

**Kontrol Tegangan pada Jaringan Distribusi Berbasis
Unified Power Flow Controller (UPFC) Menggunakan
*Fuzzy Logic Controller (FLC)***

SKRIPSI

Sebagai Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang



Disusun oleh:

Umi Citra Dewi

201810130311170

PROGRAM STUDI ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

2023

LEMBAR PERSETUJUAN

Kontrol Tegangan pada Jaringan Distribusi Berbasis *Unified Power Flow Controller (UPFC)* Menggunakan *Fuzzy Logic Controller (FLC)*

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

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh:

Umi Citra Dewi

201810130311170

Tanggal Ujian : 26 Oktober 2023

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

Kontrol Tegangan pada Jaringan Distribusi Berbasis Unified Power Flow Controller (UPFC) Menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC)

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana (S1)

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh :

Umi Citra Dewi

201810130311170

Tanggal Ujian

: 26 Oktober 2023

Periode Wisuda

: 6

Disetujui Oleh :

1. Zulfatman, M.Eng., Ph.D.
NIDN: 0709417804

(Pembimbing I)

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

(Pembimbing II)

3. Machmud Effendy, S.T., M.Eng.
NIDN: 0715067402

(Penguji I)

4. Ir. Nur Alif Mardiyah, M.T.
NIDN: 0718036502

(Penguji II)



Mengetahui
Ketua Program Studi

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

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Umi Citra Dewi
Tempat/Tgl Lahir : Luwuk/26 Oktober 2000
NIM : 201810130311170
FAK./JUR. : TEKNIK/ELEKTRO

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul “**Kontrol Tegangan pada Jaringan Distribusi Berbasis *Unified Power Flow Controller (UPFC)* Menggunakan *Fuzzy Logic Controller (FLC)***” 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 ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

Malang,
Yang Membuat Pernyataan

(Umi Citra Dewi)

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

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

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol distribusi tiga fasa menggunakan *simulink* matlab berbasis *Unified Power Flow Controller* (UPFC) dengan menggunakan kontrol *fuzzy-PI* guna meningkatkan stabilitas tegangan dalam jaringan distribusi. Penggunaan kontroler *fuzzy-PI* adalah hasil dari menggabungkan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dan kontroler PI. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan kontroler *fuzzy-PI* dapat meningkatkan stabilitas tegangan dengan hasil yang lebih stabil dibandingkan dengan kontroler PI. Tegangan sistem mencapai 218,9 V dan faktor daya mencapai 0,9558 dengan penggunaan kontroler *fuzzy-PI*. Meskipun penelitian ini berhasil, saran untuk pengembangan lebih lanjut adalah dengan penggunaan metode lain seperti *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk kontrol UPFC.

Kata Kunci: UPFC, kontrol *fuzzy-PI*, tegangan, simulasi, stabilitas sistem.



ABSTRACT

This research aims to develop a three-phase distribution control system using Simulink MATLAB based on the Unified Power Flow Controller (UPFC) with fuzzy-PI control to enhance voltage stability in the distribution network. The use of the fuzzy-PI controller is the result of combining the Fuzzy Logic Controller (FLC) and the PI controller. Simulation results demonstrate that the utilization of the fuzzy-PI controller can improve voltage stability with more stable outcomes compared to the PI controller. The system voltage reaches 218.9 V, and the power factor reaches 0.9558 with the use of the fuzzy-PI controller. Although this research was successful, a suggestion for further development is to explore other methods such as the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) for UPFC control.

Keywords: UPFC, fuzzy-PI control, voltage, simulation, system stability.



LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji 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 dan petunjuk dalam penggerjaan tugas akhir ini.
2. Terutama kepada Kedua orang tua saya Bapak Abil Umara, dan Ibu Irawati Saida yang telah sabar, selalu mendukung saya, dan terima kasih atas kerja kerasnya dalam membiayai saya hingga mendapat gelar sarjana.
3. Kepada kakak dan adik saya kak firman, kak mangin, dharma yang telah memberikan dukungan material maupun moril selama menempuh pendidikan. Terima kasih juga buat keponakan saya shafiyah yang sudah menjadi mood booster selama penggerjaan skripsi ini.
4. Kepada teman-teman perantauan ana, rohma terima kasih sudah menjadi teman yang baik dari awal masuk perkuliahan sampai sekarang. Kepada saldi terima kasih selalu siap membantu saya sampai saat ini. Kepada dias, irzaldi, hasan dan teman-teman base,elektro lainnya terima kasih sudah membantu memberi arahan semua proses skripsi ini sampai selesai. Dan juga teman jauh saya dila, suci terima kasih juga selalu mendengarkan keluh kesah saya selama menyusun skripsi ini.
5. 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 stafnya.
6. Bapak Zulfatman., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Ilham Pakaya., S.T., M.Tr.T. selaku dosen pembimbing 2, yang selalu senantiasa membantu dan memberikan pengarahan dalam penyusunan laporan ini.
7. Dan yang terakhir, terima kasih untuk diri sendiri yang telah mampu berusaha keras, mampu mengendalikan diri,tidak menyerah sesulit apapun prosesnya sehingga mampu bertahan sampai saat ini.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

“ Kontrol Tegangan pada Jaringan Distribusi Berbasis *Unified Power Flow Controller (UPFC) Menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC)*”

Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik di Universitas Muhammadiyah Malang, selain itu penulis berharap tugas akhir ini dapat memperluas pustaka dan pengetahuan utamanya dalam bidang elektronika dan informatika.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan ke depan.

Akhir kata semoga buku ini dapat bermanfaat di masa sekarang dan masa mendatang. Sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, maka penulis mohon maaf apabila ada kekeliruan baik yang sengaja maupun yang tidak sengaja.

Malang, Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
LEMBAR PERSEMAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR ISTILAH	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Jaringan Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.2 Kualitas Daya Listrik.....	5
2.3 Daya Listrik	5
2.3.1 Daya Aktif.....	6
2.3.2 Daya Reaktif	6
2.3.2 Daya Semu	7
2.4 Faktor Daya	7
2.5 Jenis - Jenis Beban Listrik.....	8

2.5.1 Beban Resitif.....	8
2.5.2 Beban Induktif	8
2.5.3 Beban Kapasitif.....	9
2.6 <i>Filter</i> Pasif LC.....	9
2.7 <i>Unified Power Flow Controller</i> (UPFC)	11
2.7.1 Prinsip Kerja UPFC	11
2.7.2 Sistem Kontrol UPFC	12
2.8 <i>Fuzzy Logic Controller</i> (FLC).....	13
2.9 <i>PI Controller</i>	13
2.10 <i>Fuzzy PI- Controller</i>	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Perancangan Sistem.....	15
3.2 Perancangan Model	16
3.2.1 Pemodelan pada Sumber dan Beban.....	16
3.2.2 Pemodelan Distribusi Line.....	17
3.2.3 Pemodelan Pasif <i>Filter</i>	18
3.2.4 Perancangan LC <i>Filter</i>	18
3.2.5 <i>Simulink</i> dari Phase Locked Loop (PLL).....	18
3.3 Simulink dari Kontroller UPFC dengan PI Kontroller.....	19
3.4 Simulink dari Kontroller Fuzzy-PI dengan UPFC	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Nilai Tegangan.....	24
4.1.1 Tegangan Tanpa Menggunakan UPFC	24
4.1.2 Perbandingan Tegangan Menggunakan UPFC dengan Kontroller PI dan Fuzzy PI	25
4.2 Hasil Nilai Daya Aktif (P) dan Nilai Daya Reaktif (Q)	26
4.2.1 Hasil Daya Aktif	26
4.2.2 Hasil Daya Reaktif	27
4.3 Hasil Nilai Faktor Daya.....	28
4.4 Hasil Simulasi Tegangan dan Arus Perfasa	29
4.5 Hasil Kompensasi Arus Beban.....	30

4.5.1 Kompensasi Beban Tanpa UPFC.....	30
4.5.2 Kompensasi Beban Menggunakan UPFC dengan Kontroller PI dan <i>Fuzzy-PI</i>	31
BAB V PENUTUP.....	33
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Sistem Tenaga Listrik.....	5
Gambar 2.2 Diagram Segitiga Daya	7
Gambar 2.3 Bentuk Gelombang Beban Resistif	8
Gambar 2.4 Bentuk Gelombang Beban Induktif.....	9
Gambar 2.5 Bentuk Gelombang Kapasitif.....	9
Gambar 2.6 Rangkaian Filter LC.....	9
Gambar 2.7 Diagram Blok UPFC	12
Gambar 2.8 <i>Control</i> UPFC	13
Gambar 2.9 Diagram Model FLC.....	13
Gambar 2.10 Digram Blok <i>Feedback</i> Sistem Pengendali PI.....	14
Gambar 2.11 Blok Diagram <i>Fuzzy PI- Controller</i>	14
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Kontrol UPFC dengan <i>Fuzzy-PI</i> pada Sistem Jaringan Distribusi	15
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Kontrol UPFC dengan <i>Fuzzy-PI</i>	16
Gambar 3.3 Pemodelan UPFC pada Jaringan Distribusi Tiga Fasa Menggunakan <i>Simulink</i>	16
Gambar 3.4 Pemodelan Sumber dan Beban pada <i>Simulink</i>	16
Gambar 3.5 Pemodelan pada Distribusi <i>Line</i>	17
Gambar 3.6 Jenis-jenis <i>Filter</i> Pasif	18
Gambar 3.7 Blok <i>Simulink Phase Locked Loop (PLL)</i>	19
Gambar 3.8 Blok <i>Simulink</i> Kontroller UPFC dengan PI Kontroller	19
Gambar 3.9 Blok Bagian <i>Inferensi Fuzzy</i>	21
Gambar 3.10 <i>Membership Fuction</i> dari <i>Eror</i> dan <i>Derrivate Eror</i> pada IDL.....	21
Gambar 3.11 <i>Membership Fuction</i> dari <i>Eror</i> dan <i>Derrivate Eror</i> pada IQL.....	22
Gambar 3.12 <i>Membership Fuction</i> dari <i>K'p</i> dan <i>K'i</i> pada IDL dan IQL.....	22
Gambar 3.13 Blok <i>Simulink</i> dari Kontroller Fuzzy-PI pada UPFC	23
Gambar 4.1 Tegangan Tanpa UPFC	24
Gambar 4.2 Tegangan Menggunakan UPFC dengan Kontroller PI dan <i>Fuzzy-PI</i>	25

Gambar 4.3 Hasil Daya Aktif pada Sistem Menggunakan UPFC dan Tanpa UPFC	26
Gambar 4.4 Hasil Daya Reaktif pada Sistem Menggunakan UPFC dan Tanpa UPFC	27
Gambar 4.5 Faktor Daya pada UPFC dan Tanpa UPFC	28
Gambar 4.6 Hasil Tegangan dan Arus Perfasa Menggunakan UPFC dan tanpa Menggunakan UPFC	29
Gambar 4.7 Kompensasi arus beban Tanpa UPFC	30
Gambar 4.8 Kompensasi Arus Beban Menggunakan UPFC dengan PI Kontroller dan <i>Fuzzy-PI</i> Kontroller	31



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Sumber dan Beban	17
Tabel 3.2 Parameter pada Distribusi <i>Line</i>	17
Tabel 3.3 Parameter PI.....	20
Tabel 3.4 <i>Rule Base</i> dari <i>Fuzzy Logic Controller</i>	23
Tabel 4.1 Tabel Perbandingan Hasil Tanpa UPFC, UPFC dengan Kontrol PI dan fuzzy PI	32



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lily. S. P. ST. M. Nolki Jonal Hontong, Maickel Tuegeh ST. MT, “Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN Palu,” *E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 4, no. 2301–8402, pp. 64–71, 2015.
- [2] R. P. A. Lesnanto Multa Putranto, Sasongko Pramono Hadi, “Pengaruh Penempatan *Unified Power Flow Controller* Terhadap Kestabilan Tegangan Sistem Tenaga Listrik,” *Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems*, vol. 8, no. November, pp. 14–15, 2013, [Online]. Available:
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/prosidingcsgteis2013/article/download/7206/5457>
- [3] Mukhtar Hadi, “PENGARUH PENEMPATAN *UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER* (UPFC) TERHADAP KESETABILAN SISTEM TRANSMISI 150 KV KOTA SEMARANG DENGAN SIMULASI MATLAB,” Universitas Islam Sultan Agung, 2016.
- [4] A. N. Alsammak and H. A. Mohammed, “Power quality improvement using fuzzy logic controller based unified power flow controller (UPFC),” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 21, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v21.i1.pp1-9.
- [5] D. Firmansyah and I. Winarno, “Optimalisasi Penempatan UPFC Pada Sistem Jawa Bali 500kv Menggunakan Algoritma Genetika,” *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 2, no. 1, pp. 42–47, 2018, doi: 10.21070/jeee-u.v2i1.1515.
- [6] W. S. Wijaya, “IMPLEMENTASI *UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER* (UPFC) UNTUK MENGONTROL ALIRAN DAYA DI SISTEM TENAGA PADA SUBSISTEM NGIMBANG 150KV,” Insitut Teknologi Nasional Malang, 2018.
- [7] B. Vijaykumar, “Controlling of UPFC Parameters Using Fuzzy Logic Based Supplementary Damping Controller,” *International Journal of Energy and Power Engineering*, vol. 2, no. 4, p. 147, 2013, doi: 10.11648/j.ijepe.20130204.12.

- [8] Y. Aas Wasri Hasanah, Tony Koerniawan, “Kajian Kualitas Daya Listrik Plts Sistem Off-Grid,” vol. 10, no. 2, pp. 93–101, 2018, doi: <https://doi.org/10.33322/energi.v10i2.211>.
- [9] M. Putri and F. I. Pasaribu, “Analisis Kualitas Daya Akibat Beban Reaktansi Induktif (XL) di Industri,” *Journal of Electrical Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 81–85, 2018.
- [10] F. A. Noor, H. Ananta, and S. Sunardiyo, “Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 66–73, 2017, doi: <https://doi.org/10.15294/jte.v9i2.11358>.
- [11] R. A. Zulmi *et al.*, “Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan,” *Jurnal SPORTIF : Jurnal Penelitian Pembelajaran*, vol. 2, no. 6, pp. 24–29, 2018.
- [12] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, “Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266,” *Jurnal Ampere*, vol. 4, no. 1, p. 187, 2019, doi: 10.31851/ampere.v4i1.2745.
- [13] E. M. Leny, “Sistem Current Limitter Dan Monitoring Arus Serta Tegangan Menggunakan Sms Untuk Proteksi Pada Penggunaan Beban Rumah Tangga,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 08, no. 1, pp. 39–46, 2019.
- [14] A. R. Lubis, “Efektivitas Penggunaan Filter Pasif LC dalam Mengurangi Harmonik Arus,” *Journal of Electrical Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 1–8, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/231/221>
- [15] R. P. A. Lesnanto Multa Putranto, Sasongko Pramono Hadi, “Pengaruh Penempatan Unified Power Flow Controller Terhadap Kestabilan Tegangan Sistem Tenaga Listrik,” *Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems*, vol. 8, no. November, pp. 14–15, 2013, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/prosidingcsgteis2013/article/download/7206/5457>
- [16] D. WAHYUDI, *IMPLEMENTASI UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER (UPFC) UNTUK MENINGKATKAN KESTABILAN TEGANGAN*

DAN MEMINIMALKAN RUGI-RUGI SISTEM PADA SUBSISTEM NGIMBANG
150 KV, vol. 5, no. 1. 2017. [Online]. Available:
<https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298> Ahttp://repo
sitorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.
005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-
2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P

[17] I. M. Mataram, “Unjuk Kerja Fuzzy Logic Static Synchronous Compensator (FLSTATCOM) untuk Meningkatkan Tegangan Sistem,” 2016. [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jte/article/download/17190/14124>.

[18] A. R. Lubis, “Efektivitas Penggunaan Filter Pasif LC dalam Mengurangi Harmonik Arus,” *Journal of Electrical Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 1–8, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/231/221>





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 : Umi Citra Dewi

NIM : 201810130311170

Judul TA : Kontrol Tegangan pada Jaringan Distribusi Berbasis *Unified Power Flow Controller (UPFC) Menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC)*

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 %	14%
3.	Bab 3 – Metodelogi Penelitian	35 %	4%
4.	Bab 4 – Pengujian dan Analisis	15 %	0%
5.	Bab 5 – Kesimpulan dan Saran	5 %	0%
6.	Publikasi Tugas Akhir	20 %	12%

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I,

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

Dosen Pembimbing II,

(Ilham Pakaya, S.T., M.Tr.T.)