

## SETTING PARAMETER SINGLE MACHINE INFINITE BUS VIA GENETIC ALGORITHM

**Bedy Kharisma, Imam Robandi**

Research Group on Power System Operation and Control,  
Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111, INDONESIA  
e-mail: b\_dee\_elits@yahoo.com, robandi@ee.its.ac.id

### ABSTRAKSI

Paper ini mempresentasikan metode penalaan parameter untuk mendapatkan performansi yang optimum dari sebuah Single Machine Infinite Bus (SMIB).

Genetic Algorithm (GA) digunakan sebagai metode pencarian parameter parameter yang sesuai dari SMIB tersebut, untuk mencari performansi SMIB yang stabil, terkontrol, terobserve, memiliki settling time yang cepat, dan overshoot yang minimum. Dari hasil running simulasi menggunakan Genetic Algorithm didapatkan sebuah sistem yang selain stabil, terkontrol dan terobserve, juga memiliki time settling yang cepat. Pada grafik step response kecepatan sudut dapat dilihat bahwa sistem memiliki time settling 7.64 detik, dan nilai overshoot  $9.909e^{-5}$ .

**Kata kunci:** single machine infinite bus, genetic algorithm.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam mendapatkan performansi yang optimal dari sebuah SMIB, telah banyak dilakukan berbagai cara diantaranya adalah dengan pemasangan PSS [1,2]. PSS tersebut dipasang pada sebuah sistem yang sudah ada dengan tujuan meningkatkan performansi sistem. Namun Sebenarnya performansi yang optimal tersebut dapat didapatkan pada saat setting parameter SMIB tersebut pada awal pembuatan. dengan nilai konstanta konstanta yang sesuai akan didapatkan sebuah sistem yang memiliki performansi optimum. Namun metode trial and error akan menghasilkan sebuah sistem yang tidak stabil atau tidak optimum.

Genetic algorithm [1] dalam hal ini digunakan untuk mencari nilai konstanta konstanta yang sesuai untuk mendapatkan SMIB dengan performansi yang diharapkan yaitu selain stabil, terkontrol, terobserve, juga harus memiliki time settling yang cepat dan overshoot yang minimum [3].

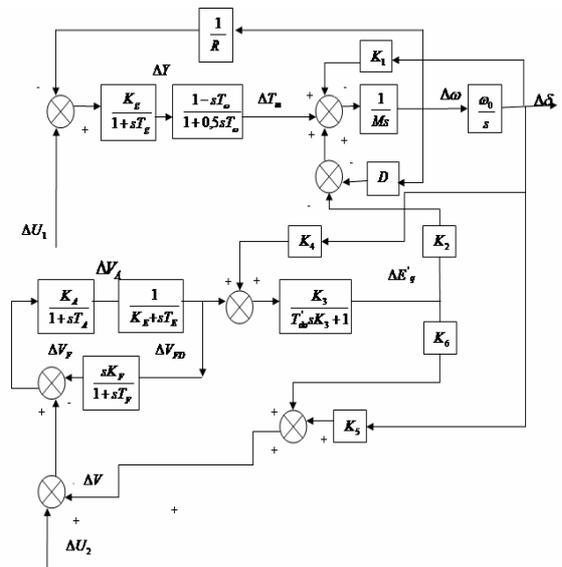
Pada pemecahan masalah menggunakan genetic algoritim nilai parameter parameter yang dicari dikodekan dalam bentuk kromosom yang nantinya dievaluasi melalui fungsi fitness, sehingga didapatkan sebuah suatu kromosom yang memiliki nilai fitness tertinggi. Nilai Nilai yang dikodekan kromosom inilah yang diharapkan mampu memenuhi kriteria kriteria dari suatu performansi optimal dari suatu SMIB .

Dari hasil running GA untuk setting parameter SMIB didapatkan parameter parameter yang sesuai dengan performansi yang stabil, terobserve, dan terkontrol dengna nilai settling time 7.64 detik dan nilai overshoot  $9.909e^{-5}$ .

### 2. SINGLE MACHINE INFINITE BUS

Model sistem linear jaringan tenaga listrik multimesin berbasis pada pemodelan Park [1,4] dengan asumsi tahanan resistor diabaikan, kondisi sistem dianggap seimbang, kejenuhan inti generator diabaikan, dan beban dianggap sebagai beban statik. Dari pemodelan tersebut, untuk mendapatkan model mesin tunggal, mesin ke-j diabaikan.

Sehingga didapatkan sebuah model SMIB [1,5], seperti tampak pada gambar 1.



**Gambar 1.** Single Machine Infinite Bus [1]

Dengan data parameter turbin air, governor, exciter standar IEEE type 1, generator [1,4,5]:

- R = konstanta pengatur turbin air
- M = konstanta kelembaman
- D = konstanta redaman
- T<sub>g</sub> = konstanta waktu governor

- $T_w$  = konstanta waktu turbin
- $T_d$  = konstanta waktu generator
- $T_e$  = konstanta waktu exciter
- $T_f$  = konstanta waktu penguat regulator tegangan
- $T_a$  = konstanta waktu penguat regulator
- $K_g$  = konstanta governor
- $K_e$  = konstanta exciter
- $K_f$  = konstanta penguat regulator tegangan
- $K_a$  = penguat regulator

dan data parameter mesin, dapat dicari dari rumus di bawah ini :

$$K_1 = (x_q - x'_d)I_q F_d + (E'_q + (x_q - x'_d)I_d)F_q \quad (1)$$

$$K_2 = (1 + (x_q - x'_d)Y_1)I_q + (E'_q + (x_q - x'_d)I_d)Y_2 \quad (2)$$

$$K_3 = 1 / (1 + (x_d - x'_d)F_d) \quad (3)$$

$$K_4 = (x_d - x'_d)F_d \quad (4)$$

$$K_5 = ((V_d x_q F_q) - (V_q x'_d F_d)) / V_t \quad (5)$$

$$K_6 = (V_d x_q Y_2 + V_q (1 - x'_d Y_1)) / V_t \quad (6)$$

Diagram blok pada Gambar 1 diubah menjadi persamaan state space berikut.

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (7)$$

$$y = Cx \quad (8)$$

dengan,

**A** = matriks sistem (n x n)

**B** = matriks kontrol (n x m)

**C** = matriks pengukuran

$x$  = variabel keadaan

$y$  = variabel keluaran

Dari persamaan state space tersebut, stabiliti, kontrolabiliti dan observabiliti [3] dapat diamati, serta dari step responsenya dapat diamati settling time dan overshootnya. Yang kesemuanya akan digunakan sebagai fungsi evaluasi individu dalam GA.

### 3. GA DALAM PENALAN PARAMETER SMIB

Prinsip dasar GA pertama kali dikemukakan oleh Holland. GA diinspirasi oleh mekanisme seleksi alam, individu yang lebih kuat merupakan pemenang pada kompetisi lingkungan. Melalui metode evolusi genetik, solusi optimal dapat ditemukan yang diwakili oleh individu terbaik pada akhir generasi pada algoritma genetika [1].

Implementasi GA kali ini digunakan sebagai pemecahan masalah dalam menentukan parameter parameter yang sesuai untuk mendapatkan performansi yang optimal. Optimal berarti SMIB tersebut stabil, terkontrol, terobserve, memiliki settling time yang cepat dan overshoot yang minimum.

Dalam metode ini parameter parameter SMIB yang akan ditala antara lain  $R, M, D, T_g, T_w, T_d, T_e, T_f, T_a, K_g, K_e, K_f, K_a$  dari Gambar 1 diwakili oleh suatu kromosom, kromosom terdiri dari perwakilan dari ketigabelas nilai parameter yang akan ditentukan tersebut. Sedangkan nilai dari  $K_1$  hingga

$K_6$  diambil dari dihitung menggunakan persamaan persamaan 1 hingga 6. Dan nilai dari masing masing parameter yang akan ditala tersebut direpresentasikan dalam bentuk 10 bit biner.

Fungsi evaluasi dalam GA ini adalah untuk menentukan parameter parameter yang menghasilkan performansi SMIB yang optimal, yaitu stabil, terkontrol, terobserve, settling yang cepat dan overshoot yang minimum. Untuk itu dari model matematika yang sudah diubah ke dalam persamaan state space tadi, diamati nilai eigen value (persamaan 11) dari matriks **A** untuk menentukan stabilitas dari SMIB, dan rank dari matriks **P** dan **H** untuk menentukan kontrolabilitas dan observabilitas. Dengan nilai matriks **P** dan **H** (persamaan 9 dan 10) [3] adalah sebagai berikut:

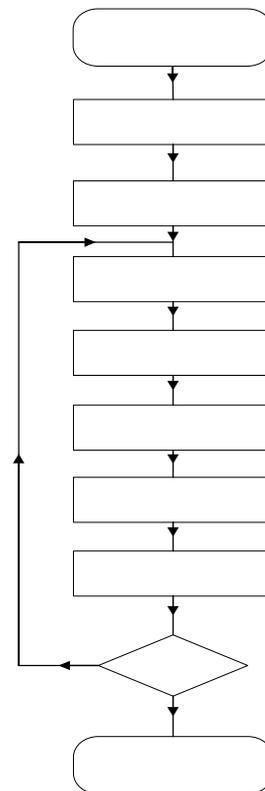
$$P = [CB \mid CAB \mid CA^2B \mid \dots \mid CA^{n-1}B] \quad (9)$$

$$H = [C^T \mid A^T C^T \mid (A^T)^2 C^T \mid \dots \mid A^{T(n-1)} C^T] \quad (10)$$

Dan nilai eigen value dari matriks **A** dicari melalui persamaan:

$$\det(A - \lambda I) = 0 \quad (11)$$

Sistem tersebut dinyatakan terkontrol dan terobserve apabila nilai rank(P) = n dan nilai rank(H) = n. Selain ketiga parameter tersebut diatas, nilai settling time dan overshoot harus diperhatikan, mengingat bahwa sistem yang baik adalah sistem yang memiliki settling time yang cepat dan overshoot yang minimum. nilai settling time dan overshoot dapat diamati dari step response sistem tersebut.



Gambar 2. flowchart GA

Operasi genetika, pada proses GA kromosom mengalami operasi genetik yaitu proses pindah silang dengan probabilitas pindah silang 0.9 dan proses mutasi dengan probabilitas 0.8. Pada operasi genetik terjadi pertukaran dan perubahan sifat dasar kromosom induk yang diharapkan akan memberikan sifat yang lebih baik pada keturunannya. Secara umum flowchart dari GA ini bisa dilihat pada Gambar 2.

Dengan operasi genetika tersebut diharapkan pada offspring memiliki individu baru yang lebih baik daripada generasi sebelumnya. Pada running GA ini dibatasi hingga 50 generasi dengan jumlah populasi 200 tiap generasi.

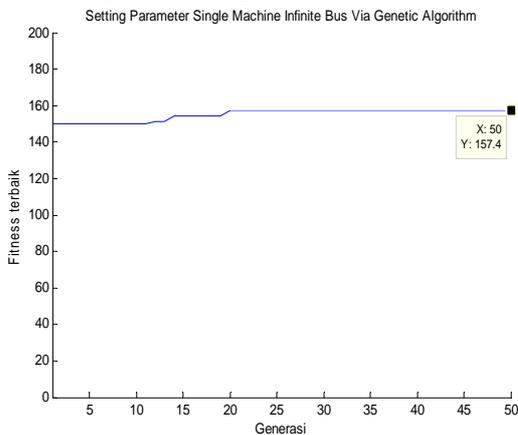
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data untuk menentukan parameter  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$  SMIB diambil dari PLTA Saguling. Sedang parameter parameter yang lain, yaitu :  $R, M, D, T_g, T_w, T_d, T_e, T_f, T_a, K_g, K_e, K_f, K_a$ , dioptimasi menggunakan GA untuk mendapatkan performansi yang optimum.

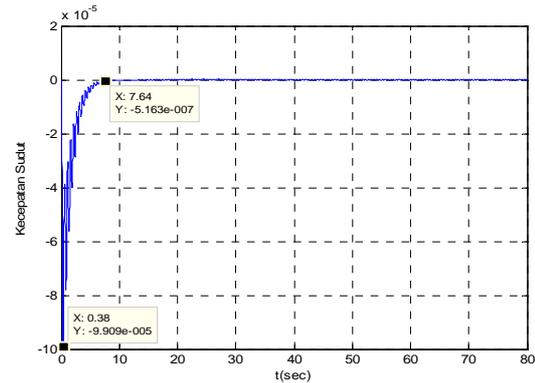
Dari data PLTA Saguling [2,6] didapatkan nilai  $K_1$  hingga  $K_6$  sebagai berikut:

- $K_1 = 2.3983$
- $K_2 = 1.4755$
- $K_3 = 0.1921$
- $K_4 = 1.3095$
- $K_5 = -0.5626$
- $K_6 = 0.0583$

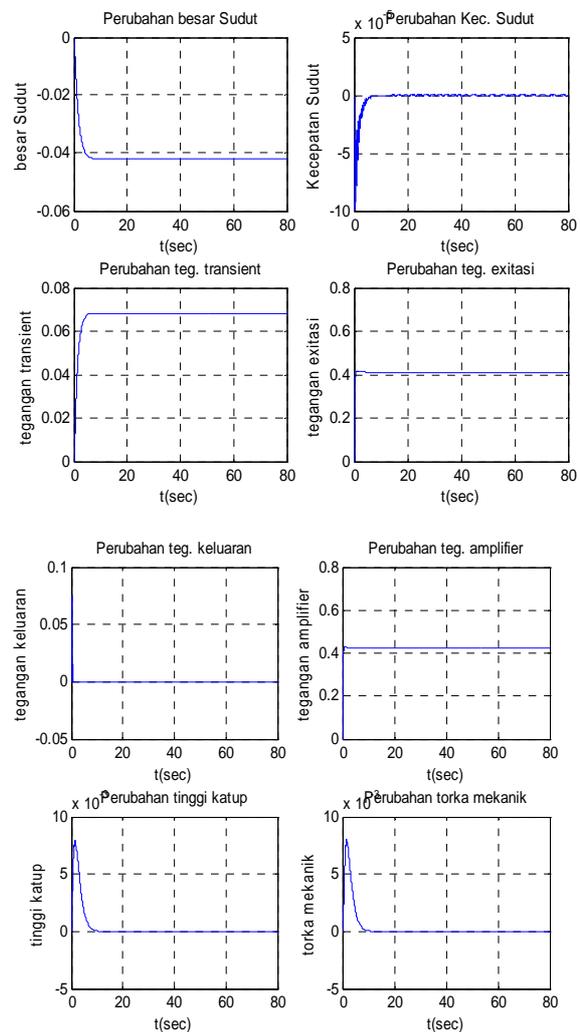
Dari hasil running simulasi menggunakan Genetic Algorithm didapatkan:



Gambar 3. nilai fitness terbaik tiap generasi



Gambar 4. perubahan kecepatan sudut menggunakan hasil running genetic algorithm.



Gambar 5. perubahan kecepatan sudut, perubahan besar sudut, perubahan tegangan transient, perubahan tegangan excitasi, perubahan tegangan keluaran, perubahan tegangan amplifier, perubahan tinggi katup, perubahan torka mekanik.

Parameter untuk performansi di atas:

R = 0.0503      M = 6  
D = 22          Tg = 1.0260  
Tw = 0.0510    Td = 7.5881  
Te = 0.0501    Tf = 0.0510  
Ta = 0.1180    Kg = 10.0367  
Ke = 1.0260    Kf = 0.0501  
Ka = 0.4337

Selain dari performansi diatas, nilai nilai stabiliti, kontrolabiliti, dan observabiliti juga diamati. Dari uji stabilitas didapatkan eigen value dari matriks A yang semuanya bernilai negatif, yang berarti sistem tersebut stabil. Uji kontrolabilitas menunjukkan nilai rank dari matriks P bernilai sama dengan n, yang berarti sistem tersebut terkontrol. Uji observabilitas menunjukkan nilai rank dari matriks H bernilai sama dengan n, yang berarti sistem tersebut terobserve.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil running algorithm genetic tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa solusi yang dihasilkan oleh algorithma genetika berupa penalaan parameter yang tepat tersebut, dapat dipakai untuk membuat sebuah SMIB yang stabil, terkontrol, terobserve dan memiliki settling time sekitar 7.64 detik dan overshoot  $9.909e^{-5}$  dalam sekali running, yaitu pada generasi terakhir. Hal ini sangat mempercepat pencarian solusi dalam penalaan parameter SMIB untuk mencari performansi terbaik, dibandingkan dengan metode trial and error dimana parameter yang diusulkan belum tentu menghasilkan sebuah sistem yang baik.

## PUSTAKA

- [1] Imam Robandi. *Desain Sistem Tenaga Modern*, Yogyakarta: Andi Offset: 2006.
- [2] Gede Agus Budiasa, *Desain Umpan Balik LQG pada Single Machine Infinite Bus*, ITATS: 2004.
- [3] Imam Robandi. *Rekayasa Kontrol Sistem Tenaga Listrik*. Surabaya: 2006.
- [4] P. M. Anderson & A. A. Fouad, *Power System Control And Stability*, The Iowa State University Press: 1977.
- [5] Hamdy A.M. Mousa and Yao-Nan Yu. Optimal Power System Stabilization through Excitation and/or Governor Control. *IEEE*. Vol. PAS-91. No.3. May/June 1972. pp. 1166-1974.
- [6] ....., *Saguling Hydro Electric Power Plant Operation And Maintenance Manual For General Equipment* Vol. 1, The New Japan Engineering Consultants Inc, Osaka, Japan, June 1985