

**ANALISIS DAN MITIGASI HARMONISA DENGAN *HYBRID
FILTER* PADA PLTS *OFF-GRID* 1 kW_p BERBASIS
MATLAB/SIMULINK DI GREEN HOUSE POKTAN MUSTIKA,
KRAMAT JATI, JAKARTA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh:

NICOLAUS SUGIANTO ZAMILI
NIM: 2252050012



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2026**

**ANALISIS DAN MITIGASI HARMONISA DENGAN *HYBRID
FILTER* PADA PLTS *OFF-GRID* 1 kW_p BERBASIS
MATLAB/SIMULINK DI GREEN HOUSE POKTAN MUSTIKA,
KRAMAT JATI, JAKARTA TIMUR**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Akademik Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
(S.T.) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia

Oleh

NICOLAUS SUGIANTO ZAMILI
NIM: 2252050012



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2026**



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nicoalaus Sugianto Zamili
NIM : 2252050012
Program studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul
“ANALISIS DAN MITIGASI HARMONISA DENGAN *HYBRID FILTER*
PADA PLTS *OFF-GRID* 1 *kWp* BERBASIS *MATLAB/SIMULINK* DI
GREEN HOUSE POKTAN MUSTIKA, KRAMAT JATI, JAKARTA
TIMUR” adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 23 Juni 2026



Nicolaus Sugianto Zamili



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

**ANALISIS DAN MITIGASI HARMONISA DENGAN *HYBRID FILTER*
PADA PLTS *OFF-GRID* 1 *kW_p* BERBASIS *MATLAB/SIMULINK* DI
GREEN HOUSE POKTAN MUSTIKA, KRAMAT JATI, JAKARTA
TIMUR**

Oleh:

Nama : Nicolaus Sugianto Zamili

NIM : 2252050012

Program studi : Teknik elektro

Peminatan : Teknik tenaga listrik

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam
Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana Strata Satu pada Program
Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia,

Jakarta, 23 Juni 2026

Menyetujui:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Eva Magdalena Silalahi, ST., MT)
NIDN: 0328087408

(Judo Ignatius Nempung, ST., MT)
NIDN: 0326116804

Ketua Program Studi Teknik Elektro,

Dean Fakultas Teknik,



(Ir. Bambang Widodo, MT)
NIDN: 033015901



(Dicky Antonius, ST., M.Sc.)
NIDN: 0301218801



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada 23 Juni 2026 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

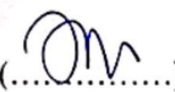
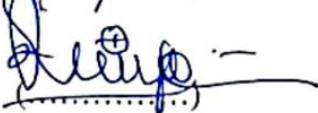
Nama : Nicolaus Sugianto Zamili

NIM : 2252050012

Program Studi : Teknik Elektro

Peminatan : Teknik Tenaga Listrik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “ANALISIS DAN MITIGASI HARMONISA DENGAN *HYBRID FILTER* PADA PLTS *OFF-GRID* 1 kWp BERBASIS *MATLAB/SIMULINK* DI *GREEN HOUSE* POKTAN MUSTIKA, KRAMAT JATI, JAKARTA TIMUR” oleh tim penguji yang terdiri dari:

No.	Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda Tangan
1.	Stepanus, S.T., M.T.	Sebagai Ketua	 (.....)
2.	Susilo, S.Kom, M.T.	Sebagai Anggota	 (.....)
3.	Eva Magdalena. Silalahi, S.T, M.T.	Sebagai Anggota	 (.....)
4.	Ir. Robinson Purba, M.T.	Sebagai Anggota	 (.....)

Jakarta, 23 Juni 2026



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA FAKULTAS TEKNIK

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nicolaus Sugianto Zamili
NIM : 2252050012
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Tugas Akhir : Sarjana Strata Satu
Judul : ANALISIS DAN MITIGASI HARMONISA DENGAN
HYBRID FILTER PADA PLTS *OFF-GRID* 1 kWp
BERBASIS *MATLAB/SIMULINK* DI *GREEN HOUSE*
POKTAN MUSTIKA, KRAMAT JATI, JAKARTA
TIMUR

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik diperguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Non eksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundang-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta
Pada tanggal, 15 Juli 2026
Yang menyatakan



Nicolaus Sugianto Zamili

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, kasih, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis dan Mitigasi Harmonisa dengan *Hybrid Filter* pada PLTS *Off-grid* 1 kWp Berbasis *MATLAB/Simulink* di Green House Poktan Mustika, Kramat Jati, Jakarta Timur.”

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia (TEKNIK UKI).

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat berbagai kendala, tantangan, serta keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih memiliki kekurangan baik dari segi isi maupun penyajiannya. Namun, berkat bantuan, dukungan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, penulis memperoleh banyak ilmu pengetahuan, pengalaman, serta wawasan yang sangat bermanfaat dalam pengembangan akademik maupun kehidupan di masa mendatang.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, arahan, motivasi, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, kasih, penyertaan, kesehatan, serta hikmat yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Ir. Bambang widodo, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia yang telah memberikan

arahan, motivasi, serta dukungan selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi.

3. Orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral, material, serta semangat yang tiada henti kepada penulis selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
4. Eva Magdalena Silalahi ST,.M.T., dan Judo Ignatius Nempung ST,.M.T., selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, ilmu pengetahuan, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bg Antonius Prasetyo S.T,. M.T., yang telah banyak membantu penulis selama proses penyusunan skripsi, baik melalui dukungan, masukan, maupun sebagai teman diskusi dalam menyelesaikan berbagai kendala selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
6. Seluruh dosen dan staff Program Studi Teknik Elektro , Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan pembelajaran yang sangat bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2022, Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia yang telah memberikan dukungan, bantuan, semangat, serta kebersamaan selama menjalani perkuliahan dan penyusunan skripsi.
8. Advent Jordan Nitehe yang telah membantu penulis dengan meminjamkan fasilitas berupa laptop selama proses penelitian dan simulasi berlangsung, sehingga penulis dapat menyelesaikan proses pengolahan data dan simulasi pada penelitian ini dengan baik.
9. Nicolaus sugianto zamili, yang telah berjuang, berusaha, dan tetap berkomitmen dalam menjalani seluruh proses perkuliahan serta penyusunan skripsi ini, meskipun menghadapi berbagai tantangan dan keterbatasan hingga akhirnya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat

memberikan manfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik elektro dan kualitas daya listrik.

Jakarta, 23 Juni 2026



Nicolaus Sugianto Zamili



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR	ii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT.....	xviii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	9
1.3 Tujuan penelitian.....	10
1.4 Batasan masalah	10
1.5 Manfaat penelitian.....	11
1.6 Sistematika Penulisan.....	12
 BAB II LANDASAN TEORI	 14
2.1 Proses Konversi Energi Matahari Menjadi Energi Listrik	14
2.1.1 Prinsip Kerja Fisika Sel Fotovoltaik	14
2.1.2 Model Matematis Rangkaian Ekuivalen Sel Fotovoltaik	16
2.1.3 Parameter Karakteristik Keluaran Sel Fotovoltaik	16
2.2 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	18
2.2.1 Komponen utama PLTS.....	19
2.2.2 PLTS Off-grid.....	21
2.3 Inverter dalam Sistem PLTS	22
2.4 Kualitas Daya (<i>power quality</i>).....	23
2.5 Harmonisa pada Sistem Tenaga Listrik.....	24
2.5.1 Harmonisa pada Inverter	26
2.5.2 Harmonisa pada Beban Non-Linear	27
2.6 Standar Harmonisa Sistem Tenaga.....	28
2.6.1 Standar IEEE 519-2022	28
2.7 Metode Mitigasi Harmonisa	29
2.8 Filter LCL	30
2.9 Prinsip Kerja APF (<i>Active Power Filters</i>).....	36
2.9.2 Hybrid Filter	42
2.10 Simulasi Sistem Menggunakan <i>MATLAB/Simulink</i>	43

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	44
3.1 Desain penelitian	44
3.2 Lokasi dan Objek Penelitian.....	45
3.3 Tahapan penelitian.....	45
3.3.1 Studi Literatur	45
3.3.2 Pengukuran Harmonisa pada Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	45
3.3.3 Analisis Karakteristik Harmonisa	47
3.3.4 Pemodelan <i>Filter</i> Menggunakan MATLAB/Simulink	47
3.3.5 Tahap Simulasi	47
3.3.6 Evaluasi Berdasarkan Standar IEEE 519-2022	48
3.3.7 Pengumpulan Data Beban.....	48
3.3.8 Analisis dan Kesimpulan	48
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian.....	50
4.1.1 Deskripsi Sistem PLTS <i>Off-grid</i> Penelitian.....	50
4.1.2 Karakteristik Beban Penelitian	51
4.1.3 Kondisi dan Skema Pengukuran Lapangan	52
4.2 Hasil Pengukuran dan Analisis Harmonisa Sistem Aktual	54
4.2.1 Hasil Pengukuran Parameter Operasional Sistem.....	54
4.2.2 Analisis Total Harmonic Distortion Arus (THDi)	55
4.2.3 Analisis (THDv)	58
4.2.4 Analisis Spektrum Harmonisa Dominan	61
4.3 Pengembangan Model Simulasi Berbasis Data Lapangan	64
4.3.1 Konfigurasi Model Simulasi	65
4.3.2 Rekonstruksi dan Injeksi Data Aktual Menggunakan <i>Block From Workspace</i>	66
4.3.3 Kalibrasi dan Validasi Model Simulasi Terhadap Data Aktual Lapangan.....	68
4.4 Implementasi Skenario Mitigasi Harmonisa	69
4.4.1 Implementasi dan Analisis <i>Filter</i> LCL	69
4.4.2 Implementasi dan Analisis <i>Hysteresis Current Controller</i> (HCC).....	77
4.4.3 Implementasi <i>Filter Hybrid</i> (LCL + HCC).....	104
4.5 Perbandingan Kinerja Metode <i>Filter</i>	110
4.5.1 Perbandingan Parameter Harmonisa Setiap Skenario.....	110
4.5.2 Analisis Perbandingan Performa Sistem.....	111
4.6 Evaluasi Hasil Simulasi Terhadap Standar IEEE 519-2022.....	111
4.6.1 Evaluasi Distorsi Harmonisa Tegangan (THDv).....	112
4.6.2 Evaluasi Distorsi Harmonisa Arus (THDi).....	112
4.7 Validasi Hasil Simulasi terhadap Penelitian Serupa	113
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	116
5.1 Kesimpulan.....	116
5.2 Saran.....	117

DAFTAR PUSTAKA	118
LAMPIRAN.....	121



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batas THD tegangan berdasarkan IEEE 519-2022 [1].	28
Tabel 2. 2 Batas Harmonisa Arus (TDD) berdasarkan IEEE 519-2022 [1].	28
Tabel 4. 1 Karakteristik Beban Sistem PLTS Off-Grid.	51
Tabel 4. 2 Parameter Pengukuran Lapangan.	53
Tabel 4. 3 Parameter Operasional Sistem	55
Tabel 4.4 tabel orde dominan.	57
Tabel 4.5 Komponen Harmonisa Tegangan Berdasarkan Orde.	59
Tabel 4.6 Distribusi Harmonisa Dominan Sistem.	63
Tabel 4.7 Parameter Aktual yang Digunakan Pada Model Simulasi.	65
Tabel 4.8 Validasi Model Simulasi Terhadap Data Aktual Lapangan.	68
Tabel 4.9 Spektrum Harmonisa Arus Setelah Implementasi Filter LCL	74
Tabel 4.10. Parameter Implementasi HCC	80
Tabel 4.11 Spektrum Harmonisa Arus Setelah Implementasi Filter HCC	82
Tabel 4.12 Parameter Filter Hybrid	106
Tabel 4.13 Spektrum Harmonisa Arus Setelah Implementasi Filter hybrid.	106
Tabel 4.14 Perbandingan Performa Sistem Pada Setiap Skenario.	110
Tabel 4.15 Perbandingan Performa Sistem Pada Setiap Skenario	110
Tabel 4.16 Evaluasi Harmonisa Arus Dominan Berdasarkan IEEE 519-2022 [1].	112
Tabel 4.17 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu.	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Sel Fotovoltaik Berdasarkan Efek Fotovoltaik[16] ...	15
Gambar 2.2 Modul Surya.....	19
Gambar 2.3 Solar Charge Controller (SCC).	20
Gambar 2.4 Baterai.	20
Gambar 2. 5 Inverter.	21
Gambar 2.6. Sistem PLTS Off-grid [20].....	22
Gambar 2. 7 Ilustrasi gelombang sinus fundamental, gelombang terdistorsi dan harmonik ke-3 [1]......	24
Gambar 2. 8 Konfigurasi LCL Filter pada Sistem Inverter untuk Reduksi Harmonisa.....	36
Gambar 2. 9 Bentuk Gelombang HCC dengan Pita Toleransi $\pm h$ pada Sistem Inverter.	41
 Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	 49
 Gambar 4.1 Konfigurasi Sistem PLTS Off-grid di Green Poktan House.....	 50
Gambar 4. 2 Instalasi Sistem PLTS dan Pengukuran Lapangan.....	53
Gambar 4. 3 Hasil Pengukuran Parameter Operasional Sistem Menggunakan PQA.	54
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran THDi Aktual.	56
Gambar 4.5 Hasil Pengukuran THDv Menggunakan PQA.	59
Gambar 4.6 Spektrum Harmonisa Arus Berdasarkan Orde.	61
Gambar 4.7 Spektrum Harmonisa Tegangan Berdasarkan Orde.	62
Gambar 4.8 Konfigurasi Model Simulasi Berbasis Data Lapangan.	65
Gambar 4.9. Rekonstruksi Bentuk Gelombang dan Spektrum Harmonisa Berdasarkan Data Lapangan.	67
Gambar 4.10. Implementasi Data Aktual Menggunakan Block From Workspace.	68
Gambar 4.11 Implementasi Filter LCL Pada Model Simulasi.....	70
Gambar 4.12 Hasil FFT Sistem Menggunakan Filter LCL.....	76
Gambar 4. 13 Konfigurasi Implementasi HCC Pada Simulink.	77
Gambar 4.14 Hubungan Arus Referensi, Arus Aktual, dan Error Sistem).	82
Gambar 4.15 Hasil FFT Arus Menggunakan Filter HCC.....	84
Gambar 4.16 Konfigurasi Simulasi Filter Hybrid (LCL + HCC).	105
Gambar 4. 17. Hasil FFT Arus Menggunakan Filter Hybrid.....	108

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan / Istilah

PLTS

PV

HCC

THD

THDi

THDv

TDD

APF

PCC

FFT

SCC

PWM

MPPT

LCL *Filter*

LC *Filter*

LED

AC

DC

MATLAB

Simulink

IEEE

IGBT

Off-Grid

Grid-Connected

kWp

VA

RMS

LHE

Simbol / Notasi

(V)

(I)

(P)

(f)

Arti / Kepanjangan

Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Photovoltaic

Hysteresis Current Control

Total Harmonic Distortion

Total Harmonic Distortion Current

(Distorsi harmonisa total arus)

Total Harmonic Distortion Voltage

(Distorsi harmonisa total tegangan)

Total Demand Distortion

Active Power *Filter*

Point of Common Coupling

Fast Fourier Transform

Solar Charge Controller

Pulse Width Modulation

Maximum Power Point Tracking

Filter Pasif tipe Induktor–Kapasitor–

Induktor

Filter Pasif tipe Induktor–Kapasitor

Light Emitting Diode

Alternating Current (Arus bolak-balik)

Direct Current (Arus searah)

Matrix Laboratory

Platform simulasi berbasis block diagram pada MATLAB

Institute of Electrical and Electronics Engineers

Insulated Gate Bipolar Transistor

Sistem yang tidak terhubung jaringan utilitas

Sistem yang terhubung ke jaringan utilitas

Kilowatt Peak

Volt Ampere

Root Mean Square

Lampu Hemat Energi

Arti

Tegangan

Arus listrik

Daya

Frekuensi

(f_s)	Frekuensi switching
(L)	Induktansi
(C)	Kapasitansi
(R)	Resistansi
(V_{rms})	Tegangan RMS
(I_{rms})	Arus RMS
(V_{ac})	Tegangan AC
(P_{pv})	Daya keluaran fotovoltaiik
(V_{pv})	Tegangan keluaran PV
(I_{pv})	Arus keluaran PV
(h)	Orde harmonisa
(THD_i)	Distorsi harmonisa total arus
(THD_v)	Distorsi harmonisa total tegangan
(I_h)	Arus harmonisa orde ke-h
(V_h)	Tegangan harmonisa orde ke-h
(Δi)	Error arus / ripple arus
(BW)	Hysteresis band



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi tempat penelitian dan pengukuran Lampiran	121
---	-----



ABSTRAK

Peningkatan penggunaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* berbasis inverter pada sistem tenaga skala kecil berpotensi meningkatkan permasalahan kualitas daya, khususnya distorsi harmonisa akibat karakteristik switching inverter dan penggunaan beban nonlinier. Sistem PLTS *off-grid* memiliki impedansi sistem yang relatif tinggi sehingga lebih rentan terhadap peningkatan distorsi arus dan tegangan dibandingkan sistem yang terhubung ke jaringan utilitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik harmonisa pada sistem PLTS *off-grid* 1 kWp di Green House Poktan Mustika, Kramat Jati, Jakarta Timur, serta mengevaluasi efektivitas implementasi *Filter Pasif LCL*, *Hysteresis Current Controller* (HCC), dan *hybrid Filter* dalam mereduksi harmonisa. Metode penelitian dilakukan melalui pengukuran lapangan untuk memperoleh data aktual sistem, kemudian dikembangkan model simulasi berbasis *MATLAB/Simulink* menggunakan pendekatan kalibrasi data lapangan melalui blok *From Workspace*. Evaluasi dilakukan menggunakan analisis Fast Fourier Transform (FFT), *Total Harmonic Distortion* arus (THDi), serta perbandingan terhadap standar IEEE 519-2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi awal sistem memiliki nilai THDi sebesar 27,13%. Implementasi *Filter LCL* mampu menurunkan THDi menjadi 0,29% dengan tingkat reduksi sebesar 98,93%, sedangkan metode HCC menghasilkan THDi sebesar 2,33% dengan reduksi sebesar 91,41%. Kombinasi *hybrid Filter* yang mengintegrasikan *Filter LCL* dan HCC memberikan performa terbaik dengan menghasilkan THDi sebesar 0,14% atau reduksi harmonisa sebesar 99,48%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode *hybrid filter* aktif HCC dan pasif LCL lebih efektif dibandingkan penggunaan filter tunggal karena mampu menggabungkan kemampuan penyaringan harmonisa dominan dari filter pasif dan kemampuan adaptif *filter* aktif sehingga kualitas daya sistem PLTS *off-grid* dapat ditingkatkan secara signifikan.

Kata Kunci: PLTS *off-grid*, *hybrid filter*, *Hysteresis Current Controller*, filter LCL, THDi.

ABSTRACT

The increasing use of inverter-based off-grid Photovoltaic (PV) systems in small-scale power systems has the potential to increase power quality issues, particularly harmonic distortion caused by inverter switching characteristics and the use of nonlinear loads. Off-grid PV systems generally have relatively high system impedance, making them more susceptible to current and voltage distortion compared to utility-connected systems. This study aims to analyze the harmonic characteristics of a 1 kWp off-grid PV system installed at Green House Poktan Mustika, Kramat Jati, East Jakarta, and to evaluate the effectiveness of implementing an LCL passive Filter, Hysteresis Current Controller (HCC), and hybrid Filter in reducing harmonics. The research methodology was conducted through field measurements to obtain actual system data, followed by the development of a MATLAB/Simulink-based simulation model using a field-data calibration approach through the From Workspace block. The evaluation process was carried out using Fast Fourier Transform (FFT) analysis, Total Harmonic Distortion of current (THDi), and comparison with the IEEE 519-2022 standard. The results indicate that the initial system condition had a THDi value of 27.13%. The implementation of the LCL Filter reduced THDi to 0.29% with a harmonic reduction rate of 98.93%, while the HCC method produced a THDi value of 2.33% with a reduction rate of 91.41%. The hybrid Filter configuration, which integrates the LCL Filter and HCC, demonstrated the best performance by achieving a THDi value of 0.14%, corresponding to a harmonic reduction rate of 99.48%. Based on these findings, it can be concluded that the hybrid Filter method is more effective than single-Filter implementations because it combines the capability of passive Filtering for dominant harmonics with the adaptive characteristics of active Filtering, thereby significantly improving the power quality of the Off-grid PV system.

Keywords: off-grid Photovoltaic system, hybrid filter, Hysteresis Current Controller, LCL filter, THDi.