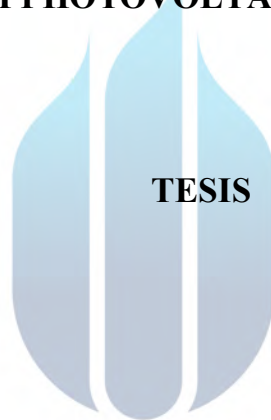




**PENINGKATAN KINERJA MAXIMUM POWER POINT
TRACKING (MPPT) MELALUI INTEGRASI SMOOTH
VARIABLE STRUCTURE FILTER (SVSF) - SLIDING MODE
CONTROL (SMC) – GREY WOLF OPTIMIZER (GWO) PADA
SISTEM PHOTOVOLTAIC NONLINIER**



TESIS

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
ELLY HASTININGTYAS
55424110011

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**PENINGKATAN KINERJA MAXIMUM POWER POINT
TRACKING (MPPT) MELALUI INTEGRASI SMOOTH
VARIABLE STRUCTURE FILTER (SVSF) - SLIDING MODE
CONTROL (SMC) – GREY WOLF OPTIMIZER (GWO) PADA
SISTEM PHOTOVOLTAIC NONLINIER**

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Magister

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
ELLY HASTININGTYAS
55424110011

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Elly Hastiningtyas
NIM : 55424110011
Fakultas/Program Studi : Magister Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tesis berjudul:

“Peningkatan Kinerja *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) melalui Integrasi *Smooth Variable Structure Filter* (SVSF)-Sliding Mode Control (SMC)-*Grey Wolf Optimizer* (GWO) pada Sistem *Photovoltaic Nonlinier*”

adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 28 Juli 2026



SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

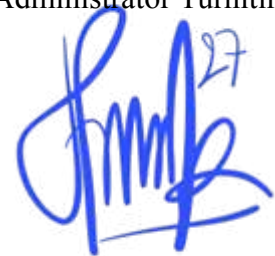
Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama : Elly Hastiningtyas
NIM : 55424110011
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Peningkatan Kinerja Maximum Power Point Tracking (MPPT) Melalui Integrasi Smooth Variable Structure Filter (SVSF) - Sliding Mode Control (SMC) - Grey Wolf Optimizer (GWO) Pada Sistem Photovoltaic Nonlinier**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Senin, 24 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **5 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 24 Agustus 2026

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Elly Hastiningtyas
NIM : 55424110011
Fakultas/Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Tesis : Peningkatan Kinerja MPPT melalui Integrasi SVSF-SMC-GWO pada Sistem Photovoltaic Nonlinier

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 27 Juli 2026 di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing



(Dr. Eng Heru Suwoyo, S.T., M.Sc)
NIDN/NUPTK: 0314089201

Jakarta, 27 Juli 2026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T)
NIDN/NUPTK: 0307037202

Ketua Program Studi
Magister Teknik Elektro



(Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyo, S.T., M.T.,
I.P.U., Asean-Eng., APEC-Eng., ACPE)
NIDN/NUPTK: 0312118206

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andy Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro
3. Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyo, S.T., M.T., I.P.U., Asean-Eng., APEC-Eng., ACPE selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro
4. Dr. Eng Heru Suwoyo, S.T. M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tesis ini.
5. Kedua orang tua, suami tercinta, saudara, dan semua pihak atas doa, dukungan, kesabaran, dan semangat yang tidak pernah berhenti diberikan.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu, khususnya dalam bidang sistem kontrol, MPPT, dan energi terbarukan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Jakarta, 28 Juli 2026

Elly Hastiningtyas

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Elly Hastiningtyas
NIM : 55424110011
Fakultas/Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Tesis : Peningkatan Kinerja *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) melalui Integrasi *Smooth Variable Structure Filter* (SVSF)-*Sliding Mode Control* (SMC)-*Grey Wolf Optimizer* (GWO) pada Sistem *Photovoltaic Nonlinier*

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 28 Agustus 2026

Yang menyatakan,



Elly Hastiningtyas

ABSTRAK

Photovoltaic (PV) adalah salah satu sumber energi terbarukan yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan dibutuhkan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) yang efisien dan tahan terhadap gangguan. Penelitian ini berfokus pada peningkatan efisiensi sistem PV, yang kinerjanya sangat dipengaruhi oleh suhu, iradiasi, serta gangguan *noise* sensor, melalui penerapan MPPT. Metode konvensional seperti *Perturb and Observe* (P&O) dan Incremental Conductance (INC) masih menghadapi keterbatasan berupa osilasi di sekitar titik daya maksimum dan sensitivitas tinggi terhadap perubahan lingkungan. Penelitian terdahulu telah mengembangkan MPPT berbasis variable-step P&O dengan *Sliding Mode Control* (SMC) yang dioptimasi menggunakan *Grey Wolf Optimizer* (GWO). Meskipun metode tersebut meningkatkan akurasi pelacakan MPP, kajian mengenai pengaruh *noise* pengukuran dan penerapan filter atau estimator belum menjadi fokus utama. Penelitian ini mengusulkan kombinasi Smooth Variable Structure Filter (SVSF), P&O, SMC, dan GWO. SVSF berfungsi sebagai alternatif Kalman Filter untuk memperhalus sinyal dari sensor, P&O menghasilkan referensi tegangan, SMC sebagai pembentuk duty cycle, dan GWO digunakan untuk mengoptimasi parameter SMC. Hasil simulasi berbasis MATLAB menunjukkan bahwa metode SVSF-P&O-SMC-GWO lebih unggul pada kehalusan sinyal dan kinerja *tracking output* dibanding baseline P&O-SMC-GWO maupun KF-P&O-SMC-GWO. Secara numerik, metode usulan mampu mereduksi *noise* dengan MA Δ P sebesar 89,2749% dan RMS Δ P sebesar 76,1478%, lebih tinggi dibanding KF (67,5527% dan 65,8060%). Efisiensi *tracking output* mencapai 99,2721%, melampaui KF (98,9288%) dan baseline (98,7309%). Nilai MAE *output* sebesar 0,8699% dan RMSE *output* sebesar 1,9578%, lebih rendah daripada KF (1,2202% dan 2,0984%) serta baseline (1,7507% dan 2,4291%). SVSF juga menghasilkan RMS Δ P_{out} terendah sebesar 1,6064 W/sampel, dibanding KF (1,9656 W/sampel) dan baseline (4,0089 W/sampel). Waktu konvergensi tercepat, yaitu 7,042 s, dibanding KF (7,056 s) dan baseline (8,472 s). Secara keseluruhan, metode yang mengintegrasikan SVSF memberikan keseimbangan terbaik dalam meningkatkan akurasi *tracking*, mengurangi fluktuasi daya, serta mempercepat kestabilan sistem MPPT.

Kata Kunci: PV, MPPT, SVSF, SMC, GWO

ABSTRACT

Photovoltaic (PV) systems are renewable energy technologies whose performance is strongly influenced by environmental conditions, thereby requiring an efficient and disturbance-resilient Maximum Power Point Tracking (MPPT) strategy. This study aims to improve PV system efficiency under variations in temperature and solar irradiance, as well as disturbances caused by sensor noise. Conventional methods, such as Perturb and Observe (P&O) and Incremental Conductance (INC), still exhibit limitations, particularly oscillations around the maximum power point and high sensitivity to changing environmental conditions. Previous research has developed a variable-step P&O-based MPPT method integrated with Sliding Mode Control (SMC), whose parameters are optimized using the Grey Wolf Optimizer (GWO). Although this approach improves MPP tracking accuracy, the effects of measurement noise and the application of filtering or state-estimation techniques have received limited attention. Therefore, this study proposes an integrated SVSF-P&O-SMC-GWO framework. The Smooth Variable Structure Filter (SVSF) serves as an alternative to the Kalman Filter (KF) for smoothing sensor measurements, while P&O determines the reference voltage, SMC generates the converter duty cycle, and GWO optimizes the SMC parameters. MATLAB-based simulation results demonstrate that the proposed SVSF-P&O-SMC-GWO method provides smoother signals and superior output-tracking performance compared with both the baseline P&O-SMC-GWO and KF-P&O-SMC-GWO methods. Quantitatively, the proposed method achieves reductions of 89.2749% in $MA\Delta P$ and 76.1478% in $RMS\Delta P$, exceeding the corresponding reductions obtained using the KF-based method, namely 67.5527% and 65.8060%, respectively. Its output-tracking efficiency reaches 99.2721%, surpassing the efficiencies achieved by the KF-based method (98.9288%) and the baseline method (98.7309%). Furthermore, the proposed method produces an output MAE of 0.8699% and an output RMSE of 1.9578%, which are lower than those obtained using the KF-based method (1.2202% and 2.0984%) and the baseline method (1.7507% and 2.4291%). The SVSF-based method also yields the lowest RMS ΔP_{out} value of 1.6064 W/sample, compared with 1.9656 W/sample for the KF-based method and 4.0089 W/sample for the baseline method. Moreover, it achieves the fastest convergence time of 7.042 s, compared with 7.056 s for the KF-based method and 8.472 s for the baseline method. Overall, integrating SVSF provides the most balanced improvement in tracking accuracy, power-fluctuation suppression, and MPPT system stabilization.

Keywords: PV, MPPT, SVSF, SMC, GWO

DAFTAR ISI

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI	i
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II	6
2.1 Sistem Photovoltaic (PV).....	6
2.1.1 Prinsip Kerja dan Komponen Sistem PV	6
2.1.2 Pengaruh Suhu, Iradiasi, dan Shading terhadap Output.....	9
2.2 <i>DC-DC Boost Converter</i>	12
2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT)	14
2.3.1 Konsep Dasar MPPT	15
2.3.2 Metode Konvensional MPPT, Perturb and Observe (P&O)	16
2.3.3 Kelemahan Metode MPPT Konvensional terhadap Variasi Lingkungan	17
2.4 Filtering.....	18
2.4.1 Teori Dasar	18

2.4.2	Kalman Filter	19
2.4.3	Smooth Variable Structure Filter (SVSF)	22
2.5	Sliding Mode Control (SMC)	28
2.5.1	Teori dan Prinsip Dasar SMC	28
2.5.2	Aplikasi SMC pada MPPT Sistem PV	31
2.6	Grey Wolf Optimizer (GWO)	32
2.7	Perbandingan Penelitian terdahulu	35
BAB III		38
3.1	Pendekatan Metode	38
3.2	Desain Penelitian	38
3.2.1	Tahapan Penelitian	38
3.2.2	Alur Penelitian	39
3.2.3	Skema Metode Baseline / Acuan	40
3.2.4	Skema Metode Usulan	41
3.2.5	Skema Metode Pembanding	42
3.3	Pemodelan Sistem PV	43
3.3.1	Spesifikasi Modul Photovoltaic Kyocera KC200GT	43
3.3.2	Model Photovoltaic Single Diode	44
3.3.3	Perhitungan parameter PV single-diode	44
3.3.4	Penentuan Titik Daya Maksimal dan Referensi Daya	46
3.4	Profil Iradiasi, Suhu, dan <i>Noise</i> Sensor	47
3.4.1	Profil Iradiasi yang Dinamis	47
3.4.2	Profil Suhu	48
3.4.3	<i>Noise</i> Pengukuran Tegangan dan Arus	49
3.4.4	Pemilihan Skenario Gangguan	50
3.5	Perancangan Smooth Variable Structure Filter (SVSF)	52
3.5.1	Tahapan Proses SVSF	53
3.5.2	Penentuan Parameter SVSF	56
3.6	Perancangan Kalman Filter Sebagai Metode Pembanding	57
3.6.1	Tahapan Proses Kalman Filter	58
3.6.2	Penentuan Parameter Gain Kalman Filter	60
3.7	Perancangan Perturb and Observe (P&O)	61

3.7.1	Tahapan Proses P&O.....	62
3.8	Perancangan Sliding Mode Control (SMC)	63
3.8.1	Tahapan Proses SMC	64
3.9	Perancangan Grey Wolf Optimizer (GWO).....	66
3.9.1	Vektor Optimasi dan Batas Pencarian	67
3.9.2	Persamaan <i>Update</i> GWO	67
3.9.3	Fungsi Objektif	69
3.9.4	Hasil Parameter Optimasi	71
3.10	Pemodelan Konverter DC–DC Boost Converter	71
3.11	Metode Evaluasi Kinerja Sistem.....	74
3.11.1	Tracking <i>Error</i>	75
3.11.2	Estimasi Root Mean Square <i>Error</i> (RMSE)	75
3.11.3	Waktu Konvergensi dan Recovery Time.....	76
3.11.4	Ripple dan Kehalusan Sinyal Output.....	76
3.12	Integrasi Sistem Metode Usulan	77
3.13	Integrasi Sistem Metode Baseline dan Pembanding	77
BAB IV		79
4.1	Pendahuluan	79
4.2	Penentuan Parameter Metode.....	79
4.2.1	Penentuan Parameter Kalman Filter.....	79
4.2.2	Penentuan Parameter SVSF	80
4.3	Perbandingan Kualitas Sinyal Input MPPT	80
4.3.1	Perbandingan Sinyal Tegangan.....	80
4.3.1.1	Perbandingan Sinyal Tegangan Metode Baseline.....	80
4.3.1.2	Perbandingan Sinyal Tegangan Metode Pembanding.....	82
4.3.1.3	Perbandingan Sinyal Tegangan Metode Usulan.....	84
4.3.2	Perbandingan Sinyal Arus	86
4.3.2.1	Perbandingan Sinyal Arus Metode Baseline	86
4.3.2.2	Perbandingan Sinyal Arus Metode Pembanding.....	87
4.3.2.3	Perbandingan Sinyal Arus Metode Usulan	89
4.3.3	Perbandingan Daya Sisi PV	91
4.3.3.1	Perbandingan Daya Sisi PV pada Metode Baseline.....	91

4.3.3.2	Perbandingan Daya Sisi PV pada Metode Pembanding	93
4.3.3.3	Perbandingan Daya Sisi PV pada Metode Usulan	94
4.3.4	Akurasi Estimasi Sinyal Berdasarkan RMSE	95
4.3.5	Rangkuman Kualitas Sinyal Input MPPT	97
4.4	Perbandingan Kinerja Tracking Daya Output	98
4.4.1	Perbandingan P_{out} dan P_{ref_out} Metode Baseline.....	98
4.4.2	Perbandingan P_{out} dan P_{ref_out} Metode Pembanding	100
4.4.3	Perbandingan P_{out} dan P_{ref_out} Metode Usulan	101
4.4.4	Akurasi, Efisiensi, dan Kehalusan Daya Output.....	102
4.5	Tracking <i>Error</i> , Recovery Time, dan Konvergensi.....	103
4.5.1	Tracking Error Metode Baseline	103
4.5.2	Tracking Error Metode Pembanding.....	104
4.5.3	Tracking <i>Error</i> Metode Usulan.....	106
4.5.4	Waktu Recovery Time dan Konvergensi.....	107
4.6	Rangkuman Kinerja ketiga Metode	108
BAB V		109
5.1	Kesimpulan	109
5.2	Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA		111
DAFTAR PERSAMAAN		117
DAFTAR SIMBOL / NOMENKLATUR		122
DAFTAR VARIABEL		124
DAFTAR SINGKATAN		127
DAFTAR PROGRAM		128

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan KF, EKF, UKF, CKF, SVSF.....	27
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu.	35
Tabel 3.1 Parameter Dasar Simulasi.	38
Tabel 3.2 Spesifikasi Modul Photovoltaic KC200GT.	44
Tabel 3.3 Parameter Model Single Diode.	44
Tabel 3.4 Skenario Iradiasi, Suhu, dan Noise	50
Tabel 3.5 Alasan Pemilihan Nilai Parameter SVSF	57
Tabel 3.6 Perbandingan Variasi Parameter SVSF	57
Tabel 3.7 Perbandingan Variasi Parameter KF	61
Tabel 3.8 Parameter DC to DC Boost Converter.	73
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Fungsi Objektif terhadap Variasi Parameter KF	79
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Fungsi Objektif terhadap Variasi Parameter SVSF	80
Tabel 4.3 Perbandingan V_{mpp} , V_{true} , V_{meas} , dan V tanpa Filter	81
Tabel 4.4 Perbandingan V_{meas} dan V_{KF}	84
Tabel 4.5 Perbandingan V_{meas} dan V_{SVSF}	86
Tabel 4.6 Perbandingan I_{mpp} , I_{true} , I_{meas} , dan I Metode Baseline	87
Tabel 4.7 Perbandingan I_{meas} dan I_{KF}	89
Tabel 4.8. Perbandingan I_{meas} dan I_{SVSF}	91
Tabel 4.9 Perbandingan P_{true} , P_{meas} , P_{mpp} dan P Metode Baseline.....	92
Tabel 4.10 Perbandingan P_{true} , P_{meas} , dan P_{KF}	94
Tabel 4.11 Perbandingan P_{mpp} , P_{true} , P_{meas} , dan P_{SVSF}	95
Tabel 4.12 Akurasi Estimasi Sinyal Berdasarkan RMSE.....	96
Tabel 4.13 Mean Absolute Perubahan Antar Sampel.....	97
Tabel 4.14 RMS Perubahan Antar Sampel.....	97
Tabel 4.15 Perbandingan P_{out} tanpa filter dan P_{ref_out}	99
Tabel 4.16 Perbandingan P_{out_KF} dan P_{ref_out}	100
Tabel 4.17 Perbandingan P_{out} dan $P_{ref,out}$	102
Tabel 4.18 Perbandingan Daya dan Error ketiga Metode	103
Tabel 4.19 Tracking Error Metode Baseline.....	104

Tabel 4.20 Tracking Error Metode Pembanding.....	105
Tabel 4.21 Tracking Error Metode Usulan	107
Tabel 4.22 Perbandingan Waktu Konvergensi ketiga Metode	108



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematik Diagram Sistem Photovoltaic.....	7
Gambar 2.2 Polycrystalline dan Monocrystallin Solar Panel	7
Gambar 2.3 Rangkaian Photovoltaic.....	8
Gambar 2.4 Kurva Karakteristik I-V Modul PV.....	10
Gambar 2.5 Kurva Karakteristik P-V Modul PV.....	11
Gambar 2.6 Ilustrasi Partial Shading Akibat Daun Pada Permukaan Panel PV .	12
Gambar 2.7 Rangkaian DC-DC Boost Converter.....	13
Gambar 2.8 Blok Diagram MPPT.....	16
Gambar 2.9 Diagram Alir Algoritma P&O Konvensional	17
Gambar 2.10 Konsep Dasar Estimasi SVSF.....	23
Gambar 2.11 Konsep Dasar Sliding Mode Control	29
Gambar 3.1 Flowchart Alur Penelitian.....	39
Gambar 3.2 Diagram Alur Metode Baseline.....	41
Gambar 3.3 Diagram Alur Metode Usulan.....	41
Gambar 3.4 Diagram Alur Metode Pembanding.	42
Gambar 3.5 Hasil Simulasi Profil Iradiasi PV.	48
Gambar 3.6 Simulasi Skenario Iradiasi, Suhu, dan Noise terhadap Tegangan PV	51
Gambar 3.7 Simulasi Skenario Iradiasi, suhu, dan Noise terhadap Arus PV	51
Gambar 3.8 Simulasi Skenario Iradiasi, Suhu, dan Noise terhadap Daya PV	52
Gambar 3.9 Diagram Alur Model SVSF.....	53
Gambar 3.10 Diagram Alur Model Kalman Filter.....	58
Gambar 3.11 Diagram Alur P&O.	62
Gambar 3.12 Diagram Alur Sliding Mode Control.	64
Gambar 3.13 Diagram Alur Tahapan GWO	66
Gambar 3.14 Diagram Alur Evaluasi Performa Sistem Usulan dan Pembanding	74
Gambar 3.15 Alur Integrasi Matematis Sistem Metode Usulan	77
Gambar 3.16 Alur Integrasi Matematis Sistem Metode Baseline.....	77
Gambar 3.17 Alur Integrasi Matematis Sistem Metode Pembanding.....	78

Gambar 4.1 Sinyal Pengukuran Tegangan Metode Baseline.....	81
Gambar 4.2 Sinyal Pengukuran Tegangan, sebelum Proses KF	82
Gambar 4.3 Sinyal Tegangan setelah Proses KF (V_{KF})	83
Gambar 4.4 Sinyal Pengukuran Tegangan sebelum Proses SVSF	84
Gambar 4.5 Sinyal tegangan setelah proses SVSF	85
Gambar 4.6 Sinyal Pengukuran Arus Metode Baseline.....	87
Gambar 4.7 Sinyal Pengukuran Arus sebelum Proses KF	88
Gambar 4.8 Sinyal Arus setelah Proses KF	88
Gambar 4.9 Sinyal Pengukuran Arus sebelum Proses SVSF	90
Gambar 4.10 Sinyal Pengukuran Arus sesudah Proses SVSF	90
Gambar 4.11 Perbandingan P_{mpp} , P_{true} , P_{meas} , dan P Metode Baseline.	92
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan P_{mpp} , P_{true} , P_{meas} , dan P_{KF}	93
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan P_{mpp} , P_{true} , P_{meas} , dan P_{SVSF}	94
Gambar 4.14 Perbandingan P_{out} dan P_{ref_out} Metode Baseline	99
Gambar 4.15 Perbandingan P_{out} dan P_{ref} Metode Pembanding	100
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan P_{out} dan P_{ref_out} Metode Usulan	101
Gambar 4.17 Tracking Error P_{out} , P_{ref_out} metode Baseline	104
Gambar 4.18 Tracking Error Metode Pembanding.....	105
Gambar 4.19 Tracking Error Metode Usulan	106

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR PERSAMAAN	117
DAFTAR SIMBOL / NOMENKLATUR.....	122
DAFTAR VARIABLE	124
DAFTAR SINGKATAN	127
DAFTAR PROGRAM.....	128
Datasheet KC200GT	132

