

**OPTIMASI KONTROL FREKUENSI BEBAN PEMBANGKIT
TENAGA UAP DENGAN PROPORTIONAL INTEGRAL
DAN MODEL PREDICTIVE CONTROL**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Gelar Sarjana (S1)
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Malang



Disusun oleh :
Indra Pribudi
201810130311217

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

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

**OPTIMASI KONTROL FREKUENSI BEBAN PEMBANGKIT
TENAGA UAP DENGAN PROPORTIONAL INTEGRAL DAN
MODEL PREDICTIVE CONTROL**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Gelar Sarjana (S1)
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun oleh:
Indra Pribudi

201810130311217

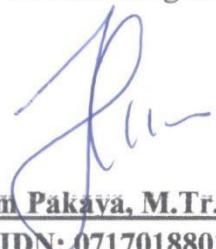
Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI KONTROL FREKUENSI BEBAN PEMBANGKIT TENAGA UAP DENGAN PROPORTIONAL INTEGRAL DAN MODEL PREDICTIVE CONTROL

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Gelar Sarjana (S1)

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas

Muhammadiyah Malang

Disusun oleh:

Indra Pribudi

201810130311217

Tanggal Pengujianan : Januari 2024

Periode Wisuda : II

Disetujui Oleh :

1. Zulfatman, M.Eng., Ph.D. (Pembimbing I)
NIDN: 0709117804

2. Ilham Pakaya, M.Tr.T. (Pembimbing II)
NIDN: 0717018801

3. Ir. Nur Kasan, MT. (Penguji I)
NIDN: 0707106301

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

Mengetahui



Khusnul Hidayat, S.T., M.T.

NIDN: 0723108202

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Indra Pribudi**
Tempat/Tanggal Lahir : **Blitar/ 20 Agustus 2000**
NIM : **201810130311217**
Program Studi : **Teknik Elektro**
Fakultas : **Teknik**

Dengan ini saya menyatakan bahwaa tugas akhir dengan judul:

“OPTIMALISASI LOAD FREQUENCY CONTROL DENGAN PROPORSIONAL INTEGRAL DAN MODEL PREDICY CONTROL”, dan 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 dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap karya seni ini, maka saya siap menanggug segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku

Malang, Desember 2023

Yang menyatakan,



Indra Pribudi

Pembimbing I

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

Pembimbing II

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

ABSTRACT

Load Frequency Control (LFC) is an automatic control mechanism in power systems designed to maintain a balance between generated and consumed power. LFC plays a crucial role in sustaining power and frequency balance during load variations. However, challenges such as frequency deviations and slow response to load changes are prevalent. This research aims to optimize LFC system performance to ensure continuous power and frequency balance. The effectiveness of Proportional-Integral (PI) control, Model Predictive Control (MPC), and their combination (PI-MPC) is evaluated to identify the most efficient control strategy in maintaining load frequency at the set point. Performance tests consider frequency deviation, overshoot, rise time, and settling time. Results indicate that the PI-MPC combination provides an optimal balance between rapid response and system stability compared to other control methods. In conclusion, the integration of PI and MPC can be considered an optimal approach to enhance LFC system performance.

Keywords: System LFC, MPC Controller, PI Controller, Stabilizer

ABSTRAK

Load Frequency Control (LFC) adalah suatu mekanisme pengendalian otomatis pada sistem tenaga listrik untuk menjaga keseimbangan antara daya yang dihasilkan dan daya yang dikonsumsi. Sistem LFC memainkan peran krusial dalam menjaga keseimbangan daya dan frekuensi sistem saat terjadi perubahan beban. Namun, banyak masalah dan kendala yang muncul, seperti penyimpangan frekuensi dan lambatnya respons terhadap perubahan beban. Dari masalah tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja sistem LFC sehingga keseimbangan daya dan frekuensi sistem tetap terjaga . Penggunaan kontroler Proporsional-Integral (PI), Model Predictive Control (MPC) dan kombinasi keduanya (PI-MPC) dievaluasi untuk menentukan kontroler yang paling efektif dalam menjaga frekuensi beban pada nilai set point. Pengujian performansi dilakukan dengan mempertimbangkan deviasi frekuensi, overshoot, rise time, dan settling time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian kombinasi PIMPC memberikan keseimbangan optimal antara respons cepat dan stabilitas sistem dibandingkan dengan kontroler yang lain. Kesimpulannya, penggabungan PI dan MPC dapat dianggap sebagai pendekatan yang optimal untuk meningkatkan kinerja sistem LFC.

Kata kunci : Sistem LFC, Kontrol MPC, Kontrol PI, Kestabilan Sistem

LEMBAR PERSEMBAHAN

PPengujian syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan,kelancara dan petunjuk dalam penggerjaan skripsi ini.
2. Kedua orangtua dan seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik itu materi maupun nonmateri sehingga Tugas Akhir ini dapat disusun dengan baik.
3. Dekan Fakultas Teknik, serta para pembantu Dekan Fakultas Teknik dan keluarga besar Universitas Muhammadiyah Malang.
4. Ketua Jurusan Teknik Elektro Bapak Khusnul Hidayat, S.T, M.T beserta seluruh stafnya
5. Bapak Machmud Zulfatman, M.Eng., Ph.D. selaku dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmu,saran,serta bimbingan dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ilham Pakaya,M.Tr.T.. selaku dosen Pembimbing II yang telah memberikan ilmu,saran,serta bimbingan dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman kelas Elektro D '18 yang selalu kompak dan saling menyemangati selama masa perkuliahan berlangsung.
8. Orang-orang terdekat saya yang selalu memberi masukan dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak bisa disebutkan satupersatu.

KATA PENGANTAR

Segala pugi bagi Allah SWT yang telah memberi kami kemudahan sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) ini dengan tepat waktu. Tanpa pertolongan-Nya tentunya kami tidak sanggup untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga terlimpahkan curahan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafaatnya di akhirat nanti. Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas limpahan sehat dari-Nya, baik itu berupa sehat fisik maupun akal pikiran, sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

**” OPTIMASI KONTROL FREKUENSI BEBAN PEMBANGKIT
TENAGA UAP DENGAN PROPORTIONAL INTEGRAL DAN
MODEL PREDICTIVE CONTROL”.**

Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik di Universitas Muhammadiyah Malang. Selain itu penulis berharap agar tugas akhir ini dapat menambah kepustakaan dan dapat memberikan manfaat bagi semuanya.

Penulis menyadari bahwa dalam pembautan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunannya oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan sarannya yang bersifat membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, dan semua pembaca bagi penulis khususnya.

Malang, 19 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRACT.....	vi
ABSTRAK	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Sistem Load Frequency Control	6
2.2.2 Pengaturan Frequensi.....	7
2.2.3 Sistem Kontrol.....	8

2.2.4 Pemodelan Generator	8
2.2.5 Pemodelan Turbin	9
2.2.6 Pemodelan Beban.....	10
2.2.7 Pemodelan Governor.....	11
2.2.8 Sistem LFC.....	12
2.2.9 Kontrol PI.....	13
2.2.10 Kontrol Proportional.....	14
2.2.11 Kontrol Integral.....	15
2.2.12 Kontrol MPC.....	17

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Flowchart Penelitian	20
3.2 Studi Literatur	21
3.3 LFC Sistem Tenaga Listrik Single Area	21
3.4 Penambahan Kontrol PI ..	23
3.5 Model Kontrol Model Predictive control.....	24
3.6 Kombinasi Kontrol PI-MPC	
	26

BAB IV ANALISA DATA DAN PENGUJIANAN SISTEM

4.1 Sistem Load Frequency Control Saat Gangguan. .	26
4.1.1 Sistem Load Frequency Control Saat Gangguan dengan Gangguan 0.2 p.u	26
4.1.2 Sistem Load Frequency Control Saat Gangguan dengan Gangguan 0.5 p.u	29
4.1.3 Sistem Load Frequency Control Saat Gangguan Sebesar 0.5 p.u Menjadi 0.7 pu pada Detik ke 10.....	31

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35

DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram skema LFC.....	7
Gambar 2.2 Diagram Blok Generator.....	9
Gambar 2.3 Diagram Blok Turbin	10
Gambar 2.4 Diagram blok efek <i>load damping</i>	10
Gambar 2.5 Diagram blok efek <i>load damping</i> yang sederhana.....	11
Gambar 2.6 Prinsip kerja governor	11
Gambar 2.7 Karakteristik kecepatan governor.....	12
Gambar 2.8 Diagram blok governor	12
Gambar 2.9 Diagram blok LFC sistem terisolasi	13
Gambar 2.10 Penentuan nilai <i>critical gain</i> Kcr dan <i>critical period</i> Pcr.	14
Gambar 2.11 Diagram blok kontroler proporsional	15
Gambar 2.12 Kurva sinyal kesalahan $e(t)$ terhadap t dan kurva $u(t)$ terhadap t pada pembangkit kesalahan nol.....	15
Gambar 2.13 Diagram Blok hubungan antara besaran kesalahan dengan kontroler integral.	16
Gambar 2.14 Perubahan keluaran sebagai akibat penguatan dan kesalahan....	17
Gambar 2.15 Struktur dasar <i>model predictive control</i>	18
Gambar 3.1 Flowchart Metodelogi Penelitian	20
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem LFC <i>Single Area</i> Hadi Saadat	22
Gambar 3.3 Sistem dengan kontroler PI	23
Gambar 3.4 Sistem dengan kontroler MPC	24
Gambar 3.5 Sistem dengan kontroler PI-MPC	25
Gambar 4.1 Hasil respon Pengujian LFC dengan gangguan sebesar 0,2 p.u Tanpa Pengontrol	26
Gambar 4.2 Hasil respon Pengujian LFC dengan <i>gangguan</i> sebesar 0,2 p.u dengan Pengontrol	27

Gambar 4.3 Hasil respon Pengujian LFC dengan gangguan sebesar 0,5 p.u Tanpa Pengontrol	29
Gambar 4.4 Hasil respon Pengujian LFC dengan gangguan sebesar 0,5 p.u dengan Pengontrol	30
Gambar 4.5 Hasil respon Pengujian LFC dengan gangguan sebesar 0,5 p.u Menjadi 0.7 p.u Tanpa Pengontrol	32

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Komponen Sistem	22
Tabel 3.2 Parameter Kontroler PID	23
Tabel 3.3 Data Parameter MPC	25
Tabel 4.1 Hasil Performansi Pengujian Sistem <i>Gangguan</i> Tanpa Kontroler ...	27
Tabel 4.2 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan dengan Kontroler PI28	
Tabel 4.3 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan dengan Kontroler MPC	28
Tabel 4.4 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan dengan Kontroler PI-MPC	28
Tabel 4.5 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan Tanpa Kontroler	29
Tabel 4.6 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan dengan Kontroler PI30	
Tabel 4.7 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan dengan Kontroler MPC	31
Tabel 4.8 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan dengan Kontroler PI-MPC	31
Tabel 4.9 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan Tanpa Kontroler	32
Tabel 4.10 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan dengan Kontroler PI	33
Tabel 4.11 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan dengan Kontroler MPC	34
Tabel 4.12 Hasil Performansi Pengujian Sistem Gangguan dengan Kontroler PI-MPC	34

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. A. Darmanto, “Pengaturan Frekwensi Sistem Tenaga Menggunakan Algoritma Genetik,” *Transient*, vol. 7, no. 1, p. 238, 2018, doi: 10.14710/transient.7.1.238-251.
- [2] B. B. Wicaksono and T. Wati, “Load Frequency Control in Single-Area Power System Using Integral Control and Proportional Integral,” *012 Int. Symp. Innov. Intell. Syst. Appl.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–10, 2020.
- [3] T. Mustarin, “[8] Desain Optimal Load Frequency Control (LFC) dengan Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES) pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Metode Firefly Algorithm,” p. 84, 2015, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/52255/>
- [4] M. Andrik, M. Farul, I. Cahyono, and R. Rukslin, “Optimasi Load Frequency Control (LFC) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis PID-ANFIS,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 61–64, 2018, doi: 10.21776/ub.jrm.2018.009.01.9.
- [5] G. M. N. C. Aryanata, I. N. Suweden, and I. M. Mataram, “Studi Analisis Governor Sebagai Load Frequency Control Pada Pltg Menggunakan Fuzzy Logic Controller,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 1, p. 107, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i01.p15.
- [6] A. Fauzan, “Analisis Governor Pada Pengaturan Frekwensi Pltgu Di Pt Indonesia Power Ubp Priok,” no. 021, 2009.
- [7] S. Pengendalian and F. Beban, “Dengan Berbasis Logika Fuzzy Pada Turbin Gas,” 2016.
- [8] M. Eidiani and V. Heidari, “Power Flow Analysis,” *Fundamentals of Power Systems Analysis 1*. pp. 135–192, 2023. doi: 10.1201/9781003394433-4.



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 : INDRA PRIBUDI

NIM : 20181013031117

Judul TA : OPTIMASI KONTROL FREKUENSI BEBAN PEMBANGKIT

TENAGA UAP DENGAN PROPORTIONAL INTEGRAL DAN MODEL PREDICTIVE CONTROL

Hasil Cek Plagiarisme dengan Turnitin

No.	Komponen Pengecekan	Nilai Maksimal Plagiasi (%)	Hasil Cek Plagiasi (%) *
1.	Bab 1 – Pendahuluan	10 %	4%
2.	Bab 2 – Studi Pustaka	25 %	17%
3.	Bab 3 – Metodelogi Penelitian	35 %	0%
4.	Bab 4 – Pengujian dan Analisis	15 %	8%
5.	Bab 5 – Kesimpulan dan Saran	5 %	4%
6.	Publikasi Tugas Akhir	20 %	8%

Mengetahui,

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Ilham Pakava, M.Tr.T.
NIDN: 0717018801