering terjadi pada jaringan distribusi 20 kV. Permasalahan yang seering ditemukan adalah berupa penurunan tegangan (*drop* tegangan) pada titik-titik tertentu di jaringan distribusi.

2. Penentuan Lokasi Penelitian

Kedua, Setelah permasalahan teridentifikasi, lokasi penelitian ditentukan dengan mempertimbangkan kesesuaian kondisi jaringan terhadap isu teknis yang diangkat. Lokasi yang dipilih adalah penyulang CLDG pada PT PLN (Persero) ULP Tasikmalaya Kota, karena memiliki potensi permasalahan tegangan rendah.

3. Pengumpulan Data

Ketiga, setelah melakukan identifikasi masalah terkait masalah jaringan distribusi dan menentukan Lokasi penelitian, langkah selanjutnya yaitu melakukan pengumpulan data jaringan yang diperoleh dari PT. PLN

(Persero) Unit Layanan Pengadaan (ULP) Tasikmalaya Kota, diantaranya meliputi:

- a. Data teknis jaringan, seperti panjang saluran, jenis penghantar, kapasitas transformator, *single line diagram* penyulang CLDG, dan impedansi saluran.
- b. Data beban, berupa pola pembebanan pada setiap bus dalam kondisi normal dan beban puncak.

4. Pembuatan Model Awal Jaringan di *Software* ETAP 19.0.1

Keempat, Berdasarkan data yang diperoleh, dibangun model awal jaringan distribusi penyulang CLDG menggunakan *software* ETAP 19.0.1. Pemodelan ini bertujuan untuk:

- a. Memastikan struktur aktual jaringan.
- b. Menentukan titik-titik dengan tegangan terendah.
- c. Menyediakan profil tegangan awal tiap bus sebagai acuan untuk validasi terhadap hasil perhitungan melalui program MATLAB.

5. Pemodelan dan Simulasi Aliran Daya di MATLAB

Kelima, setelah melakukan pemodelan ETAP, selanjutnya model jaringan tersebut direpresentasikan kembali dalam bentuk pemrograman menggunakan *software* MATLAB R2021a. Metode *Backward Forward Sweep* digunakan untuk menghitung aliran daya pada kondisi eksisting. Output dari tahapan ini berupa arus setiap saluran (*Bacward Sweep*) dan tegangan pada setiap bus (*Forward Sweep*). Hasil simulasi ini menjadi dasar dalam menilai kinerja sistem sebelum dilakukan optimasi.

6. Analisis Hasil Eksisting dan Identifikasi Titik Kritis

Keenam, hasil simulasi pada kondisi eksisting dianalisis untuk mengetahui apakah terdapat bus yang mengalami penurunan tegangan melebihi batas yang diizinkan. Berdasarkan SPLN No. 72 Tahun 1987, batas maksimum jatuh tegangan yang diperbolehkan pada jaringan tegangan menengah adalah sebesar 5% dari tegangan nominal yaitu 20 kV.

7. Validasi Hasil Perhitungan BFS dengan simulasi ETAP

Ketujuh, setelah dilakukan analisis simulasi aliran daya kondisi eksisting menggunakan metode *Bacward Forward Sweep* (BFS) di MATLAB, selanjutnya adalah validasi terhadap simulasi ETAP. Validasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa hasil simulasi dari program MATLAB telah merepresentasikan kondisi aktual secara akurat.

Proses dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan tiap bus dan arus saluran antara hasil Program MATLAB dan ETAP. Kesesuaian ini dinyatakan valid jika deviasi tegangan tidak melebihi 0,5% hingga 1%, sesuai batas toleransi umum pada simulasi distribusi.

Jika terdapat selisih signifikan, maka dilakukan peninjauan ulang terhadap struktur jaringan, nilai impedansi, data beban, maupun algoritma BFS hingga hasil menunjukkan konsistensi. Validasi ini menjadi dasar penting sebelum optimasi dilakukan agar seluruh proses berbasis pada model yang telah tervalidasi.

8. Optimasi Lokasi *Express Feeder* dengan Metode Algoritma Genetika

Kedelapan, selanjutnya dilakukan optimasi penempatan *express feeder* menggunakan metode algoritma genetika pada *software* MATLAB. Tujuan dari optimasi ini adalah menemukan konfigurasi penempatan *express feeder*

dan LBS untuk meningkatkan tegangan pada bus-bus kritis, menurunkan rugi-rugi tegangan sepanjang saluran, dan menghasilkan tegangan yang merata dan sesuai standar.

9. Simulasi dan Analisis Perbandingan Kondisi dan Kondisi Setelah Optimasi

Kesembilan, setelah didapatkan konfigurasi optimal, sistem disimulasikan ulang dengan penambahan *express feeder*. Hasil simulasi dibandingkan dengan kondisi awal (eksisting) untuk dilakukan evaluasi anantara lain:

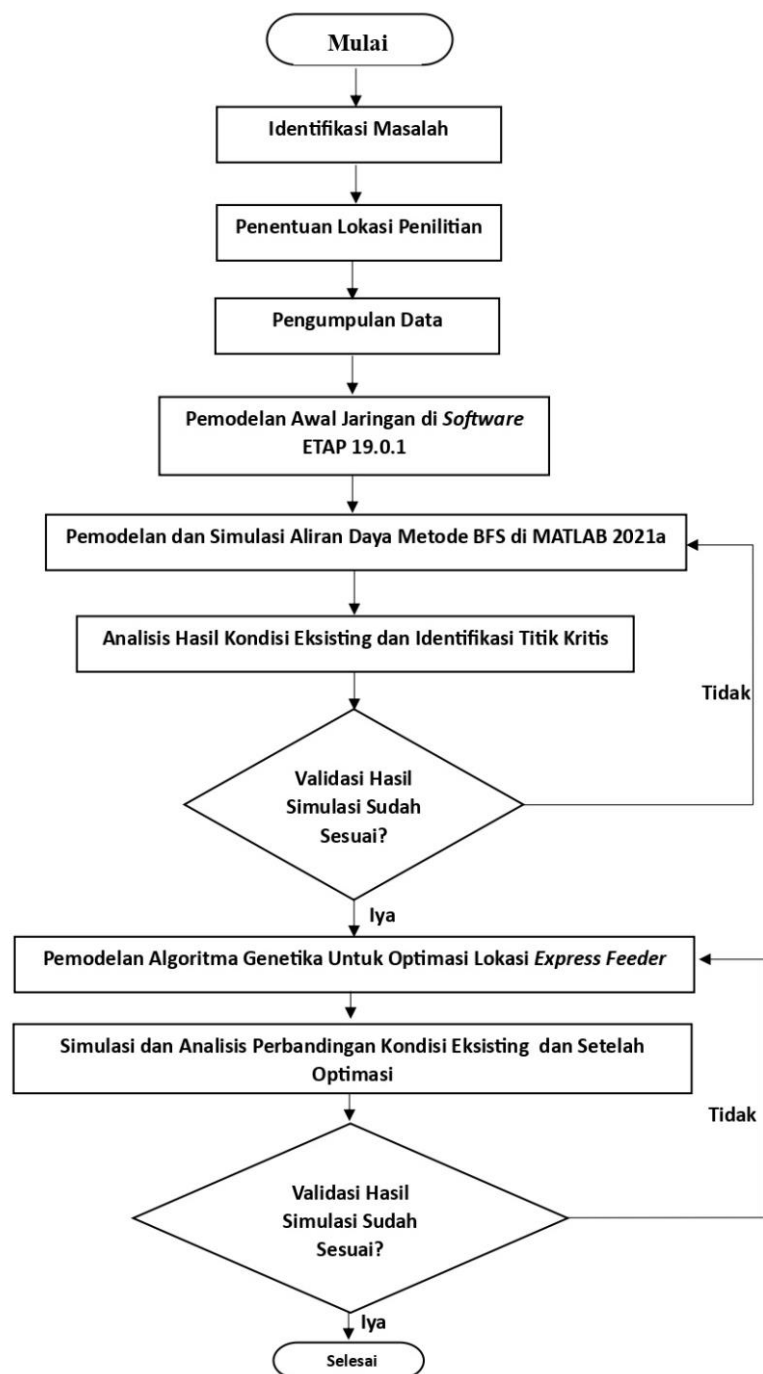
- a. Perbaikan tegangan tiap bus.
- b. Reduksi arus pada saluran utama.
- c. Penurunan total *drop* tegangan.

Tegangan pada setiap bus dikatakan memenuhi standar apabila bus tersebut memiliki nilai tegangan ≥ 19 kV, atau dengan kata lain tidak melebihi batas *drop* tegangan 5% sebagaimana ditetapkan dalam SPLN No. 72 Tahun 1987.

10. Validasi Simulasi Hasil Optimasi dengan ETAP

Kesepuluh, setelah proses optimasi dilakukan pada *Software* MATLAB menggunakan metode algoritma genetika, konfigurasi hasil optimasi disimulasikan ulang di ETAP untuk memastikan konsistensi hasil. Validasi ini mencakup perbandingan profil tegangan tiap bus anantara hasil program MATLAB yang dibuat di MATLAB dan ETAP setelah *exprees feeder* dan LBS dipasang.

Jika validasi hasil belum sesuai, maka dilakukan *review* ulang terhadap struktur jaringan dan pemodelan pada program MATLAB, nilai impedansi saluran dan beban, serta parameter dalam algoritma genetika (populasi, iterasi, dan fungsi *fitness*) hingga diperoleh hasil yang konsisten.

Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Sumber: Data diolah penulis, 2025

3.2 Fungsi Objektif

Dalam penelitian ini akan menggunakan program dari MATLAB R2021a dengan menggunakan metode pendekatan algoritma genetika untuk meningkatkan nilai profil tegangan pada jaringan. Fungsi objektif yang akan menjadi solusi dapat dilihat dari persamaan (3.1).

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

dimana :

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

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

V_i = Tegangan pada bus ke-i (kV)

n = Jumlah total bus

3.3 Flowchart Metode Optimasi Algoritma Genetika

Dalam melakukan optimasi menggunakan algoritma genetika memiliki beberapa tahapan seperti terlihat pada gambar 3.2 yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mulai

Proses dimulai dengan menyiapkan seluruh kebutuhan data yang akan digunakan dalam proses optimasi.

2. Penentuan parameter

Pada tahap ini ditentukan parameter utama dalam proses optimasi, diantara yaitu:

- Jumlah maksimal iterasi pengulangan pencarian solusi (100 iterasi).

- Jumlah konfigurasi jaringan yang di uji pada setiap iterasi (100 konfigurasi).
- Presentase perubahan konfigurasi secara acak (laju Perubahan = 0.2).
- Jumlah konfigurasi terbaik yang diseleksi dalam satu kelompok uji (3 kandidat per seleksi).
- Batas minimal perbaikan untuk menghentikan proses perhitungan optimasi.
- Selain itu, data jaringan seperti data saluran dan data beban juga dimuat dalam tahap ini.

3. Pembangkitan Konfigurasi Awal Jaringan (Inisialisasi Populasi)

Setelah semua parameter ditentukan, sistem akan membangkitkan sejumlah kombinasi konfigurasi jaringan awal secara acak yang terdiri dari kromosom (konfigurasi jaringan) acak, dengan format gen (nomor bus) :

[Asal Bus EF, Tujuan Bus EF, Asal Bus LBS, Tujuan Bus LBS]

Contoh individu (skenario jaringan) : [1, 35, 17, 18]

Artinya:

- *Express Feeder* di rancang dari bus 1 ke bus 35.
- LBS di pasang antara bus 17 dan 18.

4. Kodefikasi

Proses ini melibatkan representasi individu (skenario jaringan) dalam format numerik agar dapat diproses algoritma genetika. Setiap gen dalam kromosom mewakili keputusan teknis, misalnya:

Gen (2) = bus target *express feeder*.

Gen (3:4) = saluran yang akan di *switch* (LBS).

5. Simulasi Aliran Daya dan Penilaian Kinerja Jaringan (Evaluasi *Fitness*)

Setiap skenario diuji melalui simulasi aliran daya menggunakan metode *backward forward sweep* untuk menghitung tegangan di setiap bus. Setelah itu dilakukan perhitungan kinerja jaringan (*fitness*) dengan mengukur rata-rata penurunan tegangan pada seluruh bus. Semakin kecil rata-rata *drop* tegangan, maka semakin baik pula konfigurasi tersebut dalam menjaga kualitas tegangan.

6. Pengecekan Konvergensi (Perbaikan Stabil)

Sistem akan memeriksa apakah perbaikan *drop* tegangan telah stabil (tidak ada penurunan signifikan dalam beberapa iterasi). Jika sudah tercapai, proses dihentikan. Jika belum maka dilanjutkan ke tahap iterasi selanjutnya dengan.

7. Pembentukan Konfigurasi Baru (Iterasi Proses AG ($i = i+1$))

Pada tahap ini dilakukan proses untuk membentuk konfigurasi jaringan baru dengan melalui empat tahapan utama dalam algoritma genetika, yaitu :

a. Seleksi Konfigurasi Terbaik (*Tournament selection*)

Beberapa konfigurasi terbaik dipilih dari kumpulan sebelumnya sebagai “calon solusi unggulan”.

Misal ukuran turnamen = 3. Dari populasi saat ini, dipilih 3 konfigurasi secara acak:

Konfigurasi A = [1, 34, 16, 17] nilai *fitness* = 4.2%

Konfigurasi B = [1, 28, 21, 22] nilai *fitness* = 2.7%

Konfigurasi C = [1, 30, 19, 20] nilai *fitness* = 3.5%

Karena konfigurasi B memiliki *fitness* terkecil, maka konfigurasi ini yang dipilih sebagai dasar pembentukan solusi baru.

b. Penggabungan Konfigurasi (*Crossover*)

Dua konfigurasi terpilih akan dikombinasikan untuk membentuk konfigurasi baru.

Contoh: Konfigurasi 1 : [1, 28, 21, 22]

Konfigurasi 2 : [1, 35, 14, 15]

Hasil Gabungan : [1, 28, 14, 15]

Artinya, konfigurasi baru menggunakan jalur *express feeder* dari konfigurasi pertama dan titik *switching* LBS dari konfigurasi kedua.

c. Penyesuaian Acak (Perubahan konfigurasi/Mutasi)

Untuk menjaga keberagaman solusi dan menghindari stagnasi, beberapa konfigurasi mengalami perubahan acak pada salah satu elemen (nomor bus).

Contoh:

Sebelum mutasi [1, 28, 13, 14]

Mutasi gen ke-2 [1, 32, 13, 14]

Mutasi gen ke-3 [1, 28, 21, 22]

Mutasi mencegah solusi terlalu seragam dan membantu menemukan solusi baru yang mungkin lebih baik.

d. Etilisme dan pembentukan Generasi Baru

Contoh: Jika pada iterasi ke-7 terdapat konfigurasi : [1, 29, 15, 16] nilai $fitness = 1.85\%$

Dan ini adalah nilai $fitness$ sejauh ini, maka konfigurasi ini disimpan dan tetap masuk ke populasi generasi berikutnya tanpa diubah.

e. Simulasi Ulang dan Evaluasi

Konfigurasi-konfigurasi baru hasil dari gabungan dan penyesuaian akan disimulasikan kembali menggunakan metode aliran daya. Proses perhitungan kinerja (*drop* tegangan) dilakukan lagi untuk menentukan konfigurasi terbaik pada siklus tersebut.

f. Penetapan Konfigurasi Jaringan Terbaik

Setelah seluruh proses diulang hingga memenuhi kriteria berhenti (konvergensi tercapai), maka konfigurasi dengan nilai rata-rata *drop* tegangan terkecil dipilih sebagai solusi optimal:

Contoh:

Konfigurasi Optimal = [1, 28, 21, 22]

Rata-rata *drop* Tegangan (*Fitness*) = 2,7%

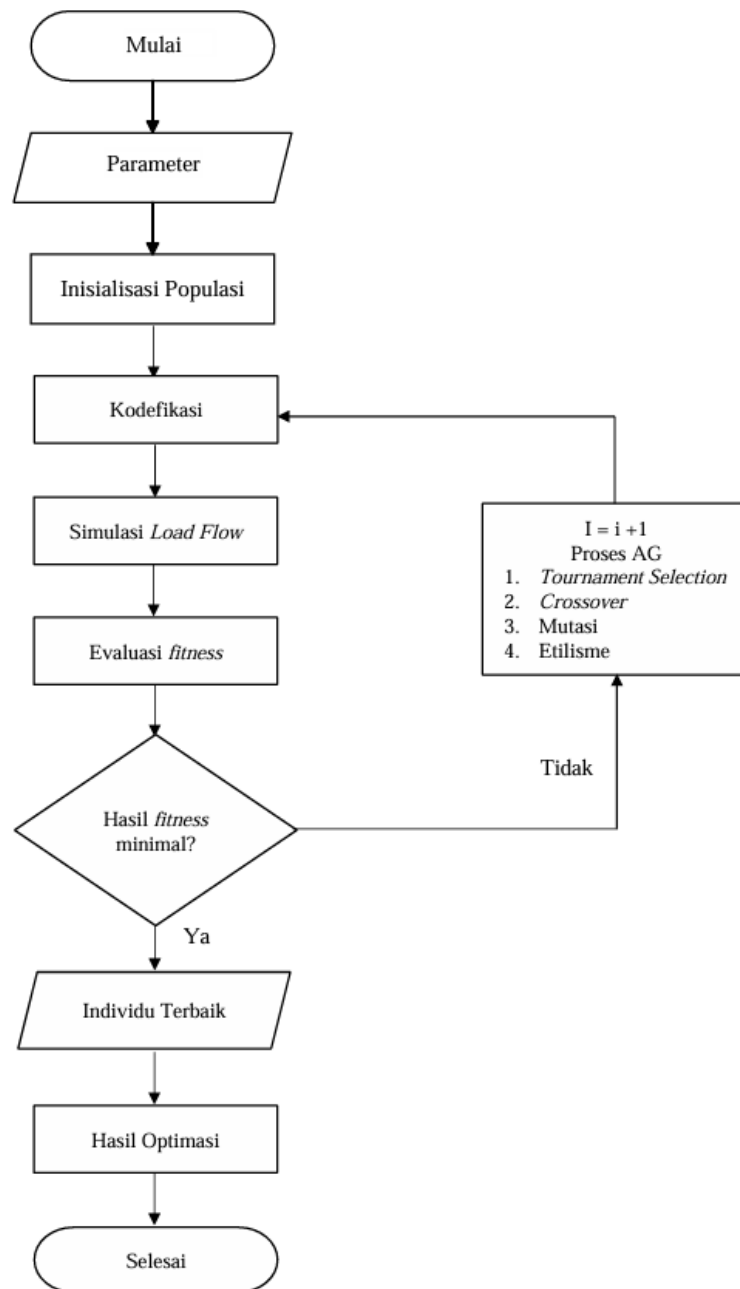
Artinya : *Express feeder* dipasang dari bus 1 ke bus 28

LBS dipasang diantara bus 21 dan 22

Nilai *fitness* yaitu 2.7%

g. Selesai

Proses optimasi selesai, dan hasil konfigurasi optimal ini selanjutnya di bandingkan dengan nilai tegangan pada saat sebelum dilakukan optimasi untuk mengetahui tingkat perbaikan tegangan.



Gambar 3.2 *Flowchart* Metode Optimasi Algoritma Genetika

Sumber: Data diolah penulis, 2025