

**PENGARUH *SOILING* KERING DAN BASAH TERHADAP
EFISIENSI PANEL SURYA MONOKRISTALIN DAN
POLIKRISTALIN PADA PENGUJIAN *INDOOR*
TERKONTROL (TROPIS LEMBAP)**

TESIS

**OLEH
ASEP MULA KURNIA
2305190017**



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

**PENGARUH *SOILING* KERING DAN BASAH TERHADAP
EFISIENSI PANEL SURYA MONOKRISTALIN DAN
POLIKRISTALIN PADA PENGUJIAN *INDOOR*
TERKONTROL (TROPIS LEMBAP)**

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

ASEP MULA KURNIA

2305190017



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



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asep Mula Kurnia
NIM : 2305190017
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Peminatan : Energi Terbarukan

Dengan ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul “PENGARUH *SOILING* KERING DAN BASAH TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA MONOKRISTALIN DAN POLIKRISTALIN PADA PENGUJIAN *INDOOR* TERKONTROL (TROPIS LEMBAP)” 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 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, 06 Juni 2026



Asep Mula Kurnia



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PASCASARJANA TEKNIK ELEKTRO**

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TESIS

**PENGARUH *SOILING* KERING DAN BASAH TERHADAP EFISIENSI
PANEL SURYA MONOKRISTALIN DAN POLIKRISTALIN PADA
PENGUJIAN *INDOOR* TERKONTROL (TROPIS LEMBAP)**

Oleh:

Nama : Asep Mula Kurnia
NIM : 2305190017
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Peminatan : Energi Terbarukan

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

Jakarta, 06 Juni 2026

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

DR. Rismen Sinambela, S.T., M.T, IPM
NIDN : 0317116903

Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.
NIDN : 0327046205

Ketua Program Studi

Magister Teknik Elektro

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

Direktur

Program Pascasarjana

Prof. Dr. dr. Bernadetha Nadeak, M.Pd., PA



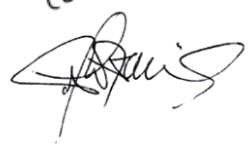
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TESIS

Pada Tanggal 06 Juni 2026 telah diselenggarakan Sidang Tesis untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Magister Teknik pada program studi Pascasarjana Magister Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia, atas nama :

Nama : Asep Mula Kurnia
NIM : 2305190017
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Peminatan : Energi Terbarukan

Dengan Tesis berjudul **“PENGARUH SOILING KERING DAN BASAH TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA MONOKRISTALIN DAN POLIKRISTALIN PADA PENGUJIAN INDOOR TERKONTROL (TROPIS LEMBAP)”** Oleh Tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Dr. Ichsan, S.T., B.Sc (H), M.Sc	Sebagai Ketua	
2. Dr. Rismen Sinambela, S.T., M.T., IPM	Sebagai Anggota	
3. Drs Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.	Sebagai Anggota	

Jakarta, 06 Juni 2026



PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Asep Mula Kurnia

NIM : 2305190017

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Peminatan : Energi Terbarukan

Judul Tesis : PENGARUH *SOILING* KERING DAN BASAH TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA MONOKRISTALIN DAN POLIKRISTALIN PADA PENGUJIAN *INDOOR* TERKONTROL (TROPIS LEMBAP)

Menyatakan bahwa: :

1. Tesis 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. Tesis 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 dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Jakarta, 06 Juni 2026



Asep Mula Kurnia

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, kasih dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “PENGARUH *SOILING* KERING DAN BASAH TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA MONOKRISTALIN DAN POLIKRISTALIN PADA PENGUJIAN *INDOOR* TERKONTROL (TROPIS LEMBAP)”

Penelitian ini dibuat dan disusun sebagai tesis penulis, serta sebagai syarat yang harus dipenuhi guna menempuh Sidang Ujian Magister serta untuk mendapatkan gelar Magister Teknik (M.T.) pada Program Studi Teknik Elektro, Magister Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia (MTE UKI). Dalam penyusunan tesis ini, penulis juga menyadari tidak sedikit kendala dan halangan yang dihadapi penulis. Penulis juga menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan yang disebabkan keterbatasan kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Namun berkat bantuan dan kontribusi dari berbagai pihak maka penulisan dan penyusunan tesis ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

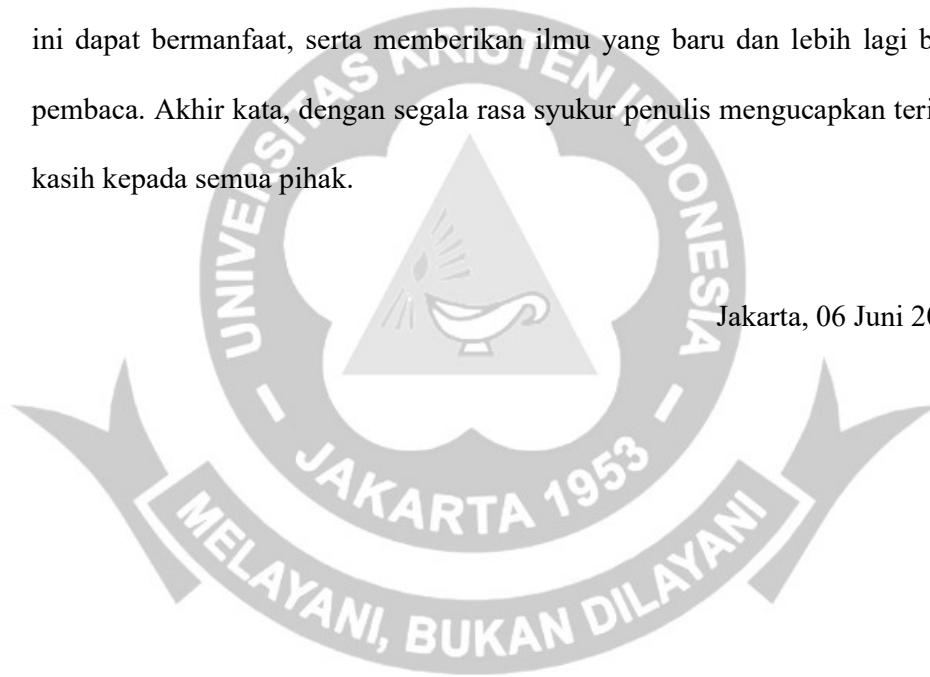
Selama belajar Magister Teknik Elektro, MTE UKI, penulis mendapat banyak ilmu dalam pelajaran yang bermanfaat bagi kehidupan serta wawasan penulis. Dalam proses pembuatan tesis ini, penulis banyak dibantu, dan diberi arahan, dukungan, serta semangat oleh orang-orang disekitar penulis, Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Subhanahu Wata'ala Tuhan Yang Maha Esa yang sudah mengizinkan penulis untuk belajar menimba ilmu di UKI, dan dengan izin -Nya juga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
2. Orang tua tercinta : Bapak Pedi Asmedi dan Ibu Eti Suheti yang sudah sangat sabar memberikan dukungan baik moril, materil maupun spiritual agar penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik dan lancar. Tidak lupa juga untuk istri dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan moral dan material selama proses penyusunan tesis.
3. Prof. Angel Damayanti, S.IP., M.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Kristen Indonesia.
4. Prof. Dr. dr. Bernadetha Nadeak, M.Pd. selaku Direktur Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia.
5. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D selaku Kepala Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia, sekaligus Dosen Pembimbing II yang selalu mendukung dan memberikan arahan, masukan, motivasi serta semangat bagi penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
6. DR. Rismen Sinambela, S.T., M.T., IPM selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar selalu memberikan waktu, nasihat, dan dukungan dalam membimbing penulis menyelesaikan tesis ini.
7. Seluruh dosen Program Magister Teknik Elektro dan seluruh staf, Universitas Kristen Indonesia yang ikut serta membantu memberikan dukungan dan bantuan dalam penulisan tesis ini. Tanpa bantuan para beliau penulis tidak bisa menyelesaikan tesis ini dengan baik, semoga ilmu dan pengalaman yang

diberikan dapat didedikasikan untuk kesuksesan penulis di hari-hari yang akan datang.

8. Teman-teman mahasiswa MTE UKI 2024. Terima kasih untuk setiap kenangan, kebersamaan, pelajaran dan pengalaman yang telah dilalui bersama-sama selama ini, serta selalu mendukung satu sama lain.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini. Kiranya penelitian ini dapat bermanfaat, serta memberikan ilmu yang baru dan lebih lagi bagi pembaca. Akhir kata, dengan segala rasa syukur penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak.

Jakarta, 06 Juni 2026



DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TESIS.....	ii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TESIS	iii
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Perumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
1.6.1 Manfaat Teoretis.....	6
1.6.2 Manfaat Praktis.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	7
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Panel Surya Fotovoltaik (PV).....	10

2.2.1 Prinsip Kerja Modul PV	10
2.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi PV	12
2.2.3 Panel Surya Monokristalin dan Polikristalin	12
2.2.4 Karakteristik Modul PV	18
2.3 <i>Soiling</i> Pada Panel Surya	21
2.3.1 Definisi dan Jenis-Jenis <i>Soiling</i>	22
2.3.2 Mekanisme <i>Soiling</i> pada Panel Surya	23
2.3.3 Dampak <i>Soiling</i> terhadap Kinerja Panel Surya	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Lokasi Penelitian	30
3.3 Metode Pengumpulan Data	33
3.3.1 Prosedur Pengambilan Data	33
3.3.2 Prosedur <i>Soiling</i>	35
3.3.3 Spesifikasi dan Validasi Instrumen	38
3.4 Metode Analisis Data	39
3.4.1 Analisis Daya dan Efisiensi Panel Surya	39
3.4.2 Analisis <i>Soiling-loss</i>	40
3.4.3 Analisis Kurva I-V	41
3.4.4 Validasi Hasil Penelitian	41
3.5 Instrumen Penelitian	42
3.5.1 Desain dan Konfigurasi Eksperimen	43
3.5.2 Perangkat Keras (Hardware)	45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	49

4.1 Gambaran Umum Hasil Penelitian	49
4.2 Hasil Pengukuran Kondisi Awal Panel Surya	50
4.2.1 Data Awal Panel Monokristalin dan Polikristalin	51
4.3 Hasil Pengujian <i>Soiling</i> Kering pada Panel Surya.....	52
4.3.1 Pengaruh <i>Soiling</i> Kering terhadap Kinerja Panel Surya.....	53
4.3.2 Pengaruh <i>Soiling</i> Basah terhadap Kinerja Panel Surya	63
4.3.3 Analisis Perbandingan Panel Monokristalin dan Polikristalin	70
4.4 Pembahasan Hasil Penelitian.....	78
4.5 Kesesuaian Hasil dengan Rumusan Masalah	79
4.6 Kesesuaian Hasil dengan Penelitian Terdahulu.....	84
4.7 Implikasi Penelitian terhadap Aplikasi di Wilayah Tropis Lembap.....	85
4.8 Ringkasan Hasil Penelitian	86
BAB V PENUTUP.....	87
5.1 Kesimpulan.....	87
5.2 Saran	88
5.3 Keterbatasan Penelitian	89
DAFTAR PUSTAKA	91

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian.....	30
Tabel 3. 2 Perlakuan Eksperimen Penelitian	38
Tabel 3. 3 Spesifikasi Instrumen.....	38
Tabel 3. 4 Daftar Instrumen Penelitian	43
Tabel 4. 1 Data Kondisi Awal Panel Surya	52
Tabel 4. 2 Karakteristik Panel Surya pada <i>Soiling</i> Kering 2 gram	54
Tabel 4. 3 Efisiensi pada <i>Soiling</i> Kering 2 gram	56
Tabel 4. 4 Karakteristik Panel Surya pada <i>Soiling</i> Kering 5 gram	58
Tabel 4. 5 Efisiensi Panel Surya pada <i>Soiling</i> Kering 5 gram	60
Tabel 4. 6 Karakteristik Panel Surya pada <i>Soiling</i> Kering 10 gram	61
Tabel 4. 7 Efisiensi Panel Surya pada <i>Soiling</i> Kering 10 gram	62
Tabel 4. 8 Karakteristik Panel Surya pada <i>Soiling</i> Basah 5 mL	64
Tabel 4. 9 Efisiensi Panel Surya pada <i>Soiling</i> Basah 5 mL	65
Tabel 4. 10 Karakteristik Panel Surya pada <i>Soiling</i> Basah 10 mL	66
Tabel 4. 11 Efisiensi Panel Surya pada <i>Soiling</i> Basah 10 mL	68
Tabel 4. 12 Karakteristik Panel Surya pada <i>Soiling</i> Basah 20 mL	69
Tabel 4. 13 Efisiensi Panel Surya pada <i>Soiling</i> Basah 20 mL	70
Tabel 4. 14 Perbandingan Daya Panel Surya dengan Variasi Tingkat <i>Soiling</i>	71
Tabel 4. 15 Perbandingan Efisiensi Panel Surya dengan Variasi Tingkat <i>Soiling</i>	73
Tabel 4. 16 Nilai <i>Soiling-loss</i> pada Setiap Perlakuan	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Proses Terjadinya Listrik Pada Sel PV.....	11
Gambar 2. 2 (a) Sel Surya Monokristalin; (b) Modul Surya Monokristalin.....	14
Gambar 2. 3 (a) Sel Surya Polikristal; (b) Modul Surya Polikristal	16
Gambar 2. 4 Perbandingan struktur (a) monokristalin vs (b) polikristalin	17
Gambar 2. 5 Spesifikasi Panel Surya 50 Wp	19
Gambar 2. 6 Grafik I-V PV Modul dengan Pmax 50 Wp.....	20
Gambar 2. 7 Karakteristik Non-linier Kurva I-V PV, a) Intensitas arus modul panel PV berkurang seiring dengan berkurangnya irradiansi matahari; b) Tegangan modul panel surya turun seiring dengan suhu, begitu pula daya.....	21
Gambar 2. 8 Skema visual dua mekanisme utama <i>soiling</i> pada panel surya	23
Gambar 2. 9 <i>Hot Spots</i> Panel Surya.....	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Sistem Pengujian Panel Surya Monokristalin dan Polikristalin Berbasis <i>Indoor</i>	32
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Prosedur Pengambilan Data Penelitian	35
Gambar 3. 3 Blok Diagram Rangkaian Monitoring.....	44
Gambar 3. 4 Menu Modbus Poll.....	45
Gambar 3. 5 Spesifikasi Panel surya Monokristalin dan Polikristalin.....	46
Gambar 3. 6 <i>Solar Charge Controller</i> MPPT	47
Gambar 3. 7 Alat Pengujian.....	48
Gambar 4. 1 Gambar Panel Bersih.....	50
Gambar 4. 2 Grafik hasil pengukuran awal	51
Gambar 4. 3 Gambar Panel Surya dengan <i>soiling</i> kering	53
Gambar 4. 4 Grafik Tegangan, Arus, dan Daya pada <i>Soiling</i> Kering 2 gram	55

Gambar 4. 5 Grafik Tegangan, Arus, dan Daya pada <i>Soiling</i> Kering 5 gram	58
Gambar 4. 6 Grafik Tegangan, Arus, dan Daya pada <i>Soiling</i> Kering 10 gram	61
Gambar 4. 7 Foto Pengujian Panel surya dengan <i>soiling</i> basah	63
Gambar 4. 8 Grafik Tegangan, Arus, dan Daya pada <i>Soiling</i> Basah 5 mL	65
Gambar 4. 9 Grafik Tegangan, Arus, dan Daya pada <i>Soiling</i> Basah 10 mL	67
Gambar 4. 10 Grafik Tegangan, Arus, dan Daya pada <i>Soiling</i> Basah 20 mL	70
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Daya Panel Surya dengan Variasi Tingkat <i>Soiling</i>	71
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Efisiensi Panel Surya dengan Variasi Tingkat <i>Soiling</i>	74
Gambar 4. 13 Grafik <i>Soiling-loss</i> pada <i>Soiling</i> kering	76
Gambar 4. 14 Grafik <i>Soiling-loss</i> pada <i>Soiling</i> Basah.....	77
Gambar 4. 15 Kurva I–V Panel Monokristalin pada Variasi Kondisi <i>Soiling</i>	80
Gambar 4. 16 Kurva I–V Panel Polikristalin pada Variasi Kondisi <i>Soiling</i>	81
Gambar 4. 17 Perbandingan Karakteristik I–V Panel Monokristalin dan Polikristalin pada Variasi Kondisi <i>Soiling</i>	81
Gambar 4. 18 Kurva P–V Panel Monokristalin pada Variasi Kondisi <i>Soiling</i>	82
Gambar 4. 19 Kurva P–V Panel Polikristalin pada Variasi Kondisi <i>Soiling</i>	82
Gambar 4. 20 Perbandingan Karakteristik P–V Panel Monokristalin dan Polikristalin pada Variasi Kondisi <i>Soiling</i>	83

DAFTAR SINGKATAN

STC	<i>Standard Test Conditions</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
PLTS	<i>Pembangkit Listrik Tenaga Surya</i>
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
ESDM	<i>Energi dan Sumber Daya Mineral</i>
I-V	<i>Current-Voltage Characteristic Curve</i>
P-V	<i>Power-Voltage Characteristic Curve</i>
PM2.5	<i>Particulate Matter 2.5</i>
PM10	<i>Particulate Matter 10</i>
DC	<i>Direct Current</i>
Voc	<i>Open Circuit Voltage</i>
Isc	<i>Short Circuit Current</i>
SCC	<i>Solar Charge Controller</i>
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
MPP	<i>Maximum Power Point</i>
Wp	<i>Watt-peak</i>
W	<i>Watt</i>
Vmp	<i>Voltage at Maximum Power Point</i>
Imp	<i>Current at Maximum Power Point</i>
Pmax	<i>Power at Maximum Power Point</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
FF	<i>Fill Factor</i>
RH	<i>Relative Humidity</i>
PV	<i>Photovoltaic</i>

ABSTRAK

Peningkatan pemanfaatan sistem fotovoltaik di Indonesia menghadapi tantangan berupa penurunan kinerja panel surya akibat fenomena *soiling*, yaitu akumulasi debu dan kontaminan pada permukaan modul yang menghambat transmisi radiasi matahari ke sel fotovoltaik. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh *soiling* terhadap efisiensi panel surya monokristalin dan polikristalin serta membandingkan sensitivitas kedua jenis panel terhadap kontaminasi permukaan pada kondisi tropis lembap. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif berbasis laboratorium (*Indoor*) menggunakan dua modul fotovoltaik berkapasitas 50 Wp. Pengujian dilakukan dengan sumber cahaya buatan berupa lampu halogen 1000 W pada kondisi *soiling* kering dan *soiling* basah. Variasi *soiling* kering diberikan dalam massa 2 gram, 5 gram, dan 10 gram, sedangkan *soiling* basah diberikan melalui penyemprotan air sebanyak 5 mL, 10 mL, dan 20 mL. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan, arus, daya keluaran, efisiensi, serta karakteristik kurva I–V dan P–V. Penggunaan lampu halogen dalam penelitian ini tidak dimaksudkan sebagai *solar simulator* yang memenuhi standar IEC 60904-9, sehingga nilai efisiensi yang diperoleh merupakan efisiensi relatif pada kondisi pengujian yang terkontrol. Namun demikian, perbandingan kinerja antarvariasi *soiling* tetap valid karena intensitas pencahayaan dan kondisi pengujian dijaga konstan selama eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tingkat *soiling* menyebabkan penurunan daya keluaran dan efisiensi pada kedua jenis panel surya. Penurunan performa terbesar terjadi pada kondisi *soiling* kering akibat terhambatnya transmisi radiasi oleh lapisan debu yang menutupi permukaan modul. Sebaliknya, *soiling* basah menunjukkan kinerja yang relatif lebih baik karena keberadaan lapisan air tipis dapat mengurangi efek hamburan cahaya. Penelitian ini memberikan informasi mengenai pengaruh kontaminasi permukaan terhadap karakteristik listrik dan performa panel surya serta dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan pada kondisi lapangan yang sebenarnya.

Kata kunci: *soiling*, panel surya monokristalin, panel surya polikristalin, efisiensi fotovoltaik, iklim tropis lembap, PLTS.

ABSTRACT

The increasing utilization of photovoltaic systems in Indonesia faces challenges related to the decline in solar panel performance caused by soiling, which refers to the accumulation of dust particles and contaminants on the module surface that obstruct the transmission of solar radiation to photovoltaic cells. This study aims to analyze the effect of soiling on the efficiency of monocrystalline and polycrystalline solar panels and to compare the sensitivity of both panel types to surface contamination under humid tropical conditions. A quantitative experimental method was employed using two 50 Wp photovoltaic modules in a controlled laboratory (Indoor) environment. Testing was conducted using a 1000 W halogen lamp as an artificial light source under dry and wet soiling conditions. Dry soiling was applied at masses of 2 g, 5 g, and 10 g, while wet soiling was introduced through water spraying volumes of 5 mL, 10 mL, and 20 mL. The analyzed parameters included voltage, current, output power, efficiency, and the characteristics of I–V and P–V curves. The halogen lamp used in this study was not intended to function as a solar simulator compliant with IEC 60904-9 standards; therefore, the efficiency values obtained represent relative efficiency under the specific testing conditions rather than absolute efficiency under Standard Test Conditions (STC). Nevertheless, performance comparisons among different soiling levels remain valid because the illumination intensity and testing conditions were maintained constant throughout the experiments. The results indicate that increasing soiling levels lead to reductions in output power and efficiency for both types of solar panels. The most significant performance degradation occurred under dry soiling conditions due to the obstruction of solar radiation transmission by the dust layer covering the module surface. In contrast, wet soiling conditions exhibited relatively better performance because the presence of a thin water layer helped reduce light scattering effects on the panel surface. This study provides insights into the influence of surface contamination on the electrical characteristics and performance of solar panels and may serve as a reference for further field-based investigations under actual operating conditions.

Keywords: *soiling, monocrystalline solar panel, polycrystalline solar panel, photovoltaic efficiency, humid tropical climate, photovoltaic power plant (PV system).*