

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
Intisari .....	xvii
<i>Abstract</i> .....	xviii
1. BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	6
1.4.1 Tujuan Penelitian .....	6
1.4.2 Manfaat Penelitian .....	6
1.5 Sistematika Penulisan .....	7
2. BAB II LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Model Sistem Multimesin .....	9
2.2 Model Mesin Tunggal .....	12
2.3 Generalized Unified Power Flow Control (GUPFC).....	15
2.3.1 Prinsip Kerja GUPFC.....	15
2.3.2 Model Dinamis GUPFC .....	17
2.3.3 Model Linear Terpasang GUPFC .....	19
2.4 Kendali Proportional-Integral-Derivative (PID).....	23
2.5 <i>Power System Stabilizer</i> (PSS) dan <i>Power Oscillation Damping</i> (POD)..	26

2.6	Penalaan Parameter Kendali PID .....	28
2.7	Metode Optimisasi <i>Bacterial Foraging Algorithm</i> (BFO).....	29
2.8	Kestabilan Sistem.....	33
2.8.1	Stabilitas Sudut Rotor .....	34
2.8.2	Stabilitas Tegangan .....	34
2.8.3	Stabilitas berdasarkan nilai <i>eigenvalue</i> .....	35
3.	BAB III METODOLOGI.....	37
3.1	Alat.....	37
3.2	Bahan.....	37
3.3	Diagram Alir .....	39
3.4	Variabel.....	40
3.5	Parameter Multimesin .....	41
3.5.1	Tanpa GUPFC.....	41
3.5.2	Dengan GUPFC .....	42
3.6	Fokus Analisis Hasil Penelitian .....	43
3.7	Perancangan Kendali PSS dan POD .....	43
3.7.1	Perancangan PSS berbasis kendali Proporsional-Integral (PI) .....	44
3.7.2	Perancangan PSS dan POD berbasis kendali PID .....	46
3.8	Perancangan <i>Bacterial Foraging Optimization Algorithm</i> .....	49
3.9	Fungsi Objektif Kendali PSS dan POD Menggunakan Algoritma BFO..	52
3.9.1	Fungsi <i>real</i> ( $\sigma$ ).....	53
3.9.2	Fungsi damping ratio ( $\zeta$ ) .....	54
4.	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	56
4.1	Pendahuluan .....	56
4.2	Penalaan Parameter Kendali PSS-PID dan POD-PID Menggunakan Algoritma BFO .....	57
4.2.1	Sistem Multimesin tanpa PSS .....	59
4.2.2	Sistem Multimesin dengan PSS-PI .....	63

4.2.3	Sistem Multimesin dengan PSS-PID .....	68
4.2.4	Sistem Multimesin dengan GUPFC .....	72
4.2.5	Sistem Multimesin dengan GUPFC dan PSS-PID.....	77
4.2.6	Sistem Multimesin dengan GUPFC, PSS-PID, dan POD-PID .....	82
4.3	Komparasi Rancangan Sistem Multimesin .....	87
4.3.1	Komparasi Sudut Rotor.....	87
4.3.2	Komparasi Kecepatan Rotor .....	88
5.	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	91
5.1	Kesimpulan .....	91
5.2	Saran.....	92
6.	DAFTAR PUSTAKA .....	94
	LAMPIRAN .....	97

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter mesin .....	38
Tabel 3.2 Kondisi operasi mesin .....	38
Tabel 3.3 Parameter K pada mesin satu .....	41
Tabel 3.4 Parameter K dengan keseluruhan sistem .....	42
Tabel 3.5 Parameter K pada GUPFC mesin satu .....	43
Tabel 4.1 Nilai parameter algoritma BFO.....	58
Tabel 4.2 Komparasi perubahan sudut rotor sistem multimesin.....	87
Tabel 4.3 Komparasi perubahan kecepatan rotor sistem multimesin .....	88

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem multimesin yang menggunakan tiga mesin .....	11
Gambar 2.2 Model Philip-Heffron salah satu mesin dalam sistem multimesin....	11
Gambar 2.3 Model sistem tenaga listrik salah satu mesin .....	13
Gambar 2.4 <i>Generalized unified power flow controller</i> (GUPFC) dengan tiga <i>voltage source converter</i> (VSC E, VSC B, VSC C) .....	16
Gambar 2.5 Suatu n-mesin sistem tenaga terpasang GUPFC .....	18
Gambar 2.6 Blok Diagram Model Linear Phillips-Heffron n-mesin sistem tenaga dengan GUPFC .....	23
Gambar 2.7 Aksi proporsional (ABB, 2011) .....	24
Gambar 2.8 Aksi Integral pada PID .....	25
Gambar 2.9 Aksi <i>Derivative</i> (ABB, 2011) .....	25
Gambar 2.10 Blok diagram untuk rangkaian eksitasi .....	26
Gambar 2.11 Blok diagram untuk PSS .....	27
Gambar 2.12 Blok diagram PSS menggunakan kendali PID.....	27
Gambar 2.13 Metode <i>tumbling</i> dan <i>swimming</i> .....	30
Gambar 2.14 Diagram alir metode BFOA (Abdul-Ghafar, 2013).....	32
Gambar 2.15 Pengaruh letak <i>poles</i> terhadap kestabilan dan respon sistem (Vinicombe, 2015) .....	35
Gambar 3.1 Konfigurasi sistem .....	39
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	40
Gambar 3.3 Blok diagram kendali PSS-PI.....	44

Gambar 3.4 Blok diagram kendali PSS-PI dengan <i>upper</i> dan <i>lower washout</i> .....	45
Gambar 3.5 Blok diagram kendali PSS-PID.....	46
Gambar 3.6 Blok diagram kendali POD-PID .....	47
Gambar 3.7 Blok diagram kendali PSS dan POD berbasis PID dengan <i>upper</i> dan <i>lower washout</i> .....	47
Gambar 3.8 Diagram alir proses optimisasi yang dilakukan menggunakan metode BFO.....	52
Gambar 3.9 Area nilai <i>eigenvalue</i> fungsi <i>fitness</i> $J_1$ .....	54
Gambar 3.10 Area nilai <i>eigenvalue</i> fungsi <i>fitness</i> $J_2$ .....	55
Gambar 4.1 Nilai <i>fitness</i> menggunakan metode BFO dengan nilai N reproduksi yang berbeda .....	57
Gambar 4.2 Kurva konvergensi metode BFO pada sistem tenaga multimesin.....	59
Gambar 4.3 Letak <i>eigenvalue</i> sistem multimesin tanpa peralatan tambahan .....	60
Gambar 4.4 Perubahan sudut rotor sistem multimesin .....	61
Gambar 4.5 Perubahan kecepatan putar rotor sistem multimesin.....	62
Gambar 4.6 Letak <i>eigenvalue</i> sistem multimesin yang terpasang PSS-PI pada mesin 1 .....	65
Gambar 4.7 Perubahan sudut rotor sistem multimesin yang terpasang PSS-PI....	66
Gambar 4.8 Perubahan kecepatan rotor sistem multimesin yang terpasang PSS-PI .....	67
Gambar 4.9 Letak <i>eigenvalue</i> sistem multimesin yang terpasang PSS-PID pada mesin 1 .....	69
Gambar 4.10 Perubahan sudut rotor sistem multimesin yang terpasang PSS-PID70	

Gambar 4.11 Perubahan kecepatan rotor sistem multimesin yang terpasang PSSPID.....	71
Gambar 4.12 Letak <i>eigenvalue</i> sistem multimesin yang terpasang GUPFC .....	74
Gambar 4.13 Perubahan sudut rotor sistem multimesin yang terpasang GUPFC	75
Gambar 4.14 Perubahan kecepatan rotor sistem multimesin yang terpasang GUPFC.....	76
Gambar 4.15 Letak <i>eigenvalue</i> sistem multimesin yang terpasang GUPFC pada sistem transmisi dan PSS-PID pada mesin 1 .....	78
Gambar 4.16 Perubahan sudut rotor sistem multimesin yang terpasang GUPFC dan PSS-PID .....	79
Gambar 4.17 Perubahan kecepatan rotor sistem multimesin yang terpasang GUPFC dan PSS-PID.....	81
Gambar 4.18 Letak <i>eigenvalue</i> sistem multimesin yang terpasang POD-PID untuk GUPFC pada sistem transmisi dan PSS-PID pada mesin 1 .....	84
Gambar 4.19 Perubahan sudut rotor sistem multimesin yang terpasang GUPFC, PSS-PID dan POD .....	85
Gambar 4.20 Perubahan kecepatan rotor sistem multimesin yang terpasang GUPFC, PSS-PID, dan POD.....	86
Gambar 4.21 Komparasi perubahan sudut rotor sistem multimesin .....	88
Gambar 4.22 Komparasi perubahan kecepatan rotor sistem multimesin.....	89