

**ANALISIS KOMPARATIF KINERJA DAN RESPONS DINAMIS  
MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) DI DUA  
LOKASI TROPIS: STUDI EMPIRIS PADA PLTS ATAP  
DI JAKARTA SELATAN DAN DI DEPOK**

**TESIS**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T) Pada Program Studi Magister Teknik Elektro  
Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia

Oleh:

**GIGIN GINANJAR**

**2305190014**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA  
2026**



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

---

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gigin Ginanjar

NIM : 2305190014

Progran Study : Magister Teknik Elektro

Fakultas : Program Pascasarjana

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS KOMPARATIF KINERJA DAN RESPONS DINAMIS MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) DI DUA LOKASI TROPIS: STUDI EMPIRIS PADA PLTS ATAP DI JAKARTA SELATAN DAN DI DEPOK”** 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/magister 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 acuan 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,  
15 Januari 2026



Gigin Ginanjar



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
PROGRAM PASCASARJANA**

**PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR**

ANALISIS KOMPARATIF KINERJA DAN RESPONS DINAMIS MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) DI DUA LOKASI TROPIS: STUDI EMPIRIS PADA PLTS ATAP DI JAKARTA SELATAN DAN DI DEPOK

Oleh:

Nama : Gigin Ginanjar  
NIM : 2305190014  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Peminatan : Energi Terbarukan

telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 15 Januari 2026

Menyetujui:

Pembimbing I

Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.

NIDN : 0327046205

Pembimbing II

Dr. Rismen Sinambela, S.T., M.T., IPM.

NIDN:0137116903

Ketua Program Studi,

  
Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.

Direktur Program Pascasarjana,

  
Prof. Dr. dr. Bernadetha Nadaek, Mpd., PA.



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
PROGRAM PASCASARJANA**

**PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR**

Pada 15 Januari 2026 telah diselenggarakan Sidang Tesis untuk memenuhi Sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia, atas nama :




Nama : Gigin Ginanjar

NIM : 2305190014

Progran Study : Magister Teknik Elektro

Fakultas : Program Pascasarjana

termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “ANALISIS KOMPARATIF KINERJA DAN RESPONS DINAMIS MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) DI DUA LOKASI TROPIS: STUDI EMPIRIS PADA PLTS ATAP DI JAKARTA SELATAN DAN DI DEPOK” oleh tim penguji yang terdiri dari :

<b>Nama Penguji</b>	<b>Jabatan dalam Tim Penguji</b>	<b>Tanda Tangan</b>
1 Dr. Ichsan, ST, BSc (Hons), Msc, PDENG	Sebagai Ketua	(  )
2 Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD.	Sebagai Anggota	(  )
3 Dr. Rismen Sinambela, S.T., M.T., IPM.	Sebagai Anggota	(  )

Jakarta 15 Januari 2026



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
PROGRAM PASCASARJANA**

**PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gigin Ginanjar  
NIM : 2305190014  
Fakultas : Program Pascasarjana  
Progran Study : Magister Teknik Elektro  
Jenis Tugas Akhir : Tesis  
Judul : ANALISIS KOMPARATIF KINERJA DAN RESPONS DINAMIS  
MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) DI DUA  
LOKASI TROPIS: STUDI EMPIRIS PADA PLTS ATAP DI  
JAKARTA SELATAN DAN DI DEPOK.

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 di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif 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 nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-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 darisegala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta,  
Pada Tanggal 15 Januari 2026

Yang Menyatakan,



Gigin Ginanjar

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “**Analisis Komparatif Kinerja dan Respons Dinamis Maximum Power Point Tracking (MPPT) di Dua Lokasi Tropis: Studi Empiris pada PLTS Atap di Jakarta Selatan dan Depok**”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar akademik pada program studi yang penulis tempuh.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja dan respons dinamis Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap di dua lokasi tropis berdasarkan pengukuran lapangan pada kondisi operasi nyata.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

- **Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD** selaku dosen pengampu perkuliahan, Pembimbing I, penguji, serta selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia, atas bimbingan, arahan, dukungan akademik, serta kontribusi yang sangat berarti sejak proses perkuliahan, pelaksanaan penelitian, hingga penyelesaian tesis ini.
- **Dr. Rismen Sinambela, S.T., M.T., IPM** selaku dosen, Pembimbing II, dan penguji, atas bimbingan teknis, masukan konseptual, serta diskusi akademik yang konstruktif selama proses penyusunan dan pengujian tesis ini.
- **Dr. Ichsan, ST, BSc (Hons), MSc, PDENG** selaku dosen dan Ketua Sidang Ujian Tesis, atas arahan, pertanyaan, serta masukan akademik yang diberikan selama pelaksanaan ujian tesis sehingga berkontribusi dalam penyempurnaan penelitian ini.
- Pimpinan Universitas Kristen Indonesia, pimpinan fakultas, serta jajaran pengelola Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia, atas dukungan kelembagaan, fasilitas akademik, dan lingkungan pembelajaran yang kondusif selama penulis menempuh pendidikan dan menyelesaikan tesis ini.
- Keluarga, **istri** dan **anak-anak tercinta** atas doa, kesabaran, pengertian, serta dukungan moral yang senantiasa diberikan selama proses studi dan penyusunan tesis ini.
- Rekan-rekan selama perkuliahan atas kebersamaan dan diskusi akademik yang bermanfaat, serta kepada rekan kerja dan pimpinan di tempat penulis bekerja atas dukungan dan fleksibilitas yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan penelitian selanjutnya. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik elektro, khususnya pada sistem energi terbarukan berbasis tenaga surya.

Jakarta, 15 Januari 2026

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PENGUJI.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Energi Surya dan Sistem PLTS Atap .....	6
2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja PLTS.....	9
2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT) .....	11
2.4 MPPT pada Kondisi Dinamis Iklim Tropis .....	19
2.5 Parameter Kinerja PLTS.....	21
2.6 Penelitian Terdahulu yang Relevan .....	23
2.7 Kerangka Pemikiran Penelitian .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Pendekatan Penelitian.....	26
3.2 Objek Penelitian.....	26

3.3	Instrumen dan Pengumpulan Data.....	30
3.4	Tahapan Penelitian.....	34
3.5	Perhitungan Kinerja Modul Surya Secara Teoritis.....	36
<b>BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA .....</b>		<b>41</b>
4.1	Hasil Pengukuran Lapangan.....	41
4.2	Analisis Perbandingan Kinerja PLTS.....	46
4.3	Analisis Efisiensi dan Respons Dinamis MPPT.....	51
4.4	Analisis Korelasi Silang antara Variabel Lingkungan dan Keluaran Daya.....	77
4.5	Diskusi Faktor Penyebab Perbedaan Output.....	80
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>83</b>
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Keterbatasan Penelitian.....	84
5.3	Saran untuk Penelitian Selanjutnya.....	85
5.4	Implikasi hasil penelitian.....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>88</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>91</b>
	Lampiran -1 Data Hasil Pengukuran Awal.....	91



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Algoritma MPPT .....	17
Table 3.1	Spesifikasi Teknis PLTS Atap sebagai Objek Penelitian .....	27
Table 3.2	Data Sheet Panel Surya untuk kedua lokasi .....	27
Tabel 3.3	Tabel perbandingan rata-rata energi perolehan dalam kondisi OPTA dan aktual .....	38
Tabel 3.4	Tabel perbandingan rata-rata energi perolehas dalam kondisi OPTA dan aktual.....	40
Tabel 4.1	Iradiasi matahari rata-rata per jam pada kedua lokasi penelitian .....	42
Tabel 4.2	Temperatur lingkungan rata-rata per jam pada kedua lokasi penelitian.....	44
Tabel 4.3	Temperatur modul rata-rata per jam pada kedua lokasi penelitian .....	44
Tabel 4.4	Daya keluaran modul rata-rata per jam pada kedua lokasi penelitian .....	46
Tabel 4.5	Parameter rata-rata per jam pada PLTS Atap Jagakarsa.....	46
Tabel 4.6	Parameter rata-rata per jam pada PLTS Atap Depok .....	47
Tabel 4.7	Parameter rata-rata pada PLTS Atap Jagakarsa dan Depok .....	47
Tabel 4.7	Efisiensi Statis MPPT PLTS Atap Jagakarsa .....	53
Tabel 4.7	Efisiensi Statis MPPT PLTS Atap Depok .....	53
Table 4.8	Perbandingan pola iradiasi dan respon MPPT .....	55
Table 4.9	Drop rasio Pdc/G di event pertama PLTS Jagakarsa .....	57
Table 4.10	Drop rasio Pdc/G di event kedua PLTS Jagakarsa .....	58
Table 4.11	Jumping rasio Pdc/G di event ketiga PLTS Jagakarsa .....	59
Table 4.12	Jumping rasio Pdc/G di event keempat PLTS Jagakarsa .....	60
Table 4.13	Drop rasio Pdc/G di event pertama PLTS Depok.....	62
Table 4.14	Drop rasio Pdc/G di event kedua PLTS Depok .....	63
Table 4.15	Jumping rasio Pdc/G di event ketiga PLTS Depok .....	64
Table 4.16	Jumping rasio Pdc/G di event keempat PLTS Depok .....	65
Table 4.17	Hasil Perhitungan tracking loss (Eloss) .....	74
Table 4.18	Perbandingan antara dua lokasi.....	76
Table 4.19	Korelasi Silang antara variable lingkungan dan keluaran daya .....	78

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Kurva pengukuran awal output panel surya Jagakarsa dan Depok per panel (555Wp)	1
Gambar 1.2	Kurva rasio output panel surya Jagakarsa dan Depok per panel (555Wp)	2
Gambar 2.1	Skema PLTS Atap Hybrid Off Grid	6
Gambar 2.2	Pola iradiasi di wilayah tropis	8
Gambar 2.3	Kurva Karakteristik Arus-Tegangan dan Daya-Tegangan pada Sel Surya	12
Gambar 2.4	Diagram alir algoritma Perturb and Observe	13
Gambar 2.5	Kurva algoritma Perturb and Observe	14
Gambar 2.6	Kurva algoritma Incremental Conductance	15
Gambar 2.7	Diagram alir algoritma IC	16
Gambar 3.1	Instalasi PLTS Atap Jagakarsa	26
Gambar 3.2	Instalasi PLTS Atap Depok	27
Gambar 3.3	Datasheet MPPT PLTS Jagakarsa	28
Gambar 3.4	Datasheet MPPT PLTS Depok	29
Gambar 3.5	Rangkaian PLTS Jagakarsa	29
Gambar 3.6	Rangkaian PLTS Atap Depok	30
Gambar 3.7a	Pemasangan sensor temperatur pada sisi belakang (backsheet) modul surya untuk pengukuran ( $T_{mod}$ ) di PLTS Jagakarsa	31
Gambar 3.7b	Pemasangan sensor temperatur pada sisi belakang (backsheet) modul surya untuk pengukuran ( $T_{mod}$ ) di PLTS Depok	31
Gambar 3.8	Alat untuk mengukur iradiasi	32
Gambar 3.9	Rangkaian pengambilan data	33
Gambar 3.10	Format pengambilan data pada masing-masing lokasi	33
Gambar 3.11	Profil rata-rata perolehan kWh di Jagakarsa kondisi OPTA	37
Gambar 3.12	Profil rata-rata perolehan kWh di Jagakarsa kondisi aktual	37
Gambar 3.13	Profil rata-rata perolehan kWh di Depok kondisi OPTA	38
Gambar 3.14	Profil rata-rata perolehan kWh di Depok kondisi aktual	38
Gambar 4.1	Profil iradiasi matahari pada kedua lokasi penelitian	41
Gambar 4.2	Kurva temperature ambien dan modul pada kedua lokasi penelitian	43
Gambar 4.3	Daya keluaran modul pada kedua lokasi penelitian	45
Gambar 4.4	Pola iradiasi dan daya terhadap waktu di Jagakarsa	54
Gambar 4.5	Pola iradiasi dan daya terhadap waktu di Depok	54

Gambar 4.6	Kurva rasio Pdc/G di PLTS Jagakarsa .....	56
Gambar 4.7	Kurva rasio Pdc/G di PLTS Depok .....	61
Gambar 4.8	Pola Penurunan iradiasi (event ke 1) di Jagakarsa .....	66
Gambar 4.9	Pola Penurunan iradiasi (event ke 2) di Jagakarsa .....	67
Gambar 4.10	Pola kenaikan iradiasi (event ke 3) di Jagakarsa .....	68
Gambar 4.11	Pola kenaikan iradiasi (event ke 4) di Jagakarsa .....	69
Gambar 4.12	Pola penurunan iradiasi (event ke 1) di Depok .....	71
Gambar 4.13	Pola penurunan iradiasi (event ke 2) di Depok .....	72
Gambar 4.14	Pola penurunan iradiasi (event ke 3) di Depok .....	73



## DAFTAR SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Kepanjangan</b>	<b>Keterangan</b>
AC	Alternating Current	Arus bolak-balik
ANN	Artificial Neural Network	Metode berbasis jaringan saraf tiruan
CF	Capacity Factor	Faktor kapasitas pembangkit
DC	Direct Current	Arus searah
DOI	Digital Object Identifier	Identitas digital publikasi ilmiah
EAC	Energy Alternating Current	Energi keluaran sisi AC
EDC	Energy Direct Current	Energi sisi DC
GMPPT	Global Maximum Power Point Tracking	Algoritma pencarian titik daya maksimum global
GPOA	Global Plane of Array Irradiance	Iradiasi global pada bidang modul
GSA	Global Solar Radiation	Radiasi matahari global
HPOA	Horizontal Plane of Array Irradiance	Iradiasi pada bidang horizontal
IEC	International Electrotechnical Commission	Badan standar internasional bidang elektro
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Organisasi profesional dan standar teknik
INC	Incremental Conductance	Metode MPPT berbasis konduktansi inkremental
ISSN	International Standard Serial Number	Identitas publikasi jurnal
LMPP	Local Maximum Power Point	Titik daya maksimum lokal
MLPE	Module Level Power Electronics	Elektronika daya pada tingkat modul
MPPT	Maximum Power Point Tracking	Metode pelacakan titik daya maksimum
MPP	Maximum Power Point	Titik operasi dengan daya maksimum
OPTA	Optimum Tilt Angle	sudut kemiringan modul PV yang optimal terhadap bidang horizontal.
P&O	Perturb and Observe	Metode MPPT berbasis gangguan dan observasi
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya	Sistem pembangkit berbasis energi surya
PR	Performance Ratio	Rasio kinerja sistem PLTS
PV	Photovoltaic	Teknologi konversi energi surya menjadi listrik

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran -1 Data Hasil Pengukuran Awal .....91



## ABSTRAK

Wilayah tropis memiliki karakteristik iradiasi matahari yang tinggi namun disertai dengan variabilitas dan fluktuasi cepat akibat dinamika atmosfer. Kondisi ini menimbulkan tantangan terhadap kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap, khususnya pada kemampuan Maximum Power Point Tracking (MPPT) dalam mempertahankan operasi modul fotovoltaik pada titik daya maksimum. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komparatif kinerja dan respons dinamis MPPT pada dua sistem PLTS atap yang berlokasi di Jagakarsa, Jakarta Selatan dan Depok, dengan kapasitas terpasang yang diseragamkan.

Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis pengukuran lapangan empiris dengan resolusi waktu tinggi, yaitu satu detik. Data yang dikumpulkan meliputi iradiasi matahari, temperatur modul dan lingkungan, serta parameter listrik sisi arus searah (DC) pada masukan MPPT. Analisis MPPT dilakukan menggunakan pendekatan *black-box* dengan mengevaluasi parameter *tracking loss*, *overshoot*, *tracking delay*, dan *recovery time*. Kinerja energi sistem dianalisis berdasarkan indikator standar IEC 61724-1, yaitu *final yield*, *performance ratio (PR)*, dan *capacity factor (CF)*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun kedua lokasi memiliki potensi iradiasi harian yang relatif serupa, PLTS di Depok secara konsisten menghasilkan energi dan nilai PR yang lebih tinggi dibandingkan PLTS di Jagakarsa. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh variabilitas iradiasi lokal dan respons dinamis MPPT terhadap fluktuasi iradiasi cepat.

**Kata kunci:** PLTS atap, MPPT, respons dinamis, fluktuasi iradiasi, iklim tropis

## ABSTRACT

*Tropical regions are characterized by high solar irradiance accompanied by strong variability and rapid fluctuations due to dynamic atmospheric conditions. These characteristics pose significant challenges to the performance of rooftop photovoltaic (PV) systems, particularly to the ability of Maximum Power Point Tracking (MPPT) to maintain PV operation at the maximum power point. This study aims to conduct a comparative analysis of MPPT performance and dynamic response in two rooftop PV systems located in Jagakarsa, South Jakarta, and Depok, Indonesia, with equalized installed capacities.*

*The study adopts a quantitative approach based on high-resolution empirical field measurements with a temporal resolution of one second. The collected data include solar irradiance, module and ambient temperatures, and DC electrical parameters at the MPPT input. MPPT behavior is evaluated using a black-box approach by analyzing tracking loss, overshoot, tracking delay, and recovery time. Overall energy performance is assessed using IEC 61724-1 indicators, namely final yield, performance ratio (PR), and capacity factor (CF).*

*The results show that, despite similar daily irradiance potential, the rooftop PV system in Depok consistently achieves higher energy yield and PR than the system in Jagakarsa. These differences are mainly influenced by local irradiance variability and the dynamic response of MPPT under rapid irradiance fluctuations.*

**Keywords:** *Rooftop photovoltaic system, MPPT, dynamic response, irradiance fluctuation, tropical climate*