

**DESAIN ADAPTIVE DROOP CONTROL UNTUK
MENGURANGI CURRENT SHARING ERROR PADA
JARINGAN DC MICROGRID**

SKRIPSI

**Sebagai Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang**



Disusun oleh:

Ary Putra

201710130311063

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

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

**DESAIN ADAPTIVE DROOP CONTROL UNTUK
MENGURANGI CURRENT SHARING ERROR PADA
JARINGAN DC MICROGRID**

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

Disusun Oleh :

Ary Putra

201710130311063

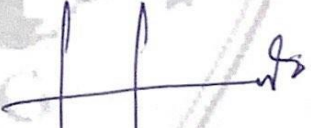
Diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Machmud Effendy, S.T., M.Eng

NIDN: 0705106601


Khusnul Hidayat, S.T., M.T

NIDN: 0723108202

LEMBAR PENGESAHAN

“DESAIN ADAPTIVE DROOP CONTROL UNTUK MENGURANGI CURRENT SHARING ERROR PADA JARINGAN DC MICROGRID”

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

Disusun Oleh :

Ary Putra

201710130311063

Tanggal Ujian : 13 Maret 2024

Periode Wisuda : II

Disetujui Oleh :

1. Dr. Machmud Effendy, S.T., M.Eng (Pembimbing I)
NIDN. 0705106601
2. Khusnul Hidayat, S.T., M.T. (Pembimbing II)
NIDN. 0723108202
3. Dr. Ir. Eri Manu Azizul H., M.T. (Penguji I)
NIDN. 0705056501
4. Ilham Pakaya, S.T., M.Tr.T. (Penguji II)
NIDN. 0717018801

Mengetahui

Ketua Program Studi



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

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **ARY PUTRA**
Tempat/Tgl.Lahir : **WAWONDULA / 25 JUNI 1999**
NIM : **201710130311063**
Fakultas/Jurusan : **TEKNIK / ELEKTRO**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “**DESAIN ADAPTIVE DROOP CONTROL UNTUK MENGURANGI CURRENT SHARING ERROR PADA JARINGAN DC MICROGRID**” beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah di sebutkan sumbernya.

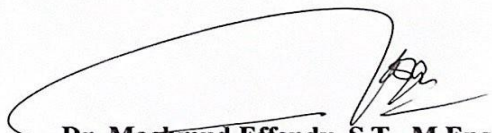
Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko / sanksi yang berlaku.

Malang, 20 Maret 2024
Yang Membuat Pernyataan

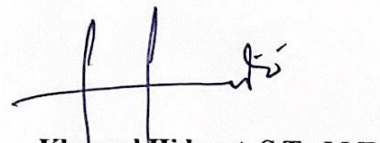


Mengetahui,

Dosen Pembimbing I


Dr. Machmud Effendy, S.T., M.Eng
NIDN: 0705106601

Dosen Pembimbing II


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

ABSTRAK

DC Microgrid memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan *AC Microgrid*, seperti efisiensi semakin bertambah, kontrol lebih sederhana, biaya lebih terjangkau, minimnya daya reaktif, frekuensi dan fase, dan kualitas daya yang semakin baik. Maka dari itu, *DC microgrid* banyak digunakan sebagai acuan dalam pengembangan energi terbarukan. Maka penelitian ini rancangan keseimbangan daya antar sumber *DC microgrid* menggunakan *adaptive droop control*. Untuk mengetahui hasil keseimbangan arus ketika menggunakan *Adaptive droop control* saat penambahan resistansi *Droop* pada resistansi kabel penghantar. Algoritma yang dipakai yakni *adaptive droop control*, dimana algoritma ini berfungsi untuk meminimalkan terjadinya kesalahan berbagi arus pada DC Microgrid serta ditambahkan *Fuzzy Logic Control* mamdani untuk mengatur nilai resistansi droop (R_d) pada setiap konverter. Maka dalam penelitian ini dirancang *Adaptive droop control* berbasis *Fuzzy* untuk mengatasi permasalahan dalam mengatur arus pada *DC Microgrid*.

KATA KUNCI

DC Microgrid; Current Sharing Error; Fuzzy; Droop Control; Boost Converter DC to DC

ABSTRACT

DC Microgrids have several advantages over AC Microgrids, such as increasing efficiency, simpler control, more affordable costs, reduced reactive power, frequency and phase minimization, and improved power quality. Therefore, DC microgrids are widely used as a reference in renewable energy development. Hence, this study designs power balance among DC microgrid sources using adaptive droop control. To determine the current balance results when using Adaptive droop control with the addition of Droop resistance to the conductor cable resistance. The algorithm used is adaptive droop control, where this algorithm functions to minimize current sharing errors in the DC Microgrid and Fuzzy Logic Control Mamdani is added to adjust the droop resistance (R_d) value on each converter. Therefore, in this study, an Adaptive droop control based on Fuzzy is designed to address issues in current regulation in DC Microgrids.

KEYWORDS

DC Microgrid; Current Sharing Error; Fuzzy; Droop Control; Boost Converter DC to DC

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur kehadiran Allah Subhanau Wa Ta'ala atas segala limpah dan rahmat-Nya. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada baginda Rasullullah Shalallahu 'Alaihi Wasallam, keluarga, sahabat dan para pengikut setianya. Atas segala kehendak Allah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul:

“DESAIN ADAPTIVE DROOP CONTROL UNTUK MENGURANGI CURRENT SHARING ERROR PADA JARINGAN DC MICROGRID”

Penulisan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik di Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang. Selain itu penulis berharap agar isi dari tugas akhir ini bisa menambah wawasan dan memberikan manfaat bagi semuanya.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena nya, kritik dan saran yang membangun sangat di butuhkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan peneliti selanjutnya.

Malang, 20 Maret 2024

Penulis



Ary Putra

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| COVER | 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 | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Batasan Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 6 |
| 2.2 DC Microgrid | 6 |
| 2.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja pengendalian <i>Droop</i> | 7 |
| 2.3.1 Hambatan Kabel | 7 |
| 2.3.2 Kesalahan pengukuran | 7 |
| 2.4 Konverter DC-DC Peningkat (<i>Boost</i>) | 7 |
| 2.5 Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> | 10 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6 Skema Pembagian Beban dan Arus..... | 10 |
| 2.7 Kontrol Dc Microgrid..... | 12 |
| 2.8 Primary Control..... | 12 |
| 2.9 Secondary Control..... | 13 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 14 |
| 3.1 Blok Diagram | 14 |
| 3.2 Diagram Alir Penelitian..... | 16 |
| 3.3 Pemodelan <i>Fuzzy Logic</i> | 17 |
| 3.4 Desain Parameter Boost Converter DC-DC..... | 20 |
| 3.5 Desain Pengendalian <i>Droop</i> | 21 |
| 3.5.1 Desain Primary Control | 21 |
| 3.5.2 Desain Secondary Control | 22 |
| 3.5.3 Desain Adapative Droop Control..... | 22 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 24 |
| 4.1 Pengujian Simulasi <i>Droop</i> Pada <i>Microgrid DC</i> Konvensional..... | 24 |
| 4.2 Pengujian Simulasi <i>Droop</i> Pada <i>Microgrid DC</i> Menggunakan <i>Fuzzy Logic</i> | 26 |
| BAB V PENUTUP..... | 31 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 31 |
| 5.2 Saran | 31 |
| DAFTAR PUSTAKA | 33 |
| LAMPIRAN..... | 36 |

DAFTAR GAMBAR

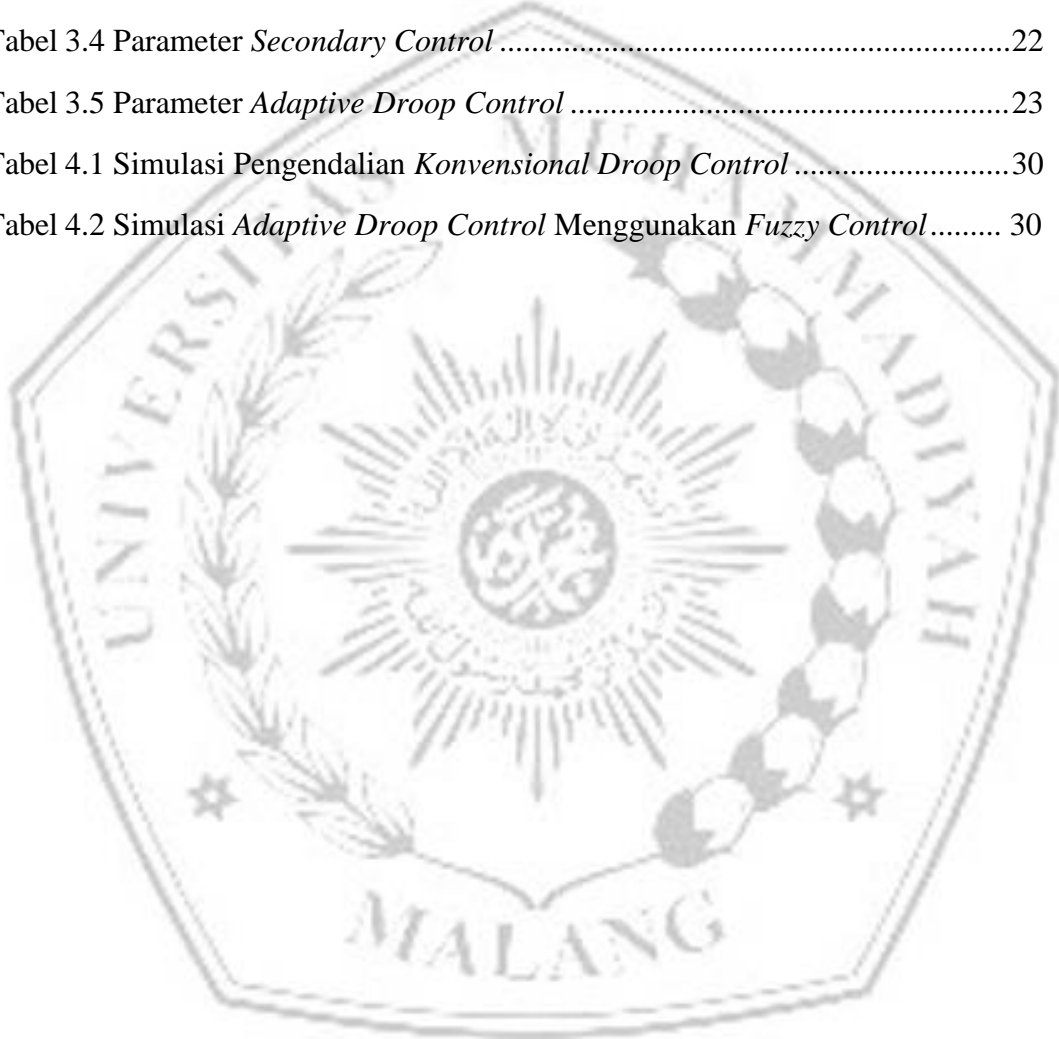
| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Skema <i>Boost Converter</i> | 8 |
| Gambar 2.2 Skema Blok Pengendalian Logika <i>Fuzzy</i> | 10 |
| Gambar 2.3 Rangkaian Pararel Konverter DC-DC Dengan Tegangan Output Yang berbeda..... | 11 |
| Gambar 2.4 Rangkaian <i>Equivalent Steady State</i> | 11 |
| Gambar 2.5 Rangkaian kendali <i>Droop Adaptive</i> pada <i>Microgrid DC</i> | 12 |
| Gambar 3.1 Rangkaian Blok Diagram <i>DC Microgrid</i> Menggunakan <i>Fuzzy</i> | 14 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian | 16 |
| Gambar 3.3 Tampilan <i>Fuzzyfikasi</i> untuk <i>Input Error</i> | 17 |
| Gambar 3.4 Tampilan <i>Fuzzyfikasi</i> untuk $\Delta error$ | 18 |
| Gambar 3.5 Tampilan <i>Fuzzyfikasi</i> untuk <i>Output Rd</i> | 19 |
| Gambar 3.6 Pengendalian <i>Primary Secondary</i> dan <i>Droop Control</i> | 21 |
| Gambar 4.1 Grafik <i>Error Current sharing</i> pada Pengendalian <i>Droop</i> <i>Konvensional</i> | 24 |
| Gambar 4.2 Grafik Deviasi Tegangan pada Pengendalian <i>Droop</i> <i>Konvensional</i> | 25 |
| Gambar 4.3 Grafik Ouput Tegangan Beban pada Pengendalian <i>Droop</i> <i>Konvensional</i> | 25 |
| Gambar 4.4 Grafik <i>Error power sharing</i> pada Pengendalian <i>Droop</i> <i>Konvensional</i> | 26 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.5 Grafik <i>Output</i> Tegangan <i>Rdroop</i> Baru dalam Pengendalian <i>Fuzzy Control</i> | 27 |
| Gambar 4.6 Grafik <i>Error current sharing</i> pada Pengendalian <i>Droop</i> Adaptif Menggunakan <i>Fuzzy Control</i> | 27 |
| Gambar 4.7 Grafik Deviasi Tegangan pada Pengendalian <i>Adaptive Droop Control</i> Menggunakan <i>Fuzzy Control</i> | 28 |
| Gambar 4.8 Grafik Tegangan <i>Output</i> Beban Pada Pengendalian <i>Adaptive Droop Control</i> Menggunakan <i>Fuzzy Control</i> | 29 |
| Gambar 4.9 Grafik <i>Error Power Sharing</i> Pada Pengendalian <i>Adaptive Droop Control</i> Menggunakan <i>Fuzzy Control</i> | 29 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3.1 Aturan <i>Fuzzy</i> | 19 |
| Tabel 3.2 Parameter Konverter <i>Boost</i> | 20 |
| Tabel 3.3 Parameter <i>Primary Control</i> | 22 |
| Tabel 3.4 Parameter <i>Secondary Control</i> | 22 |
| Tabel 3.5 Parameter <i>Adaptive Droop Control</i> | 23 |
| Tabel 4.1 Simulasi Pengendalian <i>Konvensional Droop Control</i> | 30 |
| Tabel 4.2 Simulasi <i>Adaptive Droop Control</i> Menggunakan <i>Fuzzy Control</i> | 30 |



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Effendy, R. D. Zulyazis, and N. Mardiyah, "Desain Power Sistem PV pada DC Microgrid berdasarkan Kombinasi Supercapacitor dan Battery," *Cyclotron*, vol. 2, no. 2, pp. 26–30, 2019, doi: 10.30651/cl.v2i2.3257.
- [2] E. Terbarukan, "Budiyanto 1," *Jar. Mikro Arus Searah (Dc Microgrid) Sebagai Upaya Ketersediaan Energi List. Dalam Pengemb. Energi Terbarukan*, no. November, pp. 1–7, 2014.
- [3] F. Gao, R. Kang, J. Cao, and T. Yang, "Primary and secondary control in DC microgrids: a review," *J. Mod. Power Syst. Clean Energy*, vol. 7, no. 2, pp. 227–242, 2019, doi: 10.1007/s40565-018-0466-5.
- [4] W. Jiang, J. Zhao, K. Qu, L. Mao, Y. Zhu, and H. Liu, "An enhanced drop control method for DC microgrids with accurate current sharing and DC bus voltage restoration," *2019 4th Int. Conf. Intell. Green Build. Smart Grid, IGBSG 2019*, pp. 727–731, 2019, doi: 10.1109/IGBSG.2019.8886270.
- [5] R. Kumar and M. K. Pathak, "Distributed droop control of dc microgrid for improved voltage regulation and current sharing," *IET Renew. Power Gener.*, vol. 14, no. 13, pp. 2499–2506, 2020, doi: 10.1049/iet-rpg.2019.0983.
- [6] M. I. Abidin and M. Effendy, "Perancangan adaptive droop kontrol pada jaringan dc microgrid."
- [7] F. Chen, R. Burgos, D. Boroyevich, J. C. Vasquez, and J. M. Guerrero, "Investigation of Nonlinear Droop Control in DC Power Distribution Systems: Load Sharing, Voltage Regulation, Efficiency, and Stability," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 34, no. 10, pp. 9407–9421, 2019, doi: 10.1109/TPEL.2019.2893686.
- [8] T. J. Pramono, S. Soewono, and T. Elektro, "Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, pp. 26–37, 2018.
- [9] X. Zhao, Y. Yu, X. Cheng, Z. Wei, and M. Ma, "A novel control strategy in low-voltage DC microgrid," *Proc. - 2017 Chinese Autom. Congr. CAC 2017*,

- vol. 2017-Janua, pp. 6055–6059, 2017, doi: 10.1109/CAC.2017.8243868.
- [10] M. Effendy, M. Ashari, and H. Suryoatmojo, “Performance Comparison of Proportional-Integral and Fuzzy-PI for a Droop Control of DC Microgrid,” *Proceeding - 2020 Int. Conf. Sustain. Energy Eng. Appl. Sustain. Energy Transp. Towar. All-Renewable Futur. ICSEEA 2020*, no. Dcl, pp. 180–184, 2020, doi: 10.1109/ICSEEA50711.2020.9306120.
- [11] E. Anastasia, M. Effendy, K. Hidayat, and I. Artikel, “Desain Average Current Sharing Untuk Mengurangi Drop Voltage Pada Jaringan DC Microgrid,” vol. 1, no. 1, pp. 100–110.
- [12] M. M. Shebani, M. T. Iqbal, and J. E. Quaioco, “Control Algorithm for Equal Current Sharing between Parallel-Connected Boost Converters in a DC Microgrid,” *J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/6876317.
- [13] M. Effendy, M. Ashari, and H. Suryoatmojo, “Load Sharing and Voltage Restoration Improvement in DC Microgrids with Adaptive Droop Control Strategy,” *Int. J. Eng. Appl.*, vol. 10, no. 4, pp. 233–240, 2022, doi: 10.15866/irea.v10i4.21483.
- [14] H. Lotfi and A. Khodaei, “AC versus DC microgrid planning,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 8, no. 1, pp. 296–304, 2017, doi: 10.1109/TSG.2015.2457910.
- [15] Z. Ma and W. Jiang, “An adaptive droop voltage control for DC microgrid systems,” *26th Chinese Control Decis. Conf. CCDC 2014*, pp. 4512–4517, 2014, doi: 10.1109/CCDC.2014.6852977.
- [16] F. Chen, R. Burgos, D. Boroyevich, J. C. Vasquez, and J. M. Guerrero, “Investigation of Nonlinear Droop Control in DC Power Distribution Systems: Load Sharing, Voltage Regulation, Efficiency, and Stability,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 34, no. 10, pp. 9407–9421, 2019, doi: 10.1109/TPEL.2019.2893686.
- [17] B. Hauke, “Basic Calculation of a Boost Converter’s Power Stage,” *Texas Instruments, Appl. Rep. Novemb.*, no. November 2009, pp. 1–9, 2009, [Online]. Available:

<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Basic+Calculation+of+a+Boost+Converter's+Power+Stage#0>.

- [18] I. Ismail and A. A. Zakri, "Perancangan Boost Konverter Pada Sistem Microgrid Bersumber Solar Sel," *Jom FTEKNIK*, vol. 7, no. 1, pp. 1–16, 2020.
- [19] P. A. Pratiwi, "Perancangan Sistem Pengendalian Level Menggunakan Fuzzy Logic pada Unit Deaerator 101U di Pabrik Ammonia PT. Petrokimia Gresik," *Repos. ITS*, p. 73, 2015, [Online]. Available: [file:///D:/STUDI/Skripsi/Jurnal dan TA/Undergraduate_Thesis.pdf](file:///D:/STUDI/Skripsi/Jurnal%20dan%20TA/Undergraduate_Thesis.pdf).
- [20] M. R. Jyothish and E. A. Jasmin, "Load Sharing Control and Circulating Current Minimization of Parallel DC-DC Converters Based on Droop Index," *2018 Int. CET Conf. Control. Commun. Comput. IC4 2018*, pp. 84–88, 2018, doi: 10.1109/CETIC4.2018.8530954.
- [21] M. Mokhtar, M. I. Marei, and A. A. El-Sattar, "Improved Current Sharing Techniques for DC Microgrids," *Electr. Power Components Syst.*, vol. 46, no. 7, pp. 757–767, 2018, doi: 10.1080/15325008.2018.1512176.
- [22] S. Chaturvedi and D. Fulwani, "Adaptive Voltage Tuning Based Load Sharing in DC Microgrid," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 57, no. 1, pp. 977–986, 2021, doi: 10.1109/TIA.2020.3034068.
- [23] M. A. Ghalib, E. G. Shehat, J. Thomas, and R. M. Mostafa, "Adaptive droop control for high-performance operation in low-voltage DC microgrids," *Electr. Eng.*, vol. 101, no. 4, pp. 1311–1322, 2019, doi: 10.1007/s00202-019-00869-8.



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 : ARY PUTRA
NIM : 201710130311063
Judul TA : DESAIN ADAPTIVE DROOP CONTROL UNTUK MENGURANGI
CURRENT SHARING ERROR PADA JARINGAN DC MICROGRID

Hasil Cek Plagiarisme dengan Turnitin

| No. | Komponen Pengecekan | Nilai Maksimal Plagiasi (%) | Hasil Cek Plagiasi (%) * |
|-----|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1. | Bab 1 – Pendahuluan | 10 % | 6% |
| 2. | Bab 2 – Studi Pustaka | 25 % | 12% |
| 3. | Bab 3 – Metodologi Penelitian | 35 % | 23% |
| 4. | Bab 4 – Pengujian dan Analisis | 15 % | 2% |
| 5. | Bab 5 – Kesimpulan dan Saran | 5 % | 0% |
| 6. | Publikasi Tugas Akhir | 20 % | 17% |

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I,


(Dr. Machmud Effendy, S.T., M.Eng)

Dosen Pembimbing II,


(Khusnul Hidayat, S.T., M.T)