

***LOAD FREQUENCY CONTROL MENGGUNAKAN KONTROL
TID-PSO PADA SISTEM *HYBRID PHOTOVOLTAIC* DAN GAS
POWER PLANT***

SKRIPSI

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



Disusun oleh:

Yanuar Reza Adi Satria

201810130311132

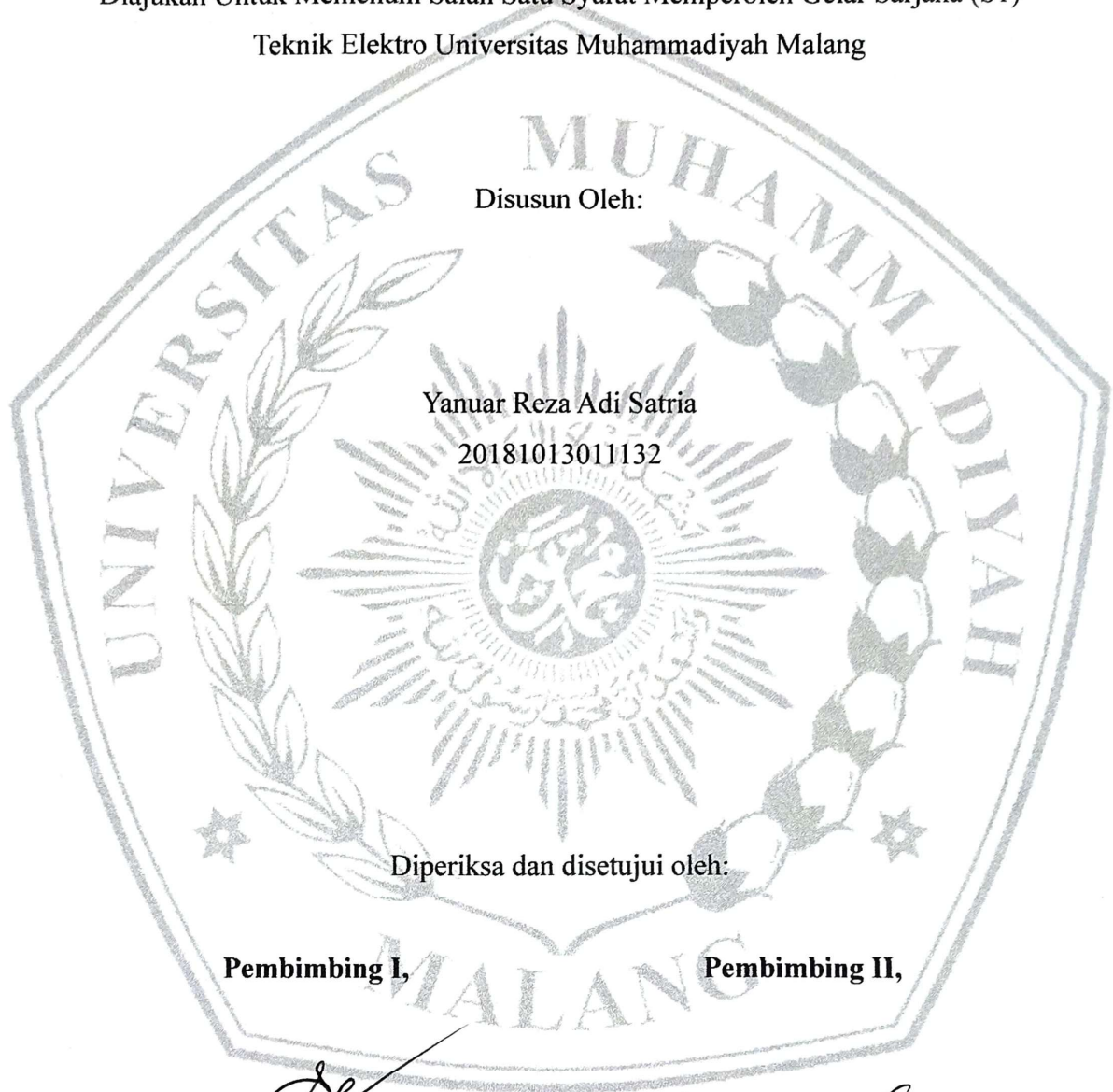
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

***LOAD FREQUENCY KONTROL MENGGUNAKAN KONTROL TID-PSO
PADA SISTEM HYBRID PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM DAN GAS
POWER PLANT***

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang



Disusun Oleh:

Yanuar Reza Adi Satria
20181013011132

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, M.T.,

IPM., Asean Eng

NIDN. 0705056501

Dr. Drs. Imam Khambali, M.Si.

NIDN. 0729106701

LEMBAR PENGESAHAN

LOAD FREQUENCY KONTROL MENGGUNAKAN KONTROL TID-PSO PADA SISTEM HYBRID PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM DAN GAS POWER PLANT

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh:

Yanuar Reza Adi Satria

201810130311132

Tanggal Ujian: 19 Juni 2025

Periode Wisuda: Periode III

Disetujui Oleh:

1. **Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, M.T., IPM., Asean Eng** (Pembimbing I)
NIDN. 0705056501

2. **Dr. Drs. Imam Khambali, M.Si.** (Pembimbing II)
NIDN. 0729106701

3. **Amrul Faruq, S.T., M.Eng., Ph,D** (Penguji I)
NIDN. 0718028601

4. **Khusnul Hidayat, S.T., M,T,** (Penguji II)
NIDN. 0723108202

Mengetahui
Ketua Program Studi,
Khusnul Hidayat, S.T., M.T.
NIDN. 0723108202

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yanuar Reza Adi Satria
Tempat/Tgl. Lahir : Pamekasan – 12 – 01- 2001
NIM : 201810130311132
Fakultas / Jurusan : TEKNIK / TEKNIK ELEKTRO

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir saya dengan judul “*LOAD FREQUENCY KONTROL MENGGUNAKAN KONTROL TID-PSO PADA SISTEM HYBRID PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM DAN GAS POWER PLANT*” 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. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk risiko / sanksi yang berlaku.

Malang, 30 Juni 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Yanuar Reza Adi Satria

Mengetahui

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, M.T.,

IPM., Asean Eng

NIDN. 0705056501

Dr. Drs. Imam Khambali, M.Si.

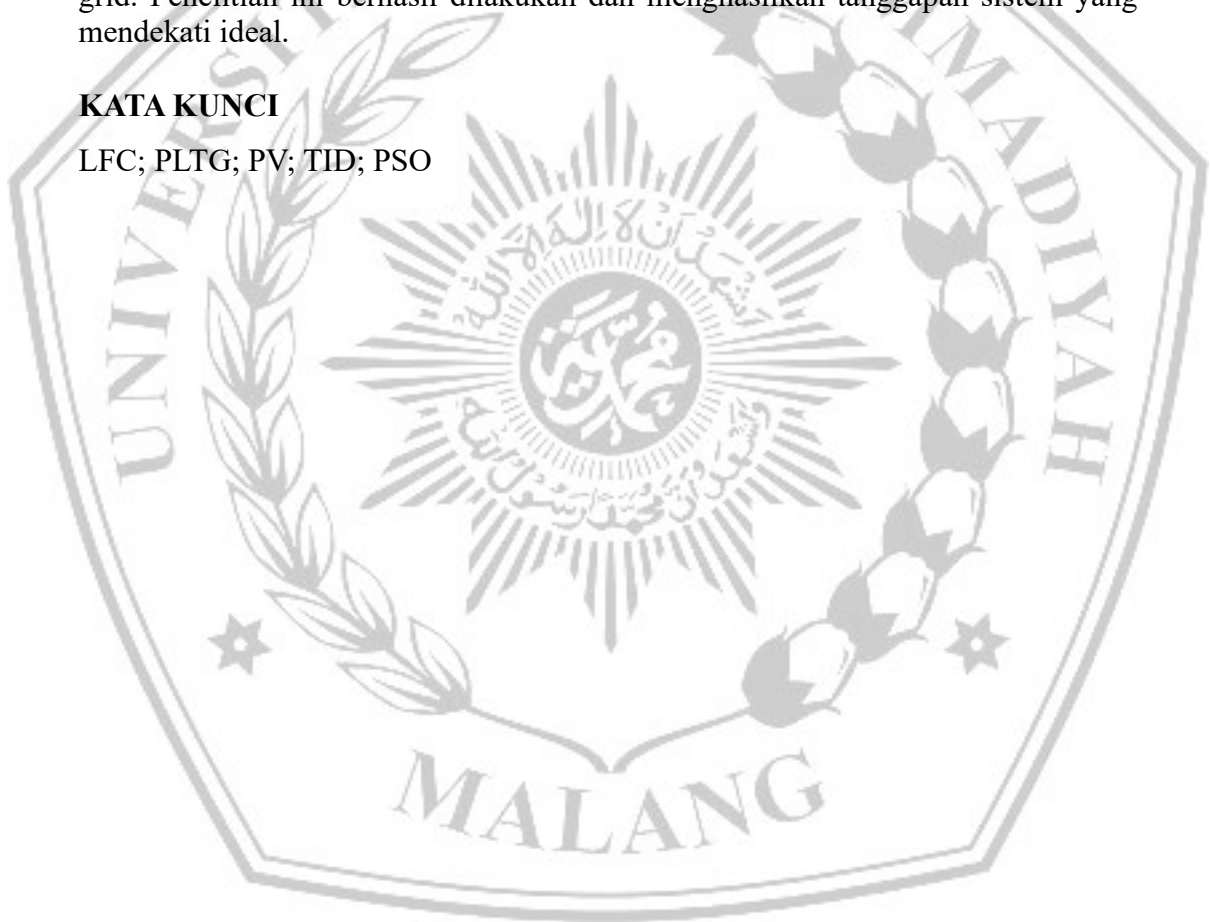
NIDN. 0729106701

ABSTRAK

Kestabilan frekuensi yang dikeluarkan pembangkit listrik AC dari generator maupun inverter menjadi bagian dari keandalan pembangkit listrik di era modern. Osilasi yang mengancam kestabilan frekuensi disebabkan oleh beban listrik yang hadir untuk kebutuhan manusia. Pembangkit energi baru terbarukan yang salah satunya adalah solar PV juga dituntut untuk memberikan kestabilan frekuensi pada keluaran inverter. Cara yang umum dilakukan adalah memberi fitur MPPT pada inverter dengan cara membandingkan daya sebelumnya dan daya sesudahnya lalu mengambil tindakan untuk menaikkan tegangan atau menurunkan tegangannya pada keluaran buck boost converter. Solar PV juga dapat digabungkan dengan pembangkit seperti pembangkit gas yang biasa disebut sistem on grid PV. Untuk memaksimalkan sistem on grid ini, perlu pemberian kontrol tambahan yang mampu menjaga kestabilan frekuensi pada dua pembangkit ini. Pada penelitian ini, ditambahkan kontrol TID-PSO yang mampu membantu memaksimalkan sistem on grid. Penelitian ini berhasil dilakukan dan menghasilkan tanggapan sistem yang mendekati ideal.

KATA KUNCI

LFC; PLTG; PV; TID; PSO

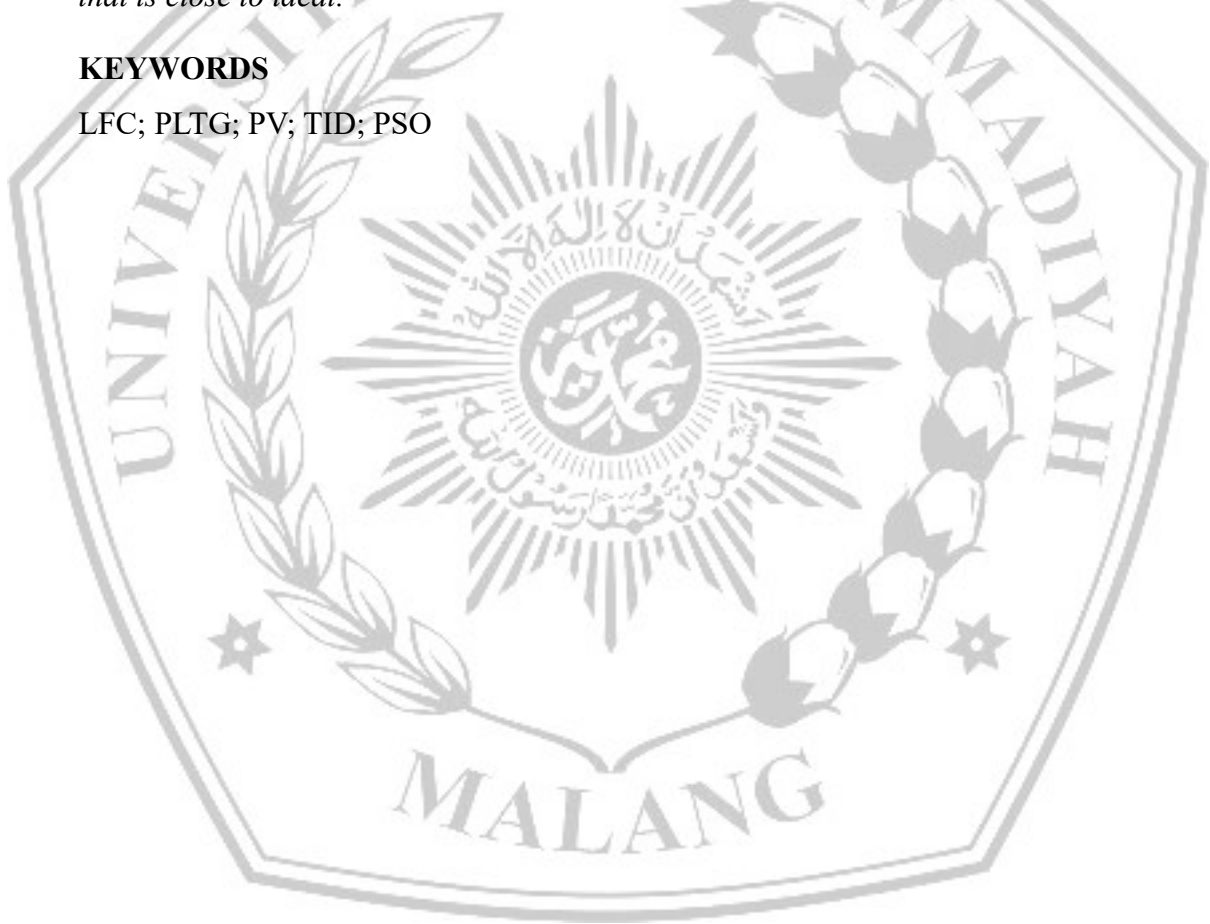


ABSTRACT

The stability of the frequency outputted by AC power plants from generators and inverters is part of the reliability of power plants in the modern era. Oscillations that threaten frequency stability are caused by electrical loads that are present for human needs. New renewable energy plants, one of which is solar PV, are also required to provide frequency stability at the output of the inverter. A common way to do this is to give the inverter an MPPT feature by comparing the previous power and the power afterward and then taking action to increase the voltage or decrease the voltage at the output of the buck boost converter. Solar PV can also be combined with a power plant such as a gas plant which is commonly called an on grid PV system. To maximize this on grid system, it is necessary to provide additional control that is able to maintain frequency stability in these two plants. In this research, TID-PSO control is added to help maximize the on grid system. This research was successfully conducted and resulted in a system response that is close to ideal.

KEYWORDS

LFC; PLTG; PV; TID; PSO



LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang selalu memberikan rahmat, kemudahan, kelancaran, *ridho*, kesehatan, dan petunjuk dalam mengerjakan tugas akhir.
2. Kedua orang tua, Bapak Moh. Haliliyanto dan Ibu Esa Rakhmawati yang telah mendidik saya dan memberikan dukungan finansial dan motivasi.
3. Dekan Fakultas Teknik Bapak Dr. Ahmad Mubin, M.T. dan Keluarga FT, serta para Pembantu Dekan Fakultas Teknik dan keluarga besar Universitas Muhammadiyah Malang.
4. Ketua Jurusan Teknik Elektro Bapak Khusnul Hidayat, S.T., M.T. dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Ibu Merinda Lestandy, S.Kom., M.T. beserta seluruh jajaran staf Teknik Elektro.
5. Bapak Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, M.T., IPM., Asean Eng dan Bapak Dr. Drs. Imam Khambali, M.Si. yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi.
6. Seluruh Civitas Akademika (dosen, asisten, dan karyawan) Universitas Muhammadiyah Malang.
7. Seluruh staf laboratorium Teknik Elektro atas ilmu praktek yang telah diajarkan kepada penulis.

KATA PENGANTAR

Dengan rahmat dan hidayah Allah Subhanahu Wa Ta'ala, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

“Load Frequency Kontrol Menggunakan Kontrol TID-PSO pada Sistem Hybrid Photovoltaic Solar System dan Gas Power Plant”

Tugas akhir ini merupakan bentuk kontribusi dari penulis untuk kampus Universitas Muhammadiyah Malang. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Dengan adanya saran yang tertulis di dalam naskah ini, penulis berharap tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi oleh orang lain untuk memperbaiki sistem maupun menambahkan fitur yang sebelumnya belum tercantum dalam penelitian ini sehingga menjadi penelitian yang lebih baik.

Demikian kata pengantar ditulis, semoga naskah ini dapat bermanfaat di masa sekarang dan masa yang akan datang. Penulis mohon maaf apabila terdapat kekeliruan baik disengaja maupun tidak disengaja.

Malang,

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACK	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Load Frequency Control (LFC)	5
2.2 Pembangkit Gas	7
2.3 Solar Energy.....	8
2.4 TID Controller.....	10
2.5 PSO (Particle Swarm Optimization).....	11
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.2 PV Module	13
3.3 Gas Power Plant	13
3.4 TID-PSO	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 TID.....	17
4.2 TID-PSO	19

4.3 Gas Power Plant	23
4.4 PV Module	24
BAB V PENUTUP	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA.....	28



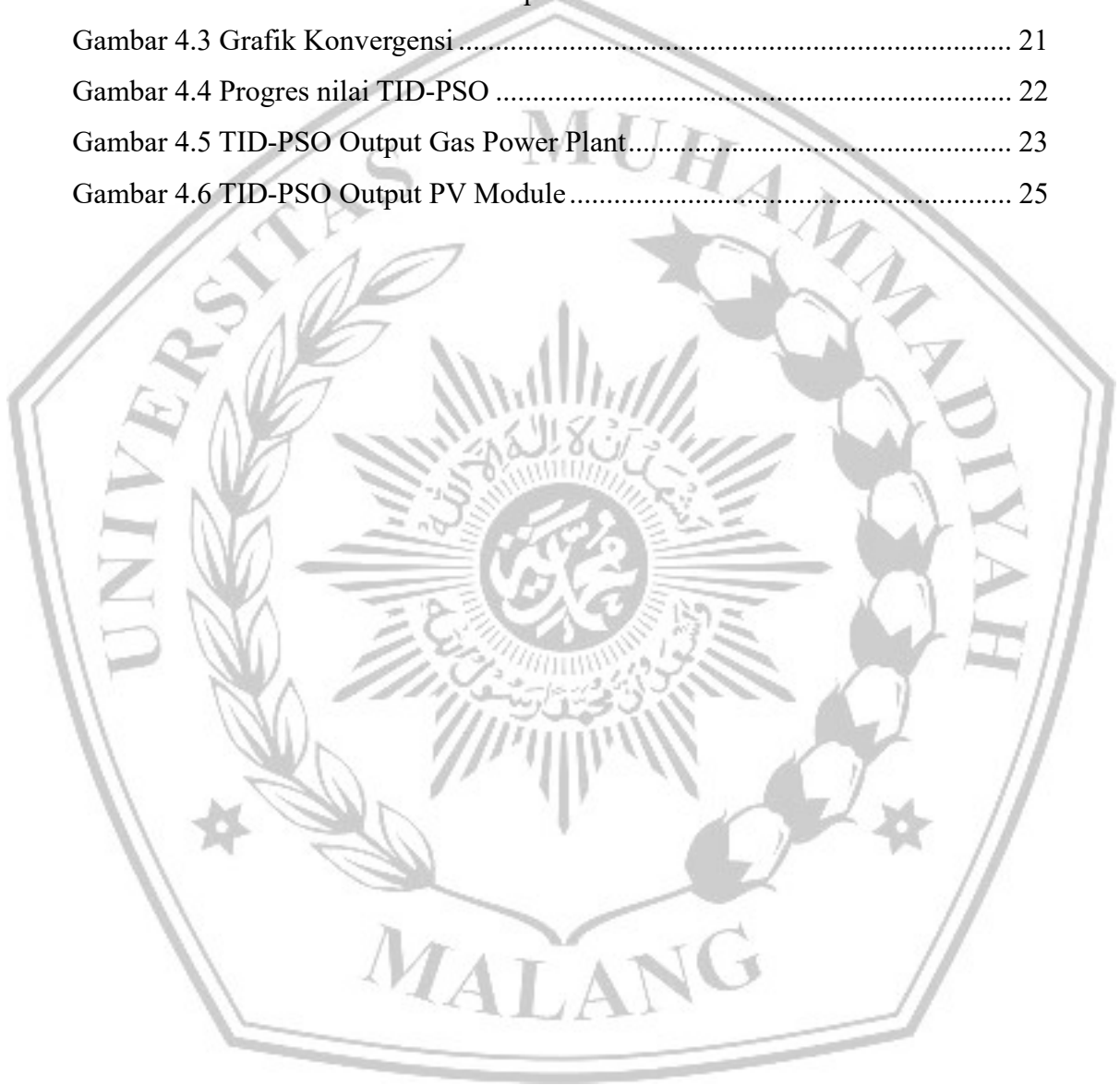
DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 TID untuk PV dan Gas	18
Tabel 4.2 Nilai Batas Atas dan Batas Bawah	20
Tabel 4.3 TID-PSO Terpilih	22
Tabel 4.4 Transient Response Gas Power Plant	24
Tabel 4.5 Transient Response PV Module	26



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Blok Gas-PV Power Plant	12
Gambar 3.2 Blok Diagram Kontrol TID	15
Gambar 3.3 Diagram Alir PSO	16
Gambar 4.1 TID Solar System	18
Gambar 4.2 TID Gas Power Plant Output	19
Gambar 4.3 Grafik Konvergensi	21
Gambar 4.4 Progres nilai TID-PSO	22
Gambar 4.5 TID-PSO Output Gas Power Plant.....	23
Gambar 4.6 TID-PSO Output PV Module	25



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. M. Gulzar, M. Iqbal, S. Shahzad, and H. A. Muqet, "Load Frequency Control (LFC) Strategies in Renewable Energy-Based Hybrid Power Systems: A Review," *Smart Energy Syst.*, vol. 15, no. 3488, p. 10, 2022, doi: 10.3390/en15103488.
- [2] C. Yang, W. Yaoi, Y. Wang, and X. Ai, "Resilient Event-Triggered Load Frequency Control for Multi-Area Power System With Wind Power Integrated Considering Packet Losses," *IEEE Power Energy Soc. Sect.*, vol. 9, p. 15, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3083609.
- [3] S. Oshnoei, A. Oshnoei, A. Mosallanejad, and F. Haghjoo, "Novel load frequency control scheme for an interconnected two-area power system including wind turbine generation and redox flow battery," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 130, no. 107033, p. 29, 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107033.
- [4] D. Revathi and G. M. Kumar, "Analysis of LFC in PV-thermal-thermal interconnected power system using fuzzy gain scheduling," *WILEY*, p. 16, 2020, doi: 10.1002/2050-7038.12336.
- [5] J. Mudi, C. K. Shiva, B. Vedik, and V. Mukherjee, "Frequency Stabilization of Solar Thermal-Photovoltaic Hybrid Renewable Power Generation Using Energy Storage Devices," *Iran. J. Sci. Technol.*, p. 21, 2020, doi: 10.1007/s40998-020-00374-w.
- [6] S. A. Jeddi, S. H. Abbasi, and F. Shabaninia, "Load Frequency Control of Two Area Interconnected Power System (Diesel Generator and Solar PV) with PI and FGPI Controller," *CSI Int. Symposium Artif. Signal Process.*, vol. 16, p. 6, 2012, doi: 10.1109/AISP.2012.6313803.
- [7] A. Fathy and A. A. G. Alharbi, "Recent Approach Based Movable Damped Wave Algorithm for Designing Fractional-Order PID Load Frequency Control Installed in Multi-Interconnected Plants With Renewable Energy," *IEEE Access*, vol. 9, no. 372513500, p. 18, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3078825.
- [8] R. Rajan, F. M. Fernandez, and Y. Yang, "Primary frequency control techniques for large-scale PV-integrated power systems: A review,"

- Renew. Sustain. Energy, vol. 144, no. 110998, p. 18, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110998.
- [9] Z. Yan and Y. Xu, "A Multi-Agent Deep Reinforcement Learning Method for Cooperative Load Frequency Control of a Multi-Area Power System," IEEE, p. 9, 2020, doi: 10.1109/TPWRS.2020.2999890.
- [10] B. Vedik, R. Kumar, R. Deshmukh, S. Verma, and C. K. Shiva, "Renewable Energy-Based Load Frequency Stabilization of Interconnected Power Systems Using Quasi-Oppositional Dragonfly Algorithm," J. Control. Autom. Electr. Syst., p. 17, 2020, doi: 10.1007/s40313-020-00643-3.
- [11] M. Ramesh, A. K. Yadav, and P. K. Pathak, "An extensive review on load frequency control of solar-wind based hybrid renewable energy systems," Energy Sources, Part A Recover. Utilization, Environ. Eff., p. 26, 2021, doi: 10.1080/15567036.2021.1931564.
- [12] 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>.
- [13] 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>.
- [14] Z. Liu and I. A. Karimi, "New operating strategy for a combined cycle gas turbine power plant," Energy Convers. Manag., vol. 171, p. 1675, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.06.110.
- [15] M. A. G. Salazar, T. Kirsten, and L. Prchlik, "Review of the operational flexibility and emissions of gas- and coal-fired power plants in a future with growing renewables," Renew. Sustain. Energy Rev., 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.278.
- [16] P. G. V. Sampaio and M. O. A. González, "Photovoltaic Solar Energy: Conceptual Framework," Renew. Sustain. Energy Rev., 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.02.081.
- [17] T. Baskarad, "Photovoltaic System Power Reserve Determination Using

Parabolic Approximation of Frequency Response,” IEEE, 2019, doi: 10.1109/TSG.2021.3061893.

- [18] Y. Chen, I. Petras, and D. Xue, “Fractional Order Control - A Tutorial,” Am. Control Conf., 2009, doi: 10.1109/acc.2009.5160719.
- [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] M. Barakat, D. Ahmed, H. F. A. Hamed, and G. M. Salama, “Harris Hawks-Based Optimization Algorithm for Automatic LFC of the Interconnected Power System Using PD-PI Cascade Control,” J. Electr. Eng. Technol., p. 21, 2020, doi: 10.1007/s42835-021-00729-1.





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG



FORMULIR HASIL CEK PLAGIASI

Nama : Yanuar Reza Adi satria
 NIM : 201810130311132
 Judul Skripsi : LOAD FREQUENCY KONTROL MENEGUNAKAN KONTROL TID-PSO PADA SISTEM HYBRID PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM GAS POWER PLANT

Hasil Cek Plagiarisme menggunakan Turnitin

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

Mengetahui

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Dr. Drs. Imam Rhabali, M.Si.

Ver.151224

