

**PENYEIMBANG DAYA MICROGRID DC  
MENGUNAKAN KONVERTER DC-DC DUA ARAH  
TIGA-TINGKAT TERKENDALI PENDETEKSIAN DROP  
TEGANGAN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**



Disusun Oleh:

**SAMUEL ADITYA**

**NIM : 18.F1.0006**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA**

**SEMARANG**

**2022**

**PERNYATAAN**  
**KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)**

Memperhatikan Surat Keputusan Rektor Universitas Katolik Soegijapranata Nomor:0047/SK.Rek/X/2013 tanggal 07 Oktober 2013, tentang Pernyataan Laporan Tugas Akhir, maka bersama ini Laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul *"PENYEIMBANG DAYA MICROGRID DC MENGGUNAKAN KONVERTER DC-DC DUA ARAH TIGA-TINGKAT TERKENDALI PENDETEKSIAN DROP TEGANGAN"*, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Tugas Akhir ini sebagian atau seluruhnya merupakan hasil plagiasi, maka saya rela untuk dibatalkan, dengan segala akibat hukumnya sesuai peraturan yang berlaku pada Universitas Katolik Soegijapranata dan / atau peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 13 Juli 2022

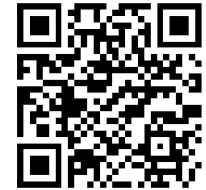
Yang menyatakan,


METERAL  
TEMPEL  
1878BAJX293556169

**SAMUEL ADITYA**

**NIM. 18.F1.0006**



## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir: : PENYEIMBANG DAYA MICROGRID DC MENGGUNAKAN  
KONVERTER DC-DC DUA ARAH TIGA-TINGKAT TERKENDALI  
PENDETEKSIAN DROP TEGANGAN

Diajukan oleh : Samuel Aditya

NIM : 18.F1.0006

Tanggal disetujui : 13 Juli 2022

Telah setuju oleh

Pembimbing : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Penguji 1 : Dr. Ir. Florentinus Budi Setiawan M.T.

Penguji 2 : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Penguji 3 : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Ketua Program Studi : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Dekan : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Halaman ini merupakan halaman yang sah dan dapat diverifikasi melalui alamat di bawah ini.

[sintak.unika.ac.id/skripsi/verifikasi/?id=18.F1.0006](http://sintak.unika.ac.id/skripsi/verifikasi/?id=18.F1.0006)

## HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Samuel Aditya  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Jurnal Ilmiah

Setuju untuk memberikan kepada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah yang berjudul **“THREE-LEVEL BDDC USING VOLTAGE DROP DETECTION FOR DC MICROGRID POWER BALANCER APPLICATION”** pada ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, and Communications. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Katolik Soegijapranata berhak menyimpan, mengalihkan media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir ini selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Semarang, 13 Juli 2022

Yang menyatakan



Samuel Aditya



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas kebaikan dan kemurahan hatinya sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar hingga saat penyusunan laporan tugas akhir ini. Maksud dari pembuatan laporan tugas akhir ini untuk mendokumentasikan cara kerja alat, hasil yang didapat, beserta dengan penjelasannya pada alat yang telah dibuat, yaitu konverter DC-DC dua arah (KDDDA) tiga-tingkat sebagai penyeimbang daya terkendali *drop* tegangan.

Tugas akhir ini telah dilaksanakan dari tanggal 1 November 2021 hingga tanggal 4 Maret 2022 dan kegiatan tersebut telah berjalan dengan lancar tanpa timbulnya masalah yang serius. Hal ini dapat dilakukan berkat kerja sama dan dukungan antar mahasiswa dengan pembimbing dan pihak - pihak lain yang telah membantu. Penulis ucapkan terima kasih kepada Dr. Leonardus H. Pratomo, S. T., M.T, selaku dosen pembimbing tugas akhir dan sebagai Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Atas bimbingan yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Diucapkan juga terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi, MT selaku kepala laboratorium Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang atas diperbolehkannya melakukan kegiatan tugas akhir pembuatan prototipe alat di laboratorium.

Diucapkan juga terima kasih kepada rekan tugas akhir yaitu Lauw Albert Matthias atas kerja sama dan juga dukungan yang telah diberikan dalam pelaksanaan tugas akhir. Penulis tahu bahwa laporan tugas akhir yang dibuat jauh dari sempurna, baik dari segi penulisan maupun isi laporan ini, maka dari itu penulis memohon maaf atas

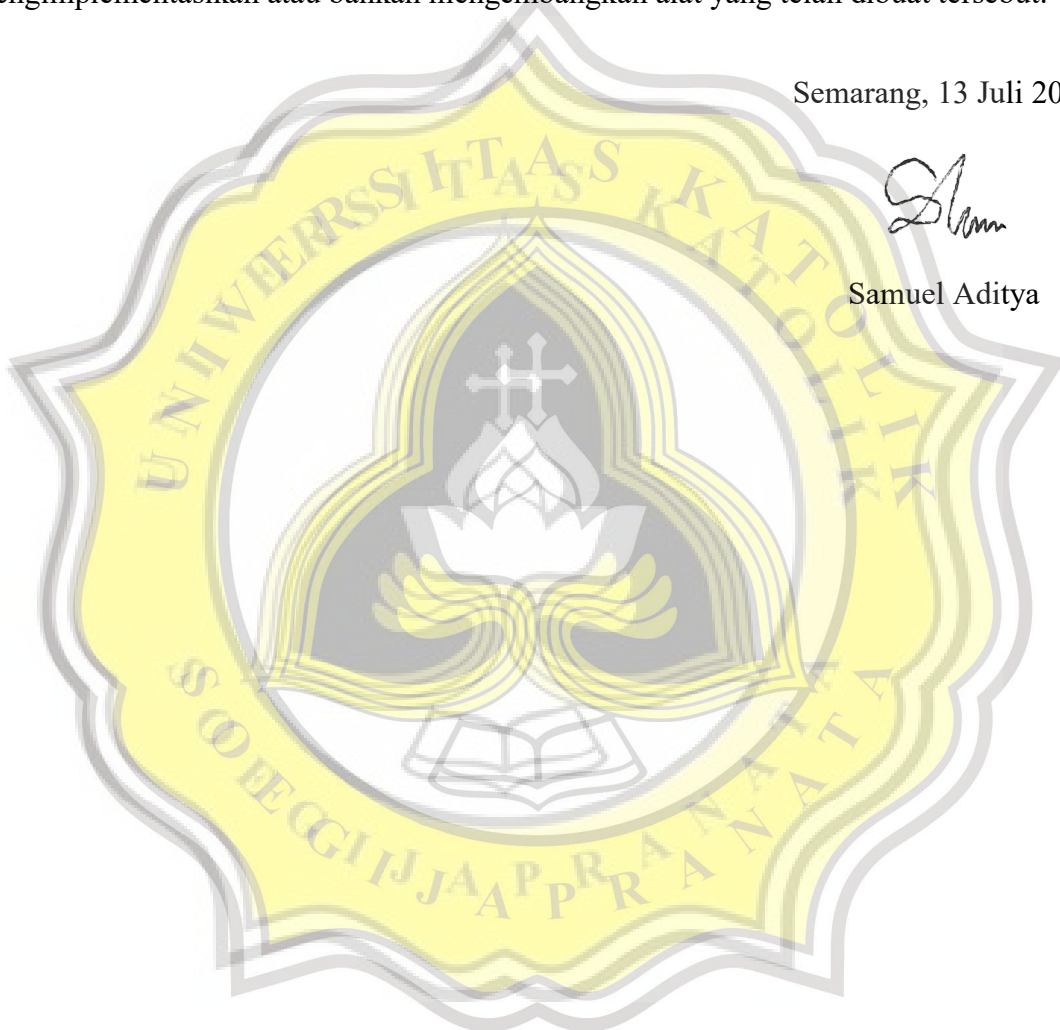
ketidaktepatan laporan yang telah dibuat. Maka dari itu, kritik dan saran akan diterima dengan baik sebagai umpan balik untuk memperbaiki laporan ini.

Untuk penutupan, penulis memiliki harapan dengan dibuatnya laporan tugas akhir ini pembaca paham dan mendapatkan ilmu yang bermanfaat baik pada pemahaman konsep strategi kendali atau lainnya sehingga memungkinkan pembaca dapat mengimplementasikan atau bahkan mengembangkan alat yang telah dibuat tersebut.

Semarang, 13 Juli 2022



Samuel Aditya



## ABSTRAK

*Microgrid DC memberikan beberapa keuntungan untuk sistem dengan sumber energi terbarukan seperti photovoltaic atau turbin angin karena lebih sedikit konverter daya yang diperlukan yang membuatnya lebih efisien sehingga microgrid DC akan lebih banyak digunakan di masa depan. Microgrid DC membutuhkan sistem penyimpanan energi untuk menyeimbangkan daya yang mengalir pada grid yang biasanya menggunakan baterai. Baterai memerlukan konverter daya untuk menyimpan dan melepaskan daya secara efektif. Sebuah metode juga diperlukan bagi penyeimbang daya untuk menentukan kapan harus mengirimkan atau menyerap daya ke grid. Pada penelitian ini dibuat konverter penyeimbang daya dengan topologi tiga tingkat sehingga riak yang dihasilkan lebih rendah dan mendukung tegangan yang lebih tinggi dengan metode penyeimbangan dengan membaca naik atau turun tegangan bus DC untuk menentukan apakah akan menyerap atau mengirim daya. Metode penyeimbangan ini memudahkan pemasangan karena hanya membutuhkan dua sensor yang terpasang di dalam konverter. Sistem dikendalikan dalam loop tertutup menggunakan pengontrol proporsional-integral (PI) untuk mengatur tegangan dan arus. Regulasi yang baik membuat tegangan bus DC stabil sehingga peralatan sensitif yang terhubung ke bus DC akan bertahan lebih lama. Kinerja penyeimbang daya yang diusulkan ini telah diuji pada simulasi komputer dan eksperimen implementasi perangkat keras di laboratorium untuk memverifikasi penelitian ini.*

***Kata kunci: Microgrid DC, energi terbarukan, konverter multilevel, konverter DC-DC dua arah, regulasi tegangan bus.***

## DAFTAR ISI

HALAMAN COVER .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI).....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	6
2.1 Microgrid DC.....	6
2.2 PWM (Pulse Width Modulation).....	7
2.3 Kontroler PI .....	8
2.4 Konverter DC-DC Dua Arah Tiga-Tingkat.....	9
2.5 Strategi Kendali Penyeimbang Daya .....	17
BAB III IMPLEMENTASI DESAIN .....	20
3.1 Diagram Simulasi dan <i>Hardware</i> .....	20



3.2	MOSFET (Metal–Oxide–Semiconductor Field-Effect Transistor) .....	22
3.3	TLP250 <i>Gate Driver</i> .....	24
3.4	Mikrokontroler STM32F407VET6.....	26
3.5	Sensor Arus LEM HX 10-P .....	28
3.6	Sensor Tegangan LV25-P.....	29
3.7	B1212S & A1212 Isolated Converter.....	29
3.8	Algoritma Pemrograman.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Hasil Implementasi Desain Pada <i>Hardware</i> .....	37
4.2	Perbandingan Sinyal Dari Hasil Simulasi dan <i>Hardware</i> .....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		46
5.1	Kesimpulan .....	46
5.2	Saran .....	47
DAFTAR PUSTAKA.....		48
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....		51
1.	Kode Program Sistem.....	51
2.	Similarity Report.....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Konfigurasi Microgrid DC .....	6
Gambar 2. 2. Sinyal PWM .....	7
Gambar 2. 3. Topologi Konverter DC-DC Dua Arah Tiga-Tingkat .....	10
Gambar 2. 4. Periode Operasi Mode <i>Buck</i> ; $V_{bat} = V_L + V_{bus}$ .....	11
Gambar 2. 5. Periode Operasi Mode <i>Buck</i> ; $V_{C1} = V_L + V_{bus}$ .....	11
Gambar 2. 6. Periode Operasi Mode <i>Buck</i> ; $V_{C2} = V_L + V_{bus}$ .....	12
Gambar 2. 7. Periode Operasi Mode <i>Buck</i> ; $V_L = V_{bus}$ .....	13
Gambar 2. 8. Periode Operasi Mode <i>Boost</i> ; $V_L = V_{bus}$ .....	14
Gambar 2. 9. Periode Operasi Mode <i>Buck</i> ; $V_{bus} = V_{bat} - V_L$ .....	14
Gambar 2. 10. Gelombang Konverter Tiga-Tingkat Pada Mode <i>Buck</i> dengan Sinyal Modulasi Segitiga .....	15
Gambar 2. 11. Gelombang Penyeimbang Daya Saat Operasi Normal Mode <i>Buck</i> .....	16
Gambar 2. 12. Gelombang Penyeimbang Daya Saat Operasi Normal Mode <i>Boost</i> .....	16
Gambar 2. 13. Diagram Kendali Penyeimbang Daya .....	17
Gambar 2. 14. Diagram Koneksi Penyeimbang Daya .....	19
Gambar 3. 1. Rangkaian Simulasi Konverter Pada <i>Power Simulator</i> .....	20
Gambar 3. 2. Rangkaian Simulasi Sistem Microgrid DC Pada <i>Power Simulator</i> .....	21
Gambar 3. 3. Diagram blok <i>hardware</i> .....	21
Gambar 3. 4. Kurva karakteristik MOSFET .....	23
Gambar 3. 5. Rangkaian Penghubungan <i>Driver</i> TLP250 Dengan MOSFET .....	25
Gambar 3. 6. Terminal pada TLP250 .....	25
Gambar 3. 7. <i>Board</i> STM32F407VET6 .....	26
Gambar 3. 8. Rangkaian Penguat Pada LEM HX 10-P .....	28
Gambar 3. 10. <i>Flowchart</i> pemrograman sistem .....	31

Gambar 4. 1. Susunan Sistem Microgrid DC .....	37
Gambar 4. 2. Susunan Rangkaian Penyeimbang Daya Microgrid DC.....	37
Gambar 4. 3. Gelombang Arus Mode <i>Buck</i> .....	39
Gambar 4. 4. Osiloskop Gelombang Arus Mode <i>Buck</i> .....	39
Gambar 4. 5. Gelombang Arus Mode <i>Boost</i> .....	40
Gambar 4. 6. Osiloskop Gelombang Arus Mode <i>Boost</i> .....	40
Gambar 4. 7. Gelombang Arus <i>Idle</i> .....	41
Gambar 4. 8. Osiloskop Gelombang Arus <i>Idle</i> .....	41
Gambar 4. 9. Simulasi Gelombang Tegangan Terminal Sebelum <i>Filter</i> Dengan Sinyal Modulasi Segitiga.....	42
Gambar 4. 10. Osiloskop Gelombang Tegangan Terminal Sebelum <i>Filter</i> Dengan Sinyal Modulasi Segitiga.....	42
Gambar 4. 11. Simulasi Tegangan Terminal Saat Beroperasi Sebagai <i>Buck</i> .....	42
Gambar 4. 12. Osiloskop Tegangan Terminal Saat Beroperasi Sebagai <i>Buck</i> .....	43
Gambar 4. 13. Simulasi Tegangan Terminal Saat Beroperasi Sebagai <i>Boost</i> .....	43
Gambar 4. 14. Osiloskop Tegangan Terminal Saat Beroperasi Sebagai <i>Boost</i> .....	44
Gambar 4. 15. Gelombang PWM Pensakelaran Mode <i>Buck</i> .....	44
Gambar 4. 16. Gelombang PWM Pensakelaran Mode <i>Boost</i> .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Pola Pensakelaran dan Keluaran Operasi <i>Buck</i> .....	13
Tabel 2.2. Pola Pensakelaran dan Keluaran Operasi <i>Boost</i> .....	14
Tabel 3.1. Parameter Penelitian.....	22

