

**KOMBINASI PLANT SYSTEM PADA LFC DENGAN  
KONTROL PID HYBRID OPTIMASI FPA-PSO**

**SKRIPSI**

**Sebagai Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana  
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang**



**Disusun Oleh :  
Fajri Alfitriah Baharudin Ahmad  
201810130311121**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**

**2024**

# LEMBAR PERSETUJUAN

## LEMBAR PERSETUJUAN

### KOMBINASI PLANT SYSTEM PADA LFC DENGAN KONTROL PID HYBRID OPTIMASI FPA-PSO

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh :

**FAJRI ALFITRAH BAHARUDIN AHMAD**

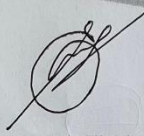
**201810130311121**

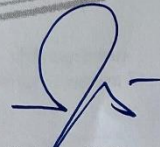
Tanggal ujian : 28 Juni 2024  
Periode Wisuda : Periode IV

Diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T.  
NIDN: 0705056501

  
Zulfatman, M.Eng., Ph.D.  
NIDN. 0709117804

# LEMBAR PENGESAHAN

## LEMBAR PENGESAHAN

### KOMBINASI PLANT SYSTEM PADA LFC DENGAN KONTROL PID HYBRID OPTIMASI FPA-PSO

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Meraih Gelar Strata I  
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh :

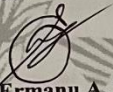


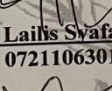
**FAJRI ALFITRAH BAHARUDIN AHMAD**

**201810130311121**

Tanggal Ujian : 28 Juni 2024

Periode Wisuda : Periode IV

Disetujui Oleh :

1.   
Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T. (Pembimbing I)  
NIDN. 0705056501
2.   
Zulfatman, M.Eng., Ph.D. (Pembimbing II)  
NIDN. 0709117804
3.   
Dr. Ir. Lailis Syafaah, M.T. (Penguji I)  
NIDN. 0721106301
4.   
Dr. Imam Khambali, M.Si. (Penguji II)  
NIDN. 0729106701



Mengetahui

Setua Program Studi

Khushni Hidayat, S.T., M.T.

NIDN. 0723108202

# LEMBAR PERNYATAAN

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **FAJRI ALFITRAH BAHARUDIN AHMAD**  
Tempat/Tgl.Lahir : **PROBOLINGGO / 16 AGUSTUS 2000**  
NIM : **201810130311121**  
Fakultas/Jurusan : **TEKNIK / ELEKTRO**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul  
“**KOMBINASI PLANT SYSTEM PADA LFC DENGAN KONTROL  
PID HYBRID OPTIMASI FPA-PSO**”  
beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya  
tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk  
kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar benarnya.  
Apabilakemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan  
dalam karya saya ini, atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya  
ini maka saya siapmenanggung segala bentuk resiko / sanksi yang berlaku.

Malang, 26 Juni 2024

Yang Membuat Pernyataan



**FAJRI ALFITRAH  
BAHARUDIN AHMAD**

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

**Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T.**  
NIDN: 0705056501

Dosen Pembimbing II

**Zulfatman, M.Eng., Ph.D.**  
NIDN. 0709117804

## ABSTRAK

Kestabilan frekuensi pada power system akan terganggu karena adanya Small Load Perturbance (SLP). Perubahan frekuensi dapat dikendalikan oleh governor menggunakan Load Frequency Control (LFC). LFC yang dikombinasi dengan beberapa plant, memiliki masalah kestabilan meskipun kontrol dan telah dilakukan optimasi. Masalah ini dapat di atasi dengan menambahkan energy storage device (ESDs). Salah satu jenis ESD adalah SMES yang membantu mengatasi masalah gangguan yang memengaruhi kestabilan frekuensi. Pada penelitian ini, telah dilakukan menggunakan kombinasi power plant renewable energy source (RES) berupa wind power plant dan diesel power plant serta ditambah ESDs berupa SMES dan diberi kontrol PID hybrid optimasi FPA-PSO untuk solusi kestabilan yang lebih baik. Kombinasi plant ini, telah berhasil dikembangkan dan disimulasikan. Berdasarkan hasil simulasi dua pembangkit yang digunakan yaitu pembangkit diesel dan pembangkit bayu atau wind power plant, dapat disimpulkan bahwa penambahan SMES dengan optimasi FPA-PSO pada kendali PID, dapat mengatasi overshoot dan undershoot serta settling time yang lebih cepat dari pada tanpa penambahan SMES.

### **KATA KUNCI :**

*Load Frequency Control; PID; FPA; PSO; FPA-PSO*

## **ABSTRACT**

*Frequency stability in a power system can be disrupted by Small Load Perturbance (SLP). Frequency changes can be controlled by the governor using Load Frequency Control (LFC). Even when LFC is combined with several plants and optimization has been performed, stability issues may still arise. These issues can be addressed by adding an energy storage device (ESD). One type of ESD is Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES), which helps to mitigate disturbances affecting frequency stability. In this study, a combination of power plants with renewable energy sources (RES), such as a wind power plant and a diesel power plant, was used alongside an ESD in the form of SMES. A PID controller with a hybrid optimization of Flower Pollination Algorithm (FPA) and Particle Swarm Optimization (PSO) was implemented for better stability solutions. This combination of plants has been successfully developed and simulated. Based on simulation results using two power plants, namely the diesel power plant and the wind power plant, it can be concluded that the addition of SMES with FPA-PSO optimization in the PID control can mitigate overshoot and undershoot and achieve a faster settling time compared to without the addition of SMES.*

### **KEYWORDS :**

*Load Frequency Control; PID; FPA; PSO; FPA-PSO*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Ta'ala. yang telah memberikan banyak nikmat, terutama nikmat kesehatan dan kesempatan sehingga proses pembuatan skripsi ini dapat penulis laksanakan dengan baik. Begitupun atas rahmat Allah SWT skripsi dengan judul Kombinasi Plant System pada LFC dengan Kontrol PID Hybrid Optimasi FPA-PSO. Penulis menyadari banyak pihak yang membantu dan berkontribusi dalam terselesaikannya skripsi ini. Segala bentuk bantuan, baik berupa dukungan moril dan materil sangat membantu penulis dalam mengumpulkan semangat dan keinginan untuk menyelesaikan studi. Dengan demikian penulis ucapkan terima kasih dengan ketulusan hati kepada pihak-pihak yang telah membantu dan membimbing penulis selama menyusun skripsi ini, yakni kepada:

1. Prof. Dr. Nazaruddin Malik, M.Si., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Malang,
2. Prof. Ilyas Masudin, ST., MLogSCM.Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik,
3. Khusnul Hidayat, ST, MT., selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro,
4. Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T., selaku Ketua Bidang Sistem Tenaga,
5. Dr. Ir. Ermanu A. Hakim, M.T., selaku Dosen Pembimbing 1 Skripsi,
6. Zulfatman, M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi,
7. Bapak Arif dan Ibu Juariyah, selaku orang tua yang tidak pernah lelah mendoakan dan memberi dukungan.
8. Teman-teman Angkatan di Jurusan Elektro yang selalu memberi dukungan,

Semoga Allah Ta'ala memberikan pahala yang berlimpah atas segala bentuk bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Selain itu penulis juga berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dari berbagai kalangan. Penulis kemudian mengucapkan permohonan maaf jika selama proses penyusunan skripsi banyak melakukan kesalahan, baik berbentuk lisan maupun tulisan, yang dilakukan secara disengaja maupun tidak disengaja. Salam.

Malang, 29 Juni 2024

Fajri Alfitrah Baharudin Ahmad

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Load Frequency Control</i> .....	5
2.2 <i>Diesel Power Plant</i> .....	6
2.3 <i>Wind Power Plant</i> .....	7
2.4 <i>Flower Pollination Algorithm (FPA)</i> .....	8
2.2 <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i> .....	9
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>11</b>
3.1 <i>Diesel Plant</i> .....	11
3.2 <i>Wind Plant</i> .....	12
3.3 <i>Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)</i> .....	13
3.4 Hybrid Optimasi FPA-PSO.....	14
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>16</b>
4.1 PID-FPA .....	16



4.2 PID-PSO .....	22
4.3 PID FPA-PSO .....	26
4.4 Perbandingan <i>Transient Response</i> .....	31
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>36</b>

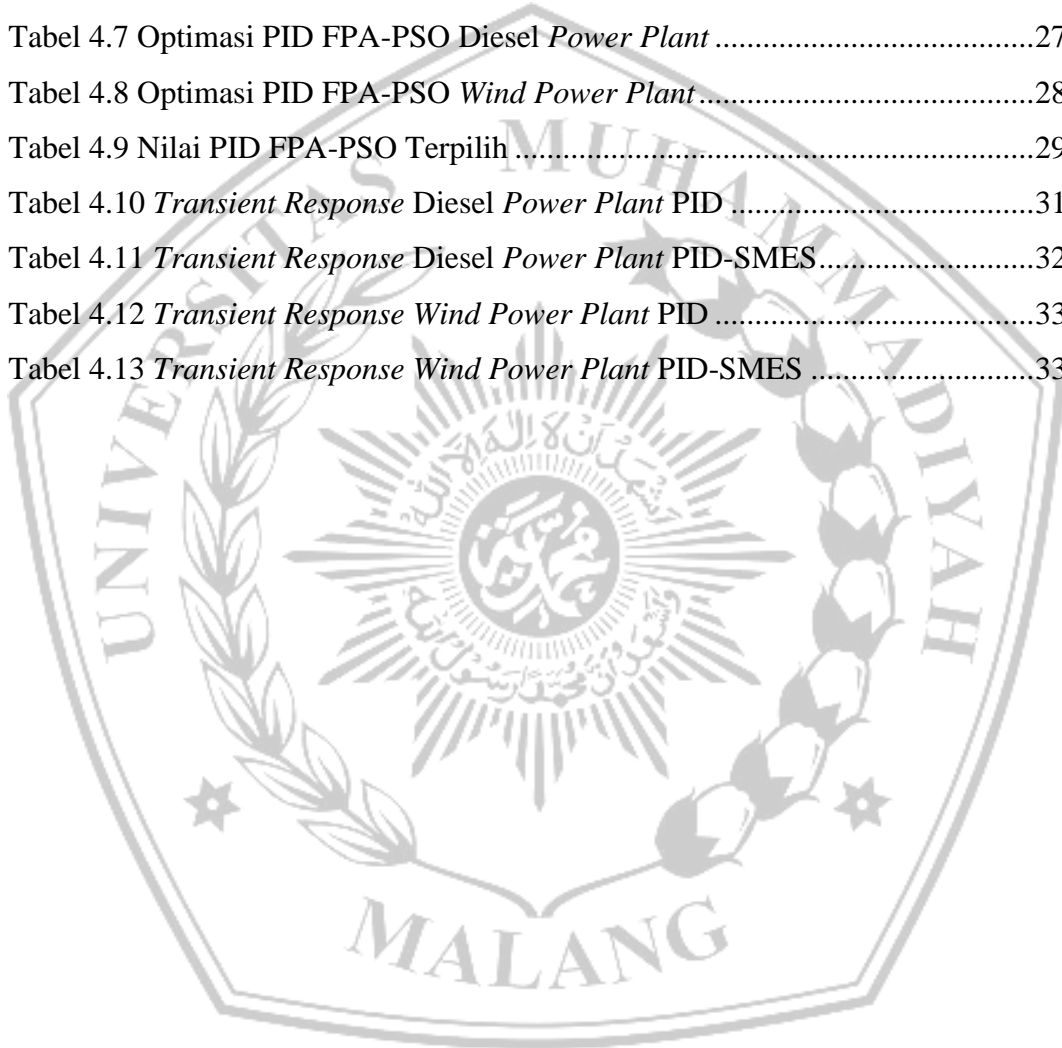


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Blok LFC Multi Area .....	11
Gambar 3.2 Governor Diesel Plant .....	12
Gambar 3.3 Turbin Diesel Plant.....	12
Gambar 3.4 <i>Hydraulic Pitch Actuator</i> .....	13
Gambar 3.5 Data Fit <i>Pitch Response</i> .....	13
Gambar 3.6 SMES <i>Modelling</i> .....	13
Gambar 3.7 <i>Power System</i> .....	14
Gambar 3.8 Diagram Alir FPA-PSO .....	14
Gambar 4.1 Grafik Konvergensi FPA.....	19
Gambar 4.2 Delta Frekuensi Diesel <i>Power Plant</i> PID-FPA .....	20
Gambar 4.3 Delta Frekuensi <i>Wind Power Plant</i> PID-FPA.....	21
Gambar 4.4 Grafik Konvergensi PSO.....	24
Gambar 4.5 Delta Frekuensi Diesel <i>Power Plant</i> PID-PSO .....	25
Gambar 4.6 Delta Frekuensi <i>Wind Power Plant</i> PID-PSO.....	26
Gambar 4.7 Grafik Konvergensi FPA-PSO .....	29
Gambar 4.8 Delta Frekuensi Diesel <i>Power Plant</i> PID FPA-PSO.....	30
Gambar 4.9 Delta Frekuensi <i>Wind Power Plant</i> PID FPA-PSO .....	31

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Optimasi PID-FPA Diesel <i>Power Plant</i> .....	16
Tabel 4.2 Optimasi PID-FPA <i>Wind Power Plant</i> .....	17
Tabel 4.3 Nilai PID-FPA Terpilih.....	19
Tabel 4.4 Optimasi PID-PSO Diesel <i>Power Plant</i> .....	22
Tabel 4.5 Optimasi PID-PSO <i>Wind Power Plant</i> .....	23
Tabel 4.6 Nilai PID-PSO Terpilih.....	25
Tabel 4.7 Optimasi PID FPA-PSO Diesel <i>Power Plant</i> .....	27
Tabel 4.8 Optimasi PID FPA-PSO <i>Wind Power Plant</i> .....	28
Tabel 4.9 Nilai PID FPA-PSO Terpilih .....	29
Tabel 4.10 <i>Transient Response</i> Diesel <i>Power Plant</i> PID .....	31
Tabel 4.11 <i>Transient Response</i> Diesel <i>Power Plant</i> PID-SMES.....	32
Tabel 4.12 <i>Transient Response</i> <i>Wind Power Plant</i> PID .....	33
Tabel 4.13 <i>Transient Response</i> <i>Wind Power Plant</i> PID-SMES .....	33



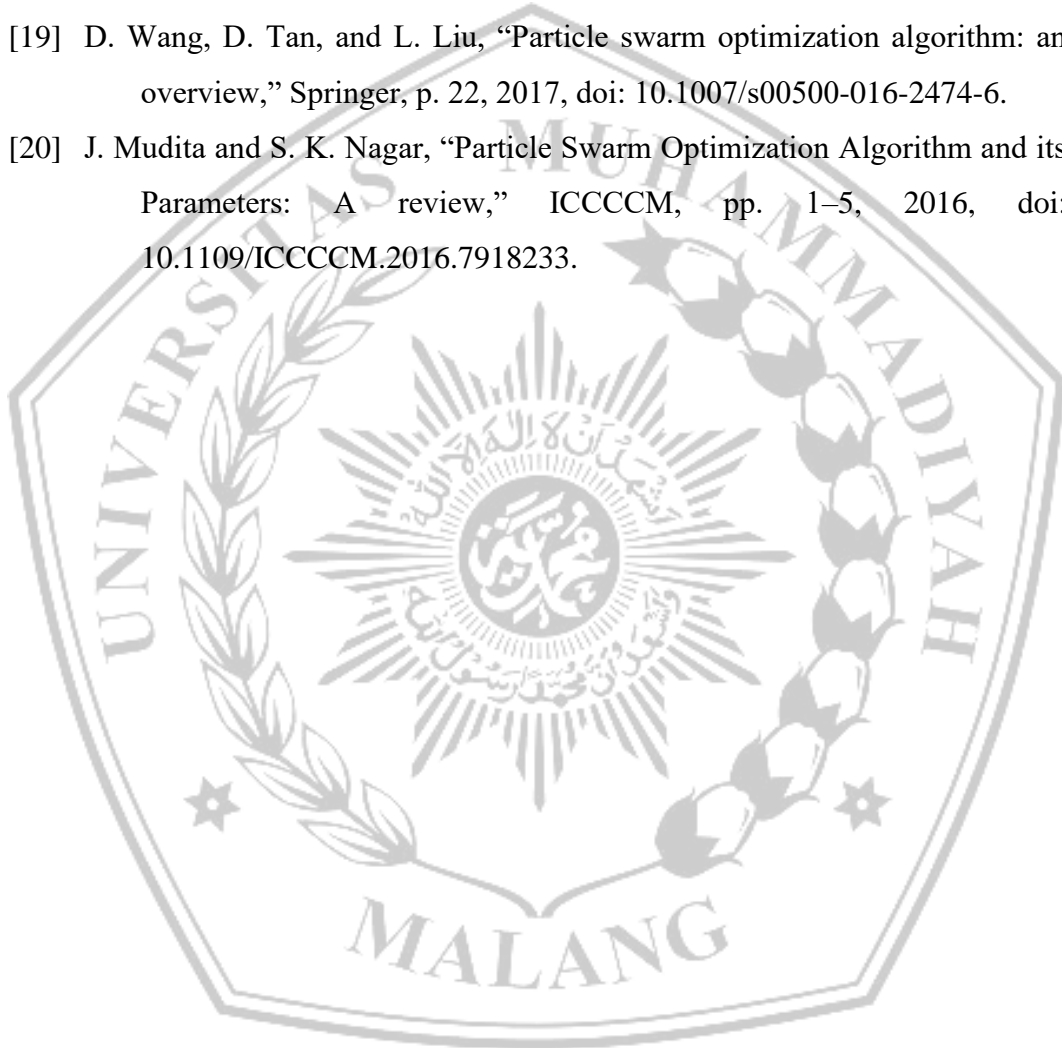
## Daftar Pustaka

- [1] C. N. S. Kalyan, B. S. Goud, and C. R. et al Reddy, "Comparative Performance Assessment of Different Energy Storage Devices in Combined LFC and AVR Analysis of Multi-Area Power System," *Energies*, vol. 15, no. 2, p. 629, 2022, doi: 10.3390/en15020629.
- [2] R. Rahbongshi and L. C. Saikia, "Combined control of voltage and frequency of multi-area multisource system incorporating solar thermal power plant using LSA optimised classical controllers," *Inst. Eng. Technol.*, vol. 11, no. 10, pp. 2489–2498, 2017, doi: 10.1049/iet-gtd.2016.1154.
- [3] A. Prakash and S. K. Parida, "Combined Frequency and Voltage Stabilization of Thermal-Thermal System with UPFC and RFB," *IEEE Access*, 2020, doi: 10.1109/PIICON49524.2020.9113034.
- [4] S. K. Ramoji and L. C. Saika, "Utilization of electric vehicles in combined voltage- frequency control of multi-area thermal-combined cycle gas turbine system using two degree of freedom tilt-integral- derivative controller," *Energy Storage*, vol. 1, no. 1, pp. 1–20, 2021, doi: 10.1002/est2.234.
- [5] C. H. N. S. Kalyan and G. S. Rao, "Impact of communication time delays on combined LFC and AVR of a multi-area hybrid system with IPFC-RFBs coordinated control strategy," *Prot. Control Modern Power Syst.*, vol. 6, no. 7, p. 20, 2021, doi: 0.1186/s41601-021-00185-z.
- [6] A. K. Sahani, U. Rah, R. Shankar, and R. K. Mandal, "Firefly Optimization Based Control Strategies for Combined Load Frequency Control and Automatic Voltage Regulation for Two-Area Interconnected Power System," *Int. J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 11, no. 4, pp. 746–757, 2019, doi: 10.15676/ijeei.2019.11.4.8.
- [7] M. Alharbi, M. Ragab, and K. M. et al AboRas, "Innovative AVR-LFC Design for a Multi-Area Power System Using Hybrid Fractional-Order PI and PIDD2 Controllers Based on Dandelion Optimizer," *Matematics*, vol. 11, no. 6, p. 1287, 2023, doi: 10.3390/math11061387.
- [8] B. Mohanty and P. . Hota, "A hybrid chemical reaction- particle swarm optimization technique for automatic generation control," *J. Electr. Syst.*

- Inf. Technol, vol. 5, no. 1, pp. 229–224f, 2018, doi: 10.1016/j.jesit.2017.04.001.
- [9] D. Yousri, T. S. Babu, and A. Fathy, “Recent methodology based Harris Hawks optimizer for designing load frequency control incorporated in multi-interconnected renewable energy plants,” *Sustain. Energy Grids Netw*, vol. 22, no. 100352, 2020, doi: 10.1016/j.segan.2020.100352.
- [10] D. Guha, P. Roy, and S. Banerjee, “Load frequency control of interconnected power system using grey wolf optimization,” *Swarm Evol. Comput*, vol. 27, pp. 97–115, 2016, doi: 10.1016/j.swevo.2015.10.004.
- [11] S. D. Madasu, M. L. S. . Kumar, and A. K. Singh, “A flower pollination algorithm based automatic generation control of inter-connected power system,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 9, pp. 1215–1224, 2018, doi: 10.1016/j.asej.2016.06.003.
- [12] C. S. Kalyan and C. V. Suresh, “PID controller for AGC of nonlinear system with PEV integration and AC-DC links,” *Proc. 2021 Int. Conf. Sustain. Energy Futur. Electr. Transp. (SEFET), Virtual*, pp. 1–6, 2021, doi: 10.1109/SeFet48154.2021.9375756.
- [13] S. A. Zaid, A. Bakeer, and G. et al Magdy, “A New Intelligent Fractional-Order Load Frequency Control for Interconnected Modern Power Systems with Virtual Inertia Control,” *Fract. Order Syst. with Appl. to Electr. Power Eng.*, vol. 7, no. 1, p. 62, 2023, doi: 10.3390/fractalfract7010062.
- [14] K. Dehghanpour and S. Afsharnia, “Electrical demand side contribution to frequency control in power systems: a review on technical aspects,” *Renew. Sustain. Energy*, vol. 41, pp. 1267–1276, 2015, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.015>.
- [15] H. H. Alhelou, M. Esmail, H. Golshan, and R. Zamani, “Challenges and Opportunities of Load Frequency Control in Conventional, Modern and Future Smart Power Systems: A Comprehensive Review,” *Energies*, vol. 11, no. 10, 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/en11102497>.
- [16] S. Niemi and T. Polytechnic, “Survey of Modern Power Plants Driven by Diesel and Gas Engines,” 1997. [Online]. Available:

<https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/628799>.

- [17] G. Rediske, H. P. Burin, P. . Rigo, C. B. Rosa, L. Michels, and J. C. . Siluk, “Wind power plant site selection: A systematic review,” *Renew. Sustain. Energy*, vol. 148, no. 1, p. 13, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.111293.
- [18] M. Abdel-Basset and L. A. Shawky, “Flower pollination algorithm: a comprehensive review,” *Springer*, p. 25, 2018, doi: 10.1007/s10462-018-9624-4.
- [19] D. Wang, D. Tan, and L. Liu, “Particle swarm optimization algorithm: an overview,” *Springer*, p. 22, 2017, doi: 10.1007/s00500-016-2474-6.
- [20] J. Mudita and S. K. Nagar, “Particle Swarm Optimization Algorithm and its Parameters: A review,” *ICCCCM*, pp. 1–5, 2016, doi: 10.1109/ICCCCM.2016.7918233.





**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO & D3 TEKNIK ELEKTRONIKA**  
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144 Telp. 0341 - 464318 Ext. 129, Fax. 0341 - 460782

**FORM CEK PLAGIASI LAPORAN TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Fajri Alfitrah Baharudin Ahmad  
NIM : 201810130311121  
Judul TA : Kombinasi Plant System pada LFC dengan Kontrol PID Hybrid Optimasi FPA-  
PSO

Hasil Cek Plagiarisme dengan Turnitin

No.	Komponen Pengecekan	Nilai Maksimal Plagiasi (%)	Hasil Cek Plagiasi (%) *
1.	Bab 1 – Pendahuluan	10 %	7%
2.	Bab 2 – Studi Pustaka	25 %	0%
3.	Bab 3 – Metodologi Penelitian	35 %	0%
4.	Bab 4 – Pengujian dan Analisis	15 %	0%
5.	Bab 5 – Kesimpulan dan Saran	5 %	0%
6.	Publikasi Tugas Akhir	20 %	3%

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I,

(Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, MT)

Dosen Pembimbing II,

(Zulfatman, S.T., M.Eng., Ph.D.)