

## OPTIMISASI PARAMETER SISTEM EKSITASI IEEE TYPE ST2 MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHM

R. Dwi Cahyo<sup>1</sup>, Imam Robandi<sup>2</sup>

Research Group on Power System Operation and Control,  
Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111, INDONESIA  
e-mail: <sup>1</sup>r\_dwicahyo2@yahoo.co.id, <sup>2</sup>robandi@ee.its.ac.id

### ABSTRAKSI

Sistem eksitasi merupakan komponen yang sangat penting dalam pengoperasian mesin sinkron. Sistem eksitasi berperan dalam pengaturan daya reaktif dan meningkatkan sistem kestabilan tenaga listrik. Sistem eksitasi yang baik dapat menyebabkan sistem mampu bertahan terhadap gangguan sehingga dapat meningkatkan kestabilan transient, sistem eksitasi yang baik juga dapat meningkatkan kestabilan sinyal skala kecil dari pengaturan medan. Makalah ini mempresentasikan tentang pemodelan dari sistem eksitasi tipe ST2 dan optimisasi parameternya. Parameter parameter ini penting dioptimasi agar diperoleh respon output tegangan yang stabil. Dari hasil running Genetic Algorithm (GA) didapatkan kurva respon sistim yang stabil dengan settling time 0.089 detik.

### 1. PENDAHULUAN

Performansi dari sistem eksitasi dapat mempengaruhi kestabilan dari sistem tenaga listrik. Performansi sistem eksitasi tergantung pada setting parameter dari sistem ek-sitasi. Setting yang tepat dari sebuah sistem eksitasi dapat meningkatkan kestabilan dan keandalan sistem tenaga listrik. Sebaliknya setting parameter yang tidak tepat pada sistem eksitasi dapat menurunkan keandalan sistem tenaga listrik [2,3].

Perancangan, pemodelan dan optimisasi parameter sistem eksitasi perlu dilakukan karena hal tersebut merupakan salah satu langkah dalam perencanaan pembuatan sistem tenaga listrik yang handal. Disamping itu pada simulasi sistem tenaga listrik yang rutin untuk pengoperasian, beberapa model dan parameter terkadang tidak benar, sehingga diperlukan penentuan model serta parameter untuk sistem eksitasi tersebut. Di software analisis sistem tenaga listrik, model dan parameter dari sistem eksitasi belum tersedia, karena itu perlu dilakukan optimisasi.

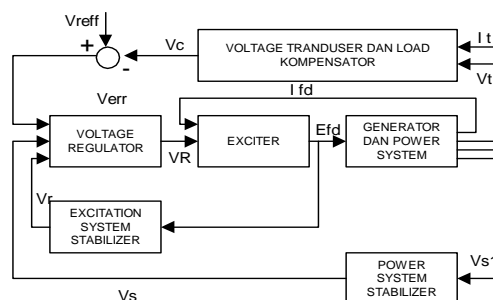
Pada simulasi sistem tenaga, terdapat berbagai model sistem eksitasi tetapi tidak terdapat ketentuan pendekatan parameter, bahkan di standar model sistem eksitasi IEEE dan IEC sekalipun. Untuk mengatasi masalah tersebut sebuah metoda untuk menentukan parameter sistem eksitasi menurut index performa sistem tersebut akan kita pelajari dengan menggunakan standar model IEEE Type ST2. Parameter sistem eksitasi tersebut diidentifikasi dan dioptimisasikan lalu hasilnya dicatat untuk dipergunakan dalam simulasi sistem tenaga listrik [3]. Hasil optimisasi oleh Genetic Algorithm menunjukkan bahwa nilai settling time dari kurva respon output sistem eksitasi ST2 adalah 0,089 detik.

### 2. SISTEM EKSITASI IEEE ST2

Fungsional blok umum dari Gambar 1 menyatakan variasi dari beberapa subsystem eksitasi generator. Sistem tersebut terdiri atas terminal voltage transducer dan load compensator, voltage regulator, exciter, elemen penstabil sistem eksitasi, dan power system stabilizer. Sebenarnya ada tiga macam sistem eksitasi antara lain adalah:

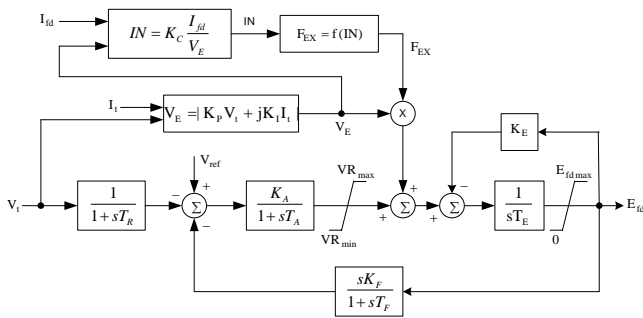
1. Eksitasi tipe DC, sistem eksitasi ini menggunakan arus generator dengan sebuah komutator.
2. Eksitasi tipe AC, sistem eksitasi ini menggunakan alternator dan rectifier untuk menghasilkan arus DC untuk penguatan medan.
3. Eksitasi tipe ST, sistem eksitasi ini menggunakan transformer dan rectifier [4].

Berikut ini adalah contoh skema umum pada sistem eksitasi dan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok fungsional sistem eksitasi

Beberapa sistem statis menggunakan kedua tegangan dan arusnya (jumlah terminal generator) untuk menyatukan sumber tenaga. Penggabungan sumber sistem eksitasi rectifier ditunjukkan pada jenis ST2. Sistem tersebut merupakan model seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [2].



**Gambar 2.** Diagram Model sistem eksitasi IEEE ST2

Berikut ini adalah parameter parameter yang ada dalam sistem eksitasi ST2:

Parameter	Definisi	Unit
VR <sub>max</sub>	Nilai maximum tegangan output regulator	p.u.
VR <sub>min</sub>	Nilai minimum tegangan output regulator	p.u.
E <sub>fdmax</sub>	Tegangan output exciter maksimum	p.u.
K <sub>A</sub>	Penguatan amplifier	p.u.
K <sub>C</sub>	Penguatan Regulator	p.u.
K <sub>E</sub>	Konstanta penguatan eksitasi medan sendiri	p.u.
K <sub>F</sub>	Penguatan rangkaian Regulator stabilizing	p.u.
K <sub>1</sub>	Koefisien penguatan arus	p.u.
K <sub>p</sub>	Koefisien penguatan tegangan	p.u.
T <sub>A</sub>	Time konstan regulator amplifier	Sec.
T <sub>E</sub>	Time konstan exciter	Sec.
T <sub>F</sub>	Time constant rangkaian Regulator stabilizing	Sec.
T <sub>R</sub>	Time constant regulator input filter	Sec.

**3. GA DALAM SISTIM EKSITASI IEEE ST2**

Sistem eksitasi yang baik adalah sistem eksitasi yang mampu memberikan respon sistem yang sesuai dengan nilai yang diinginkan dalam persamaan medan SMIB [1]. Sedangkan karakteristik respon sistem yang stabil adalah sebagai berikut:

1. Tidak ada osilasi setelah sistem diberi masukan step.
2. Mempunyai karakteristik overshoot yang kecil dan settling time yang cepat.
3. Setelah berada dalam kondisi steady state, untuk waktu yang lama, sistem harus mampu mempertahankan nilai tegangan, tidak boleh drop, atau beresilasi [1,3,4,7].

Dalam paper ini nilai parameter diatur, dioptimasi agar program memilih grafik grafik hasil running yang mendekati respon sistem orde satu. Respon sistem orde satu adalah respon sistem yang lebih stabil dan lebih bagus diimplementasikan bila dibandingkan dengan respon sistem orde dua.

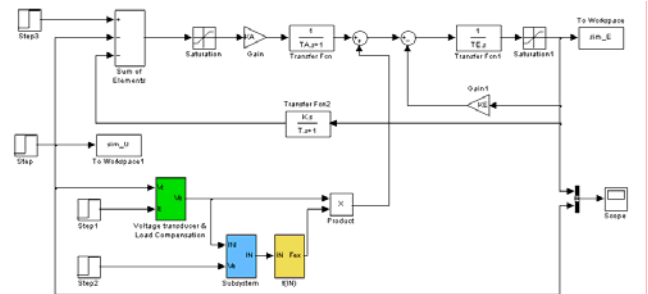
Genetic algorithm membangkitkan 70 jenis gen untuk setiap kromosom didalamnya mewakili nilai parameter parameter yakni K<sub>A</sub>, T<sub>A</sub>, E<sub>FDmax</sub>, K<sub>E</sub>, T<sub>E</sub>, K<sub>F</sub>, dan T<sub>F</sub>. Secara umum GA akan melakukan proses berikut ini:

1. Membangkitkan populasi awal, populasi awal ini di-bangkitkan secara random sehingga didapatkan solusi awal. Populasi tersebut terdiri

2. dari sejumlah kromosom yang merepresentasikan solusi yang diinginkan.
2. Membentuk generasi baru, dalam membentuk digunakan tiga operator yang telah disebut di atas yaitu operator reproduksi/seleksi, crossover dan mutasi. Pro-ses ini dilakukan berulang-ulang sehingga didapatkan jumlah kromosom yang cukup untuk membentuk generasi baru i yang merupakan representasi dari solusi baru.
3. Evaluasi solusi, proses ini akan mengevaluasi setiap populasi dengan menghitung nilai fitness setiap kromosom dan mengevaluasinya sampai terpenuhi kriteria berhenti. Bila kriteria berhenti belum terpenuhi maka akan dibentuk lagi generasi baru dengan mengulangi langkah 2.

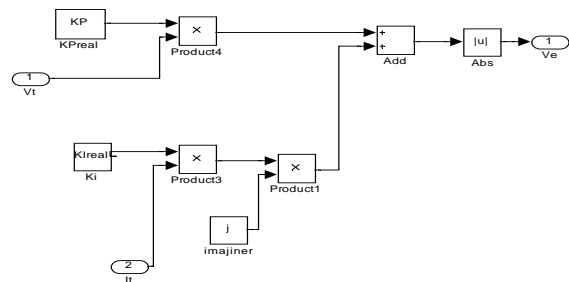
**4. SIMULASI SISTEM EKSITASI IEEE ST2**

Berikut ini adalah simulasi model diagram IEEE ST2 [5]:



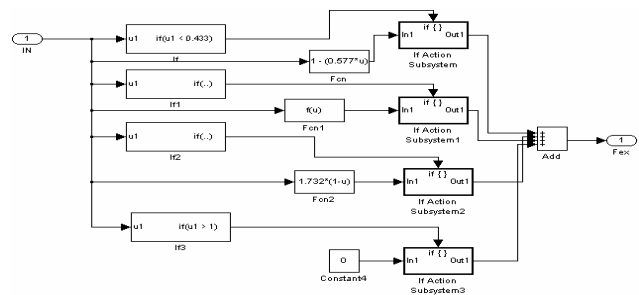
**Gambar 3.** Sistem eksitasi IEEE ST2

Sedangkan blok voltage tranduser dan load kompensator adalah sebagai [5]:



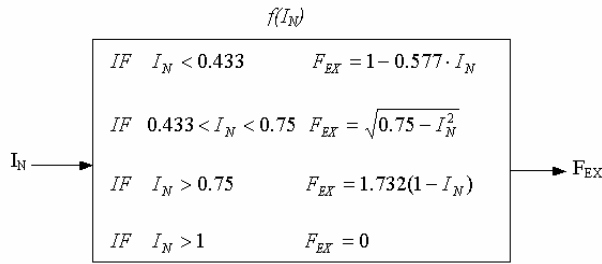
**Gambar 4.** Blok f(IN)

Untuk S Function blok pada Gambar 3 adalah sebagai berikut [5]:



**Gambar 5.** Blok f(IN)

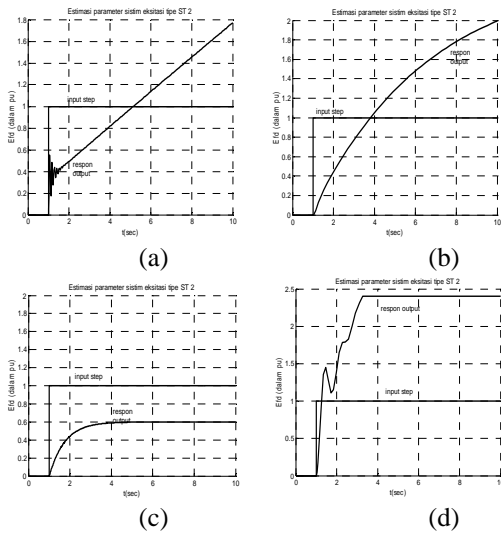
Gambar diagram di atas merupakan rangkaian pengganti fungsi (IN) yang terdapat beberapa syarat, isi perintahnya sebagai berikut [5]:



Gambar 6. Command Blok f(IN)

### 5. HASIL DAN DATA PERCOBAAN

Berikut ini adalah grafik grafik sistem eksitasi yang tidak stabil [6]:



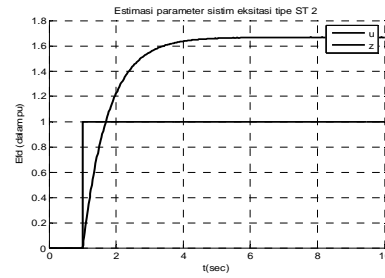
Gambar 7. sinyal sistem yang tak stabil sebelum dioptimisasi

Pada gambar 7(a) respon output beresilasi sebentar sebelum akhirnya tegangan EFD menuju tak berhingga. Hal ini membahayakan generator karena dapat merusak isolasi kumparan medan. Pada Gambar 7(b) exciter hampir membentuk respon orde satu tetapi untuk menuju ke kondisi steady state memerlukan waktu yang lama. Pada gambar 7(c) sinyal sudah membentuk orde satu, tetapi amplitudo tega-ngannya terlalu kecil. Hal ini menyebabkan generator tidak optimal dalam memberikan daya reaktif. Pada gambar 7(d) respon output tidak linier, ada osilasi sebelum mencapai kondisi steady state [1,3,4,7].

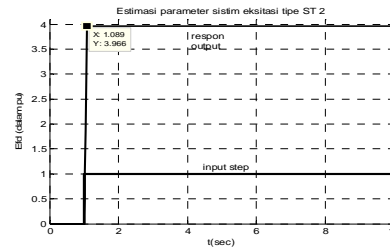
Pada gambar 8, respon output sudah cukup bagus. Respon output ini tidak membahayakan generator. Kekurangan dari sistem ini adalah nilai dari settling time dari respon outputnya yang masih terlalu besar.

Hasil respon output dengan nilai settling time yang rendah didapatkan setelah parameter parameter dioptimisasi dengan menggunakan GA. Berikut ini

adalah nilai parameter parameter hasil optimisasi dari GA.



Gambar 8. Respon output yang cukup stabil



Gambar 9. Respon output hasil optimisasi menggunakan GA

Nilai parameter tetapnya adalah sbb:

- $V_{Rmax} = 1.2;$
- $VRmin = -1.2;$
- $K_{Ireal} = 2.5;$
- $K_{Iimag} = 0;$
- $K_C = 0.5;$
- $K_P = 1.19;$

Nilai parameter hasil optimasi sistim eksitasi adalah sbb:

- $K_A = 251.3532;$
- $T_A = 0.1101;$
- $E_{FDmax} = 3.9656;$
- $K_E = 26.1760;$
- $T_E = 0.5007;$
- $K_F = 0.0200;$
- $T_F = 0.3007;$

Nilai parameter parameter tersebut dapat berubah sesuai dengan amplitudo tegangan yang kita inginkan dan hasil acak dari genetik.

### 6. KESIMPULAN

Dari simulasi tersebut didapatkan hasil bahwa dengan pemilihan parameter nilai sistem eksitasi yang tepat maka akan didapatkan suatu sistem yang stabil dan memiliki keandalan yang baik. Penggunaan Genetic algorithm dapat memberikan respon output yang lebih bagus ditandai dengan settling time kurva respon outputnya yang rendah.

### PUSTAKA

- [1] Imam Robandi, *Desain Sistem Tenaga Modern*, Penerbit ANDI, 2006, pp 20.

- [2] IEEE Committee, IEEE Guide for Identification, Test-ing, And Evaluation Of The Dynamic Performance of Excitation Control Systems, *IEEE Std 421.2*,1990,17.
- [3] Wei Shao & Zheng Xu, Excitation System Parameter Setting for Power System Planning, *IEEE*, 2002,1.
- [4] M.L. Crenshaw, Excitation System Models for Power System Stability Studies, *IEEE*, Vol. Pas-100,1981,1.
- [5] Kah Leong, Koo, *Power Technology-Modelling of Plant Controlers Using The PSS/E to Matlab-Simulink Inter-face (PMSI) In PSS/E 30*, Shaw Power Technologies, Inc, 2004.
- [6] Christoper Lum, *Simulink Tutorial*, Washington. Edu, 2006.
- [7] Hector Antonio, Jose Miguel, A Methodology For Excitation System Identification, *IEEE*, 2002.