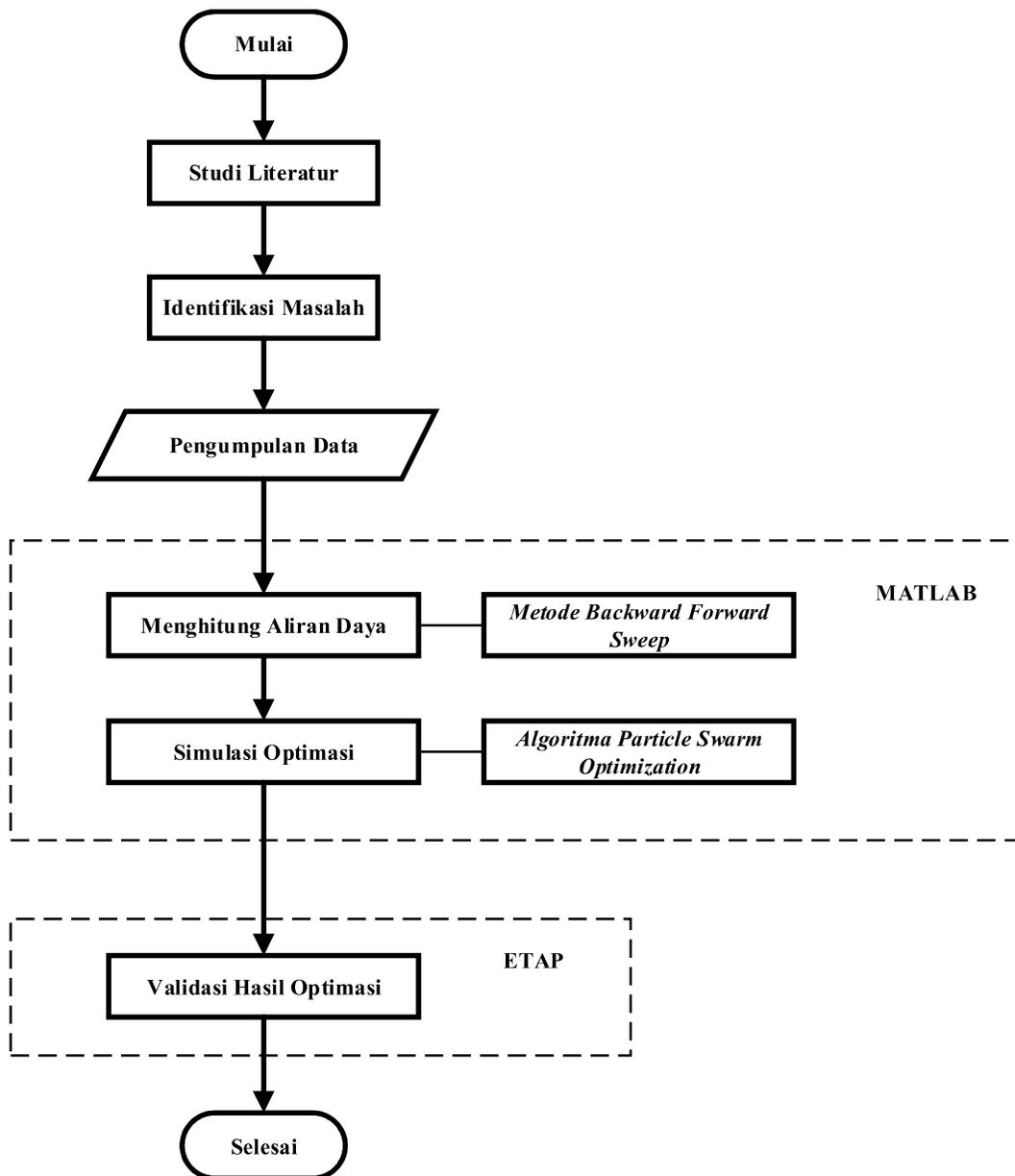


BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Flowcharts Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

Tahap-tahap penyusunan Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pertama, melakukan studi literatur yang bertujuan untuk mencari rumusan masalah dan mencari teori yang dapat digunakan untuk dasar acuan dalam merumuskan masalah, teori yang dipakai dalam penelitian ini diantaranya mengenai jaringan distribusi radial, rekonfigurasi jaringan, kapasitor bank, rugi-rugi daya, metode *backward forward sweep* (BFS), dan metode *particle swarm optimization* (PSO). Referensi ini bersumber dari buku, jurnal nasional ataupun internasional.

2. Identifikasi masalah

Kedua, yang dilakukan adalah melakukan identifikasi masalah yang bersumber dari penyedia listrik (PLN) dan dari beberapa jurnal yang dibaca. Dibagian ini tujuan hasil yang diperoleh yaitu mengetahui masalah yang ada mengenai jaringan distribusi diantaranya yaitu mengenai rugi-rugi daya.

3. Pengumpulan Data

Ketiga, pengumpulan data dengan menggunakan *test case* dari sistem IEEE 33-bus yang merujuk ke jurnal *An Enhanced IEEE 33 Bus Benchmark Test System for Distribution System Studies* ((Dolatabadi *et al.*, 2021)). Data-data ini digunakan untuk menunjang dan membantu menyelesaikan penelitian ini. Data-data tersebut berupa:

- *Single Line Diagram* yang bersumber dari jurnal *An Enhanced IEEE 33 Bus Benchmark Test System for Distribution System Studies*.
- Data profil beban yang bersumber dari jurnal *An Enhanced IEEE 33 Bus Benchmark Test System for Distribution System Studies*.

4. Menghitung Aliran Daya

Keempat, setelah dilakukan pengolahan data maka selanjutnya melakukan perhitungan pada aliran daya pada skema jaringan yang telah dibuat dengan menggunakan metode *Backward Forward Sweep* untuk mengetahui nilai rugi daya, dan untuk menjadi bahan perbandingan dengan hasil optimasi. Perhitungan aliran daya menggunakan *software* MATLAB R2020a.

5. Simulasi Optimasi

Kelima, setelah mendapatkan hasil dari analisis tersebut selanjutnya yaitu optimasi untuk merekonfigurasi ulang jaringan dan penempatan kapasitor bank untuk mengurangi rugi daya dengan menggunakan optimasi algoritma *particle swarm optimization* (PSO) dengan menggunakan *software* MATLAB R2020a.

6. Validasi Hasil Optimasi

Keenam, bagian validasi yang dilakukan dua kali yaitu sebelum melakukan optimasi dan sesudah melakukan optimasi dengan menggunakan *software* ETAP 19.0.1. Validasi ini bertujuan untuk membandingkan hasil sebelum dilakukan optimasi dan sesudah dilakukan optimasi, selain itu rekonfigurasi jaringan dan penempatan

kapasitor bank ini dapat mengurangi nilai rugi daya dengan menggunakan optimasi algoritma *particle swarm optimization* (PSO).

3.2 Fungsi Objektif Yang Digunakan

Perancangan sistem optimasi algoritma *particle swarm optimization* (PSO) ini menggunakan *software* MATLAB R2020a yang bertujuan untuk mengurangi rugi daya. Pembuatan program simulasi ini ada 8 tahap, tahap pertama menentukan parameter untuk optimasi, tahap kedua evaluasi fungsi tujuan dari setiap partikel, tahap ketiga tentukan nilai *Pbest* dan *Gbest* awal, tahap keempat hitung kecepatan dari setiap iterasi, tahap kelima menentukan posisi setiap partikel dari iterasi selanjutnya, tahap keenam evaluasi pada fungsi tujuan dari iterasi setelahnya, tahap ketujuh perbaharui nilai *Pbest* dan *Gbest*, dan tahap kedelapan lakukan pengecekan apakah solusi yang dihasilkan sudah cukup optimal atau belum. Fungsi objektif yang digunakan pada optimasi ini dapat dilihat persamaan berikut (Margeritha, Hartati and Satriya Utama, 2017).

$$P = I^2 \cdot R \dots \dots \dots (3.1)$$

$$P = I^2 \cdot R \cdot l \dots \dots \dots (3.2)$$

$$P = \sum_{i=1}^n I_{ai}^2 R_i + \sum_{i=1}^n I_{ri}^2 R_i \dots \dots \dots (3.3)$$

Ket. :

P = Daya (Watt)

I_{ai} = Arus Aktif (Ampere)

I_{ri} = Arus Reaktif (Ampere)

R = Tahanan (Ohm)

l = Panjang Kabel

Penempatan kapasitor yang optimal ditentukan dengan penentuan jumlah, letak, dan ukuran kapasitor yang terpasang pada jaringan distribusi radial. Tujuan utama pemasangan kapasitor bank ini yaitu untuk mengurangi kerugian jaringan otal dengan meminimalkan biaya total, dalam penelitian ini fungsi objektif yang digunakan dapat dilihat persamaan berikut (Abou El-Ela *et al.*, 2016).

$$\text{Min. } C = k_p \times P_{Loss} + \sum_{j=1}^n k_j^c \times Q_j^c \dots\dots\dots(3.4)$$

Ket. :

C = Total biaya jaringan distribusi (\$)

k_p = Biaya ekuivalen daya aktif yang hilang dalam sistem (\$/kW)

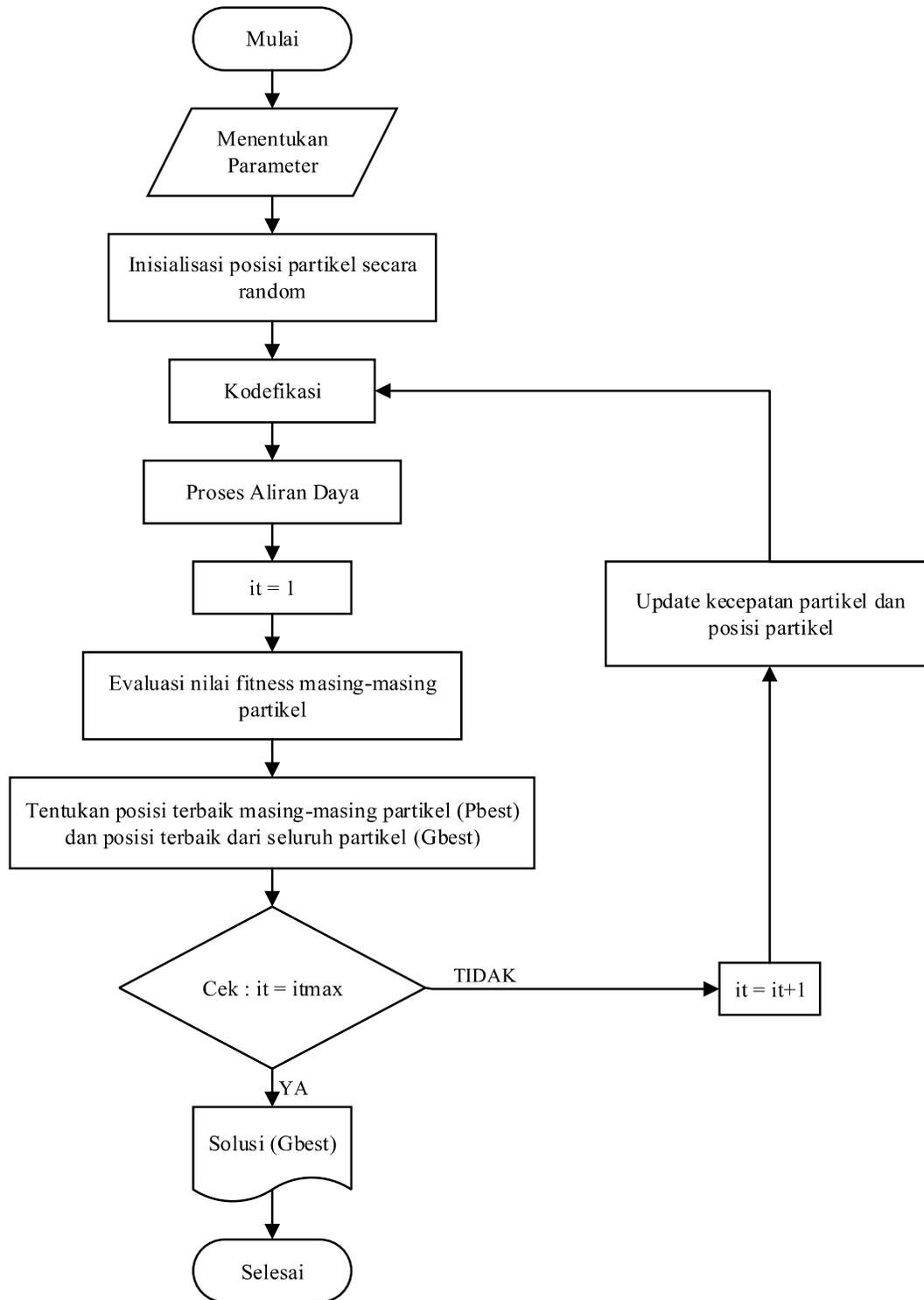
P_{Loss} = Rugi daya (kW)

n = Jumlah bus

Q_j^c = Ukuran kapasitor yang dipasang di bus j

k_j^c = Biaya yang sesuai per kVAR

3.3 Flowcharts Metode Optimasi *Particle Swam Optimization* (PSO)



Gambar 3.2 Flowchart Metode Optimasi

3.3.1 Pemodelan Optimasi *Particle Swarm Optimization* (PSO)

1. Mementukan Parameter

Sebelum dimulainya metode optimasi perlu adanya pembatasan yang disebut parameter. Parameter dalam metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) adalah:

- a. *Objective function* atau fitness (f).
 - b. Jumlah partikel (N).
 - c. Posisi partikel ke- j (x_j).
 - d. Kecepatan partikel ke- j pada iterasi ke- i ($V_j(i)$).
 - e. *Learning rate* untuk kemampuan individu (c_1) dan pengaruh social kelompok (c_2).
 - f. Bilangan acak antara 0 s.d. 1 dalam distribusi normal (r_1, r_2).
 - g. Posisi terbaik untuk setiap partikel dalam kelompok (P_{best}).
 - h. Posisi terbaik dalam kelompok (G_{best}).
2. Inisialisasi partikel secara random.
 3. Kodefikasi .
 4. Melakukan proses simulasi aliran daya (*load flow*).
 5. Menghitung evaluasi nilai fitness dari setiap partikel.
 6. Tentukan nilai dari P_{best} dan G_{best} .
 7. Menghitung kecepatan dari setiap iterasi selanjutnya, dengan persamaan:

$$V_j(i) = \theta V_j(i - 1) + c_1 r_1 [P_{bestj} - X_j(i - 1)] + c_2 r_2 [G_{bestj} - X_j(i - 1)] \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana :

i = Iterasi ke-.....

j = 1,2,3,4,5,.....,n

r_1 dan r_2 = Bilangan random

8. Tentukan posisi dari tiap partikel sesuai dengan iterasi selanjutnya dengan menggunakan persamaan:

$$X_j(i) = X_j(i - 1) + V_j(i) \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana :

X_j = Posisi partikel pada iterasi selanjutnya

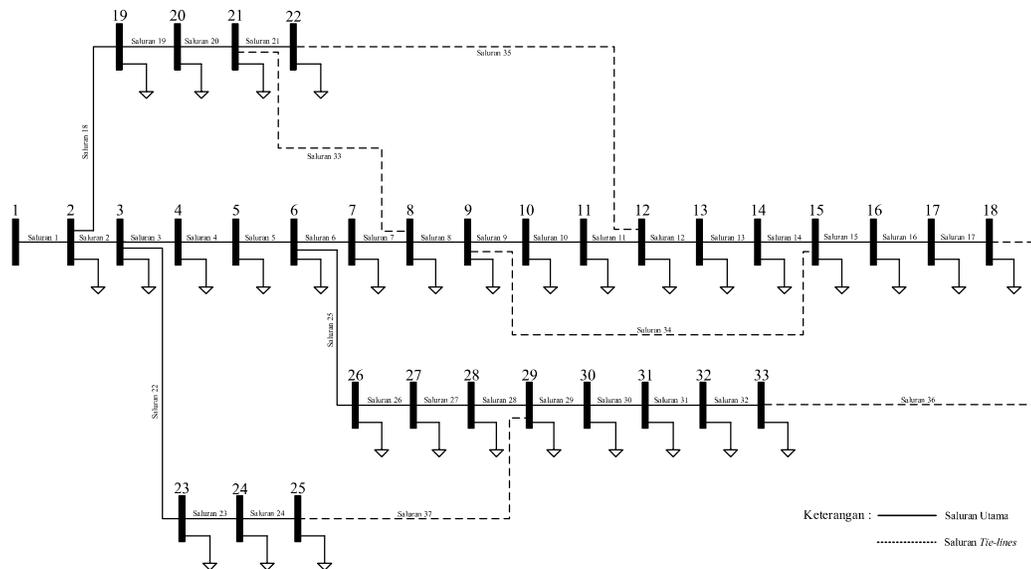
V_j = Kecepatan pada iterasi selanjutnya

9. Lakukan evaluasi pada fungsi tujuan dari iterasi selanjutnya.
10. Lakukan pengecekan terkait solusi yang sudah dijalankan dengan menggunakan optimasi tersebut, apakah optimasi sudah terpenuhi atau belum. Jika sudah memenuhi, maka proses optimasi ini akan berhenti, dan jika belum mendapatkan hasil yang sesuai maka proses akan kembali ke Langkah modifikasi.

3.4 Model Jaringan

Model jaringan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Sistem IEEE 33-bus Standar, dimana model jaringan ini merupakan jaringan radial yang sama seperti kondisi jaringan yang ada di Indonesia. Model jaringan ini sering digunakan untuk penerapan metode optimasi, agar metode tersebut dapat dipakai di berbagai jaringan yang ada. Berikut model jaringan dapat dilihat pada Gambar 3.3. Sistem jaringan IEEE 33-bus ini terdiri dari 1 pembangkit, 33 bus jaringan tegangan

menengah, dan 37 saluran dengan 32 saluran utama yang tertutup serta 5 saluran *tie-lines*, dengan tegangan sebesar 20 kV, dan total pada beban sebesar 3715 + j2300 kVAR.



Gambar 3.3 Model Jaringan Sistem IEEE 33-Bus Standar

3.5 Data Beban Jaringan Distribusi Radial IEEE 33-Bus

Tabel 3.1 Data Beban Sistem IEEE 33-Bus

No. Bus	Beban		No. Bus	Beban	
	P (MW)	Q (MVAR)		P (MW)	Q (MVAR)
1	0.0000	0.0000	18	0.0900	0.0400
2	0.1000	0.0600	19	0.0900	0.0400
3	0.0900	0.0400	20	0.0900	0.0400
4	0.1200	0.0800	21	0.0900	0.0400
5	0.0600	0.0300	22	0.0900	0.0400
6	0.0600	0.0200	23	0.0900	0.0500
7	0.2000	0.1000	24	0.4200	0.2000
8	0.2000	0.1000	25	0.4200	0.2000
9	0.0600	0.0200	26	0.0600	0.0250
10	0.0600	0.0200	27	0.0600	0.0250
11	0.0450	0.0300	28	0.0600	0.0200
12	0.0600	0.0350	29	0.1200	0.0700

No. Bus	Beban		No. Bus	Beban	
	P (MW)	Q (MVAR)		P (MW)	Q (MVAR)
13	0.0600	0.0350	30	0.2000	0.6000
14	0.1200	0.0800	31	0.1500	0.0700
15	0.0600	0.0100	32	0.2100	0.1000
16	0.0600	0.0200	33	0.0600	0.0400
17	0.0600	0.0200			
Total				3.7150	2.3000

3.6 Data Saluran Jaringan Distribusi Radial IEEE 33-Bus

Tabel 3.2 Data Saluran Sistem IEEE 33-Bus

No. Saluran	Saluran		Impedansi	
	Bus Kirim	Bus Tujuan	R (Ohm)	X (Ohm)
1	1	2	0.0922	0.0470
2	2	3	0.4930	0.2511
3	3	4	0.3660	0.1864
4	4	5	0.3811	0.1941
5	5	6	0.8190	0.7070
6	6	7	0.1872	0.6188
7	7	8	0.7114	0.2351
8	8	9	1.0300	0.7400
9	9	10	1.0440	0.7400
10	10	11	0.1966	0.0650
11	11	12	0.3744	0.1238
12	12	13	1.4680	1.1550
13	13	14	0.5416	0.7129
14	14	15	0.5910	0.5260
15	15	16	0.7463	0.5450
16	16	17	1.2890	1.7210
17	17	18	0.7320	0.5740
18	2	19	0.1640	0.1565
19	19	20	1.5042	1,3554
20	20	21	0.4095	0.4784
21	21	22	0.7089	0.9373
22	3	23	0.4512	0.3083
23	23	24	0.8980	0.7091
24	24	25	0.8960	0.7011
25	6	26	0.2030	0.1034
26	26	27	0.2842	0.1447

No. Saluran	Saluran		Impedansi	
	Bus Kirim	Bus Tujuan	R (Ohm)	X (Ohm)
27	27	28	1.0590	0.9337
28	28	29	0.8042	0.7006
29	29	30	0.5075	0.2585
30	30	31	0.9744	0.9630
31	31	32	0.3105	0.3619
32	32	33	0.3410	0.5302
33	8	21	2.0000	2.0000
34	9	15	2.0000	2.0000
35	12	22	2.0000	2.0000
36	18	33	0.5000	0.5000
37	25	29	0.5000	0.5000