

BAB III METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan untuk pembahasan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan adalah mempelajari dan memahami konsep tentang analisis aliran daya listrik, kapasitor bank, perangkat *FACTS devices* berupa STATCOM, serta metode yang digunakan untuk optimasi yaitu BFO.

3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam menyelesaikan penelitian. Data – data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu meliputi data bus pembangkitan, beban, serta saluran antar bus pada sistem transmisi Jawa Madura Bali 500 kV serta data IEEE-30 bus. Sedangkan dari data *single line* diagram, bus-bus yang ada akan diklasifikasikan menjadi *slack* bus, bus generator, dan bus beban. Data yang dituliskan kemudian akan dimasukkan dalam urutan program (*listing program*) dalam algoritma BFO.

3.3 Analisis Aliran Daya

Setelah studi literatur dan pengambilan data selesai dikerjakan, tahap selanjutnya adalah analisis *load flow* dari data-data tersebut dengan metode *Newton Raphson*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui rugi-rugi daya awal dan menentukan bus-bus dengan *level* tegangan di bawah batas yang diijinkan. Bus-bus tersebut merupakan bus yang direkomendasikan untuk dipasang FACTS. Kemudian dengan menggunakan algoritma *Bacterial Foraging Optimization* menentukan kapasitas dan lokasi penempatan kapasitor bank ataupun STATCOM paling optimal untuk memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya.

3.3.1 Penerapan Algoritma *Bacterial Foraging Optimization* (BFO) dalam Penambahan STATCOM

Penerapan parameter algoritma *Bacterial Foraging Optimization* (BFO) digunakan untuk menentukan letak optimum STATCOM dalam memperbaiki profil tegangan. Pada penelitian ini, kapasitas STATCOM yang digunakan dibatasi pada

rentang 0 MVAR sampai 600 MVAR dengan tegangan 500 kV pada sistem transmisi Jawa Madura Bali 500 kV. Kapasitas ini didasarkan pada *technical data* ABB untuk memperbaiki stabilitas dan kapabilitas sistem transmisi 500 kV, dimana *range* FACTS dibatasi dengan nilai 450 MVAR induktif dan 600 MVAR kapasitif. Dibatasi jumlah FACTS yang akan diimplementasikan adalah 3 FACTS.

Algoritma *Bacterial Foraging Optimization* (BFO) digunakan untuk menentukan letak optimal dari FACTS untuk meminimalisasi rugi daya yang terjadi sekaligus memperbaiki *level* tegangan yang tidak sesuai dengan standard yang ditentukan.

3.3.2 Penentuan Parameter Algoritma BFO

Penerapan parameter algoritma BFO yang digunakan untuk menentukan letak optimum kapasitor bank dan STATCOM yang bertujuan untuk memperbaiki performansi sistem tenaga listrik ialah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Parameter BFO

Parameter	Nilai
Jumlah Bakteri (<i>Nbac</i>)	$S = 20$
Panjang Langkah <i>Swimming</i> (<i>Nswim</i>)	$N_s = 2$
Jumlah Iterasi proses <i>chemotactic</i> (<i>Nchem</i>) ($N_c > N_s$)	$N_c = 4$
Jumlah Reproduksi (<i>Nrep</i>)	$N_{re} = 10$
Jumlah <i>Elimination</i> dan <i>Disperal</i> (<i>Ned</i>)	$N_{ed} = 10$
Probabilitas <i>Elimination</i> dan <i>Disperal</i> (<i>Ped</i>)	$P_{ed} = 0,5$
Lokasi masing-masing bakteri	$P(p, S, 1)$
Nilai koefisien $d_{attractant}, w_{attractant}, h_{repellant}, w_{repellant}$	0 – 1
Nutrisi	Rugi Daya

Fungsi obyektif berfungsi untuk meminimalisasi rugi daya nyata sistem yang secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum P_{loss} = \sum_{k=1}^{nl} G_k [V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos \theta_{ij}] \quad (3-1)$$

Keterangan :

nl = jumlah saluran transmisi

G_k = konduktansi saluran ke k

V_i, V_j = besar tegangan pada bus i dan j pada saluran ke k .

θ_{ij} = sudut fasa tegangan pada bus i dan j

Total deviasi tegangan adalah sebagai berikut :

$$VD = \sum_{k=1}^{NL} |(V_k - V_k^{ref})| \quad (3-2)$$

Keterangan :

VD = Total deviasi tegangan

NL = Jumlah bus

$V_k^{ref} = 1.0$ p.u.

Maka fungsi obyektif (*fitness*) dirumuskan sebagai berikut :

$$F = P_{loss} + VD \quad (3-3)$$

3.3.3 Batasan Persamaan

Permasalahan minimalisasi juga dipengaruhi oleh beberapa batasan persamaan yaitu:

$$P_{Gi} - P_{Di} - V_i \sum_{j=1}^{NB} V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B \sin \theta_{ij}) = 0 \quad (3-4)$$

$$Q_{Gi} - Q_{Di} - V_i \sum_{j=1}^{NB} V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B \cos \theta_{ij}) = 0 \quad (3-5)$$

$i = 1, 2, \dots, N_B$

dimana N_B adalah jumlah bus, P_G adalah daya aktif pembangkitan, Q_G adalah daya reaktif pembangkitan, P_D adalah daya aktif beban, Q_D adalah daya reaktif beban, sementara G_{ij} dan B_{ij} adalah konduktansi dan susceptansi antara bus i dan j .

3.3.4 Batasan Pertidaksamaan

Perlu juga diperhatikan beberapa batasan pertidaksamaan yang akan mempengaruhi performansi sistem tenaga yang diharapkan :

1. Tegangan tiap bus dibatasi pada rentang sebagai berikut :

$$V_i^{min} \leq V_i \leq V_i^{max} \quad (3-6)$$

Dimana i = nomor bus

$V^{min} = 0,95$ pu; $V^{max} = 1,05$ pu

- b.) Persamaan pembangkitan yang terdiri dari tegangan generator, daya aktif keluaran, daya reaktif keluaran yang memiliki batas sebagai berikut:

$$V_{Gi min} \leq V_{Gi} \leq V_{Gi max}, i = 1, 2, \dots, N_G \quad (3-7)$$

$$P_{Gi min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi max}, i = 1, 2, \dots, N_G \quad (3-8)$$

$$Q_{Gi min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi max}, i = 1, 2, \dots, N_G \quad (3-9)$$

- c.) Daya reaktif yang diijinkan untuk komponen kompensator STATCOM dibatasi pada rentang $0 \leq Q_{ci} \leq 600$ MVAR dengan $i = 1, \dots, N_{var}$;

dimana N_{var} = jumlah sumber VAR

d.) Tegangan dan sudut fasa STATCOM dibatasi pada rentang

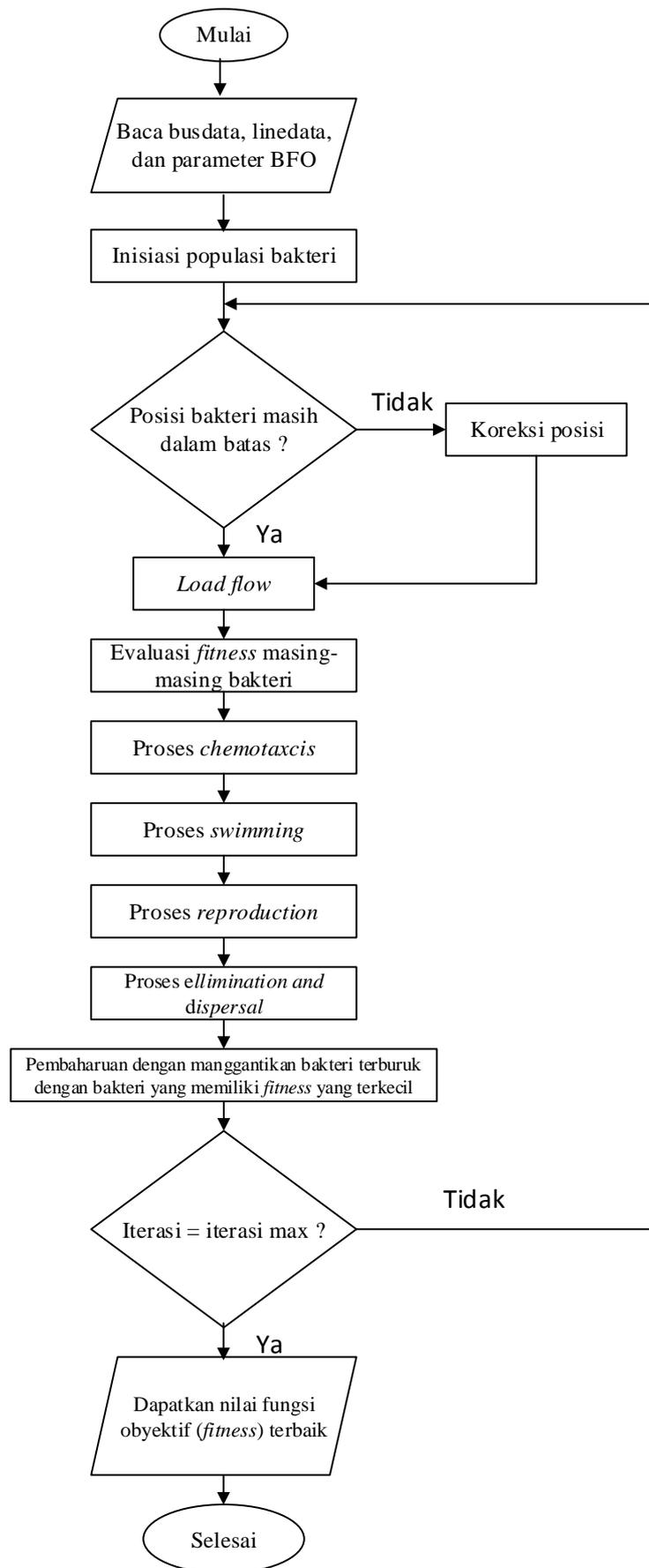
$$0.9 pu \leq V_{VR} \leq 1.05 pu; \quad (3-10)$$

$$-180^0 \leq \delta_{VR} \leq 180^0 \quad (3-11)$$

3.4 Analisa Hasil Simulasi

Setelah dilakukan simulasi, baik analisis aliran daya menggunakan *Newton–Raphson* maupun penerapan algoritma *Bacterial Foraging Optimization* sebagai metode optimasi penempatan kapasitor bank dan STATCOM, langkah selanjutnya adalah analisis hasil simulasi tersebut untuk dapat menjawab pertanyaan pada rumusan masalah :

1. Perbandingan daya aktif-reaktif serta tegangan sebelum dan sesudah dipasang kapasitor bank dan STATCOM.
2. Mendapatkan letak serta kapasitas paling optimal dari kapasitor bank dan STATCOM.
3. Mengetahui perbandingan rugi-rugi daya dan perbaikan profil sistem antara kapasitor bank dan STATCOM.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian dengan Implementasi BFO