

***Optimasi Automatic Voltage Regulator dan Load Frequency Control
menggunakan Model Predictive Control Tuning Particle Swarm
Optimization***

SKRIPSI

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



Disusun Oleh :

Rohmayanti

201810130311153

PROGRAM STUDI ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

Optimasi *Automatic Voltage Regulator* dan *Load Frequency Control* menggunakan *Model Predictive Control Tuning Particle Swarm Optimization*

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

Disusun Oleh:

Rohmayanti
201810130311153

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I



Zulfatman., M.Eng., Ph.D.,
MDN:0709117804

Pembimbing II



Ilham Pakaya, S.T., M.Tr.T.
NIDN: 0717018801

LEMBAR PENGESAHAN

Optimasi *Automatic Voltage Regulator* dan *Load Frequency Control* menggunakan *Model Predictive Control Tuning Particle Swarm Optimization*


Tugas Akhir ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh:


Rohmayanti
201810130311153

Tanggal Ujian : 10 Oktober 2024
Periode Wisuda : 6

Disetujui Oleh:


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

(Pembimbing I)


Ilham Pakaya, S.T., M.Tr.T
NIDN: 0717018801

(Pembimbing II)


Merinda Lestandy, S.Kom., M.T.
NIDN: 0703039302

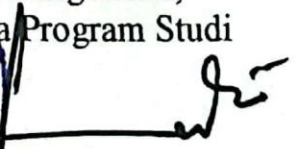
(Penguji I)


M. Chasrun Hasani, M.T.
NIDN: 0007086808

(Penguji II)



Mengetahui,
Program Studi


Khusnul Hidayat, S.T., M.T.
NIDN: 0723108202

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

- Nama : Rohmayanti
- NIM : 201810130311153
- Program Studi : Teknik Elektro
- Fakultas : Teknik

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul :

“Optimasi Automatic Voltage Regulator dan Load Frequency Control menggunakan Model Predictive Control Tuning Particle Swarm Optimization.”

adalah hasil karya saya, dan dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, baik sebagian ataupun keseluruhan, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

2. Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia **SKRIPSI INI DIGUGURKAN** dan **GELAR AKADEMIK YANG TELAH SAYA PEROLEH DIBATALKAN**, serta diproses sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku.
3. Skripsi ini dapat dijadikan sumber pustaka yang merupakan **HAK BEBAS ROYALTY NON EKSKLUSIF**.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagai mestinya.

Malang, 21 September 2024

Yang menyatakan



METRAAL
TEMPEL
REBE1AJXQ03310253

Rohmayanti

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang AVR dan LFC dengan metode MPC-PSO yang dapat menjaga sistem stabilitas output tegangan dan frekuensi. Serta mengoptimasi model AVR dan LFC dengan menggunakan metode MPC-PSO yang dirancang agar dapat menstimulasi tegangan dan frekuensi secara optimal menggunakan simulink matlab. Optimasi menggunakan PSO dilakukan sebanyak 20 populasi dan 50 iterasi. Hasil dari MPC-PSO dan MPC-*init* berbeda pada kecepatan waktu saja pada *plant* LFC, begitu juga yang terjadi pada *plant* AVR. Berikut detail dari step response LFC dan AVR, nilai *base* frekuensi dan *base voltage* ditetapkan masing-masing adalah 50 Hz dan 20 kV. Berdasarkan nilai *base* frekuensi dan *base voltage*, maka nilai *undershoot* adalah 49.9926 Hz. Sedangkan nilai *overshoot* adalah 50,00187 Hz dan 50,0000159 Hz untuk *steady state* frekuensi. Pada AVR, hanya ada analisis dua step response yaitu *overshoot* dan *steady state*. Nilai *overshoot* pada MPC-PSO ini lebih tinggi dari nilai inialisasi yaitu 24,38 kV dan untuk *steady state* bernilai 19,8 kV. Meskipun MPC-PSO lebih tinggi *overshoot*, tetapi waktu *steady state* lebih cepat dari pada MPC inialisasi. Walaupun MPC dapat melakukan kontrol dengan dua *plant*, saran untuk pengembangan lebih lanjut sebaiknya menggunakan satu MPC untuk satu *plant* demi hasil yang optimal. Jika hendak melakukan optimasi MPC, lebih baik menggunakan perangkat yang memiliki spesifikasi yang lebih tinggi supaya penggunaan waktu lebih efisien.

KATA KUNCI

Model Predictive Control; PSO; *Automatic Voltage Regulator*(AVR); *Load Frequency Control*(LFC); Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi.

ABSTRACT

This research aims to design AVR and LFC with MPC-PSO method that can maintain the stability of voltage and frequency output system. As well as optimizing the AVR and LFC models using the MPC-PSO method designed to optimally stimulate voltage and frequency using Matlab simulink. Optimization using PSO is done as many as 20 populations and 50 iterations. The results of MPC-PSO and MPC-init are different at the time speed only on the LFC plant, as well as what happens on the AVR plant. Following the details of the step response of LFC and AVR, the base frequency and base voltage values are set to 50 Hz and 20 kV, respectively. Based on the base frequency and base voltage values, the undershoot value is 49.9926 Hz. While the overshoot values are 50.00187 Hz and 50.0000159 Hz for frequency steady state. In AVR, there are only two step response analysis, namely overshoot and steady state. The overshoot value of MPC-PSO is higher than the initialization value of 24.38 kV and for steady state it is 19.8 kV. Although MPC-PSO has a higher overshoot, the steady state time is faster than the initialized MPC. Although MPC can perform control with two plants, suggestions for further development should use one MPC for one plant for optimal results. If you want to do MPC optimization, it is better to use a device that has higher specifications so that the use of time is more efficient.

Keywords:

Model Predictive Control; PSO; Automatic Voltage Regulator(AVR); Load Frequency Control(LFC); Geothermal Power Plant.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)	5
2.2 Generator Sinkron	6
2.2.1 Sistem Eksitasi dengan Sikat	7
2.2.2 Sistem Eksitasi Tanpa Sikat	7
2.3 <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR)	8
2.4 <i>Load Frequency Control</i> (LFC)	9
2.5 <i>Model Predictive Controller</i> (MPC)	9

2.6 <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Metode Penelitian	13
3.2 Studi Literatur	14
3.3 Pengumpulan Data	15
3.4 Pemodelan Sistem	16
3.4.1 Pemodelan Sistem AVR dan LFC	16
3.4.2 Pemodelan Sistem MPC	18
3.4.3 Pemodelan Sistem PSO	22
3.5 Perancangan Pengendalian MPC-PSO	23
3.6 Perancangan Pengendalian AVR dengan MPC-PSO	24
3.7 Perancangan Pengendalian LFC dengan MPC-PSO.....	25
3.8 Perancangan Pengendalian AVR-LFC dengan MPC-PSO.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Pengujian Inisialisasi	27
4.2 Pengujian MPC-PSO	31
4.3 Perbandingan MPC Init dan MPC-PSO	34
BAB V PENUTUP.....	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR GAMBAR

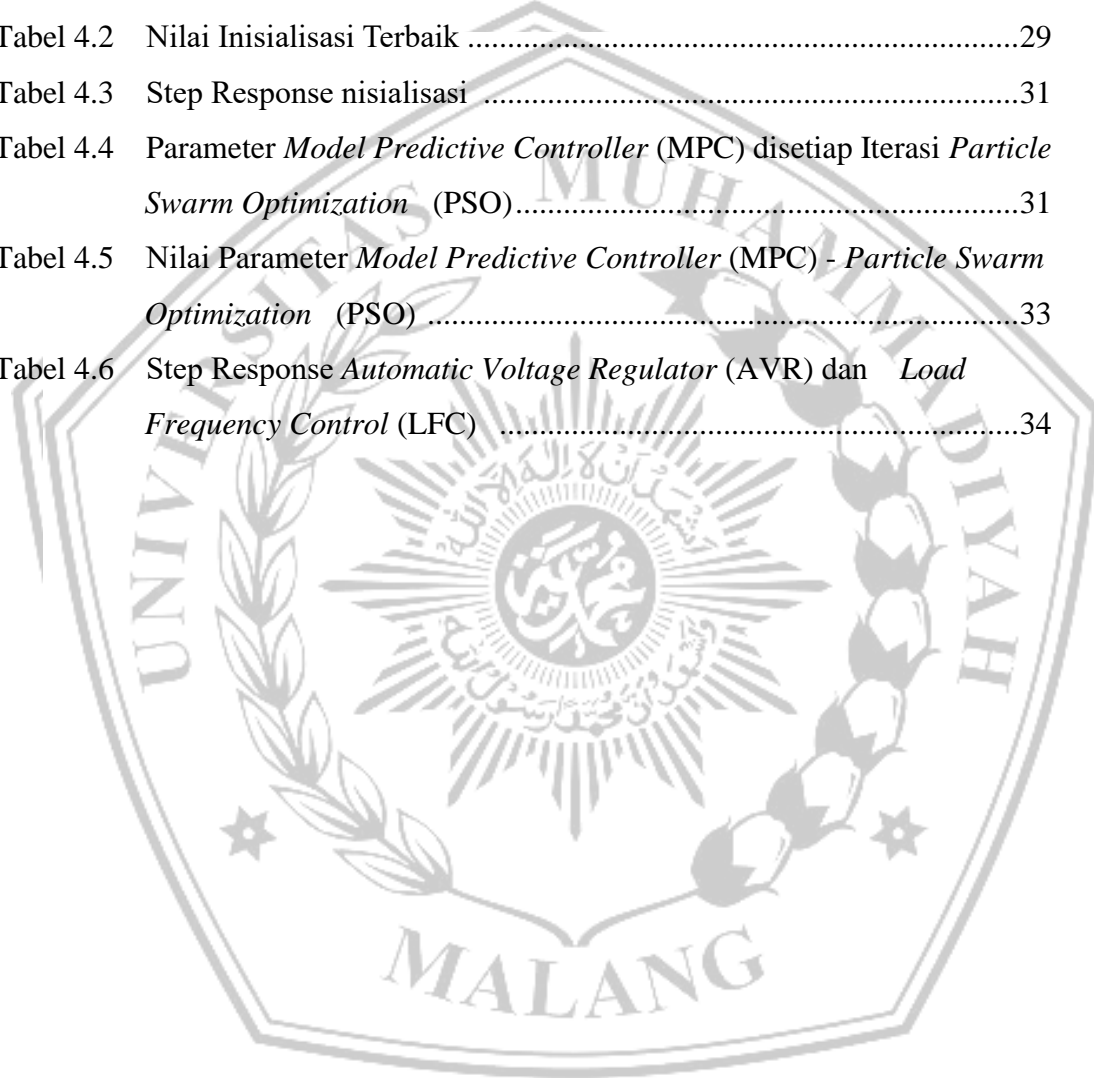
Gambar 2.1	Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)	5
Gambar 2.2	Sistem Eksitasi Tanpa Sikat	7
Gambar 2.3	<i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) dan Exciter pada Generator ..	9
Gambar 2.4	Diagram Blok <i>Load Frequency Control</i> (LFC)	9
Gambar 2.5	Diagram <i>Model Predictive Controller</i> (MPC)	11
Gambar 2.6	<i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO) <i>Concept Searching Point</i>	12
Gambar 3.1	Diagram Alur Tahapan Penelitian	13
Gambar 3.2	Desain Sistem Optimasi <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) dan <i>Load Frequency Control</i> (LFC) dengan MPC-PSO	16
Gambar 3.3	Diagram Blok <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) MPC-PSO	17
Gambar 3.4	Diagram Blok <i>Load Frequency Control</i> (LFC) MPC-PSO	17
Gambar 3.5	Desain Sistem <i>Model Predictive Controller</i> (MPC)	19
Gambar 3.6	Desain Sistem <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	23
Gambar 3.7	Desain Sistem <i>Model Predictive Controller</i> (MPC) dan <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	24
Gambar 3.8	Desain Sistem <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) dengan <i>Model Predictive Controller</i> (MPC) dan <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	24
Gambar 3.9	Desain Sistem <i>Load Frequency Control</i> (LFC) dengan <i>Model Predictive Controller</i> (MPC) dan <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	25
Gambar 3.10	Desain Sistem <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) dan <i>Load Frequency Control</i> (LFC) dengan <i>Model Predictive Controller</i> (MPC) dan <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	25
Gambar 4.1	Fitnes Inisialisasi	29
Gambar 4.2	Gelombang Inisialisasi <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) dan <i>Load Frequency Control</i> (LFC)	30

Gambar 4.3 Grafik Konvergensi	32
Gambar 4.4 Gelombang MPC- PSO <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) dan <i>Load Frequency Control</i> (LFC)	34
Gambar 4.5 <i>Load Frequency Control</i> (LFC) MPC Init VS <i>Load Frequency</i> <i>Control</i> (LFC) MPC-PSO	35
Gambar 4.6 <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) MPC Init VS <i>Automatic</i> <i>Voltage Regulator</i> (AVR) (LFC) MPC-PSO	36



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Parameter Kombinasi <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) dan <i>Load Frequency Control</i> (LFC)	15
Tabel 3.2	Parameter Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	15
Tabel 4.1	Inisialisasi <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	27
Tabel 4.2	Nilai Inisialisasi Terbaik	29
Tabel 4.3	Step Response nisialisasi	31
Tabel 4.4	Parameter <i>Model Predictive Controller</i> (MPC) disetiap Iterasi <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....	31
Tabel 4.5	Nilai Parameter <i>Model Predictive Controller</i> (MPC) - <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	33
Tabel 4.6	Step Response <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) dan <i>Load Frequency Control</i> (LFC)	34



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ootong and R. M. Bajuri, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Buck-Boost Converter," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 5, no. 2, p. 103, 2017, doi: 10.36055/setrum.v5i2.1563.
- [2] F. T. Industri, "Perancangan Sistem Fault Tolerant Control Pada Turbin Angin Dengan," 2018.
- [3] A. A. Salem, N. A. N. Aldin, A. M. Azmy, and W. S. E. Abdellatif, "Implementation and Validation of an Adaptive Fuzzy Logic Controller for MPPT of PMSG-Based Wind Turbines," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 165690–165707, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3134947.
- [4] W. K. Wojsznis, D. Thiele, and J. Gudaz, "Adaptive fuzzy logic controller," *ISA TECH/EXPO Technol. Updat. Conf. Proc.*, vol. 413 I, no. 10, pp. 95–103, 2001.
- [5] S. W. Widyanto, S. Wisnugroho, and M. Agus, "Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Wangi-Wangi," *Semin. Nas. Sain dan Teknol. 2018*, pp. 1–12, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3599>
- [6] A. M. Siregar and F. Lubis, "Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-U sebagai Pembangkit Listrik Alternatif," *Tek. Mesin ITM*, vol. 5, no. 1, pp. 36–40, 2019.
- [7] L. A. N. Wibawa and D. A. Himawanto, "Analisis Ketahanan Beban Dinamis Material Turbin Angin Terhadap Kecepatan Putar Rotor (Rpm) Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 803–808, 2018, doi: 10.24176/simet.v9i2.2343.
- [8] V. Shirsath and R. Agrawal, "A Review of Wind Station Data Modeling for Wind Turbine Reliability Enhancement to Optimize Wind Energy Considering Turbine Design," *2020 5th IEEE Int. Conf. Recent Adv. Innov. Eng. ICRAIE 2020 - Proceeding*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1109/ICRAIE51050.2020.9358335.
- [9] M. I. Umami, I. M. A. Nrartha, and T. Zubaidah, "Desain Generator Sinkron Magnet Permanen Jenis Neodymium Iron Boron Untuk PLTB Daya 500 Watt Menggunakan Perangkat Lunak MagNet Infolytica," *Dr. Diss. Univ. Mataram*, pp. 1–7, 2018, [Online]. Available: http://eprints.unram.ac.id/2707/15/15_Jurnal.pdf
- [10] R. A. Mustikasari, T. Hardianto, and W. Hadi, "Analisis Generator Sinkron Permanen Magnet (PMSG) Tipe Radial 3 Fasa dengan Hubungan Kumputan Delta," *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 7, no. 3, p. 90, 2021, doi: 10.19184/jaei.v7i3.28119.
- [11] F. Himawan, I. Pakaya, and D. Suhardi, "Maximum Power Point Pada PLTB

Dengan Buck Boost Converter Menggunakan Particle Swarm Optimization,” no. 10, pp. 1–5.

- [12] M. Novian Rahmatur Rajab, Koesmarijanto, and R. Saptono, “Perancangan Rangkaian Rectifier Pada Sistem Rf Energy Harvesting Dengan Antena Televisi Pada Frekuensi Uhf,” *J. JARTEL*, vol. 9, p. 4, 2019.
- [13] W. Wahab, N. Ardie, and N. T. Rochman, “Analysis and Design of a Fuzzy Logic Controlled Buck Boost Converter For a Wind Turbine Power Generation,” *7th Indones. Japan Jt. Sci. Symp.*, no. November, pp. 200–207, 2016, [Online]. Available: <http://www.cr.chiba-u.jp/Documents/symposiums/symp2016/Proceedings-CEReS-IntlSympto24-IJSS2016.pdf>
- [14] F. A. Pamuji *et al.*, “Design and Implementation of Buck Boost Converter for fuzzy Logic Controller Based DC Motor Speed Control,” *Prz. Elektrotechniczny*, vol. 2024, no. 4, pp. 60–66, 2024, doi: 10.15199/48.2024.04.12.
- [15] A. A. Salem, A. H. K. Alaboudy, and H. A. Gabbar, “Realization of MPPT of PMSG-Based Wind Turbines Using New MPPT Indices,” *Proc. 2019 7th Int. Conf. Smart Energy Grid Eng. SEGE 2019*, pp. 315–320, 2019, doi: 10.1109/SEGE.2019.8859935.
- [16] H. Cahyo Prasetyo, “Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Maximum Power Point Tracker (Mppt) Dengan Metode Perturb and Observe (P&O),” *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 02, pp. 1–8, 2018.
- [17] M. Kardan, “Desain Simulasi Kontrol Maximum Power Point Tracker (MPPT) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Metode Perturb And Observe (P&O),” 2022.



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

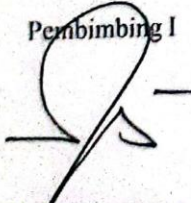
Nama Mahasiswa : Rohmayanti
NIM : 201810130311153
Judul TA : Optimasi *Automatic Voltage Regulator* dan *Load Frequency Control* menggunakan *Model Predictive Control Tuning Particle Swarm Optimization*.

Hasil Cek Plagiarisme dengan Turnitin


No.	Komponen Pengecekan	Nilai Maksimal Plagiasi (%)	Hasil Cek Plagiasi (%) *
1.	Bab 1 – Pendahuluan	10 %	9 %
2.	Bab 2 – Studi Pustaka	25 %	12 %
3.	Bab 3 – Metodologi Penelitian	35 %	0 %
4.	Bab 4 – Pengujian dan Analisis	15 %	0 %
5.	Bab 5 – Kesimpulan dan Saran	5 %	4 %
6.	Publikasi Tugas Akhir	20 %	9 %

Mengetahui,

Pembimbing I


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

Pembimbing II


Ilham Pakaya, S.T., M.Tr.T.
NIDN:0717018801