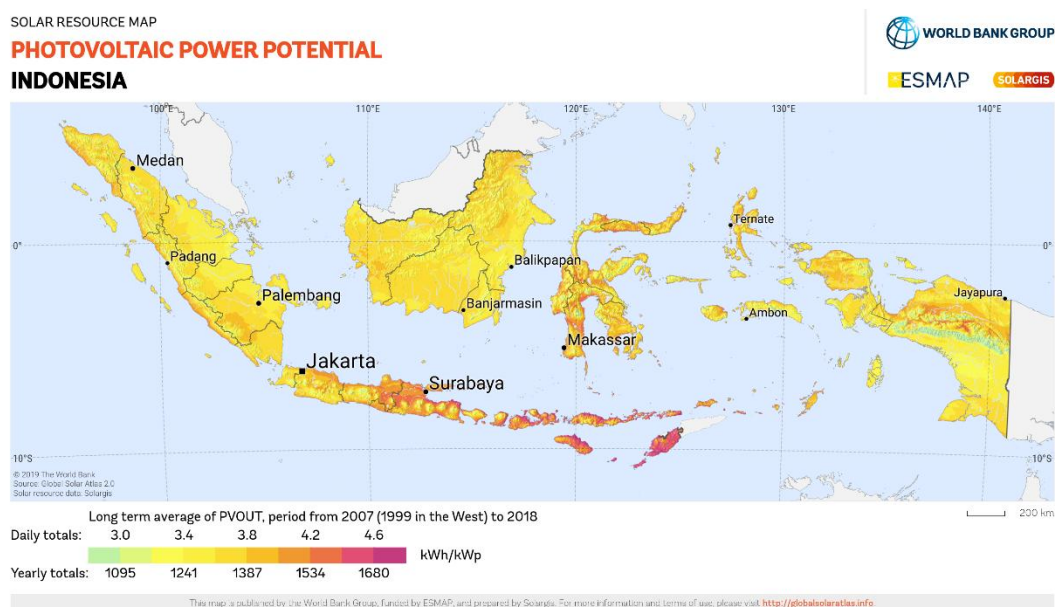


BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia melalui UU No 16 tahun 2016 telah meratifikasi Paris Agreement terkait target perubahan iklim global yang mengikat secara hukum. Dengan demikian, negara harus memprioritaskan upaya untuk mengurangi emisi GRK secara signifikan dan membatasi kenaikan global suhu di bawah 1.5° C terhadap tingkat pra-industri. Hal ini sejalan dengan upaya peningkatan porsi energi terbarukan yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional serta Peraturan Presiden No 22 tahun 2017 tentang rencana umum energi nasional yang menargetkan bauran energi terbarukan paling sedikit 23 % pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2050 (Perpres No 22, 2017).

Sumber daya energi terbarukan akan menjadi sumber energi utama, salah satu sumber energi terbarukan yang perkembangannya cukup pesat di dunia adalah energi surya (Bonkaney, Madougou and Adamou, 2017). Posisi Indonesia sebagai negara beriklim tropis yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun dan kekayaan alam pasir silika merupakan anugerah yang harus dioptimalkan. Potensi pengembangan energi surya sangat besar, tercatat Indonesia memiliki potensi energi surya sebesar 207.898 MW (4.80 kWh/ m²/hari).



Gambar 1. Peta Sebaran Potensi Surya Di Indonesia (solargis.com,2022)

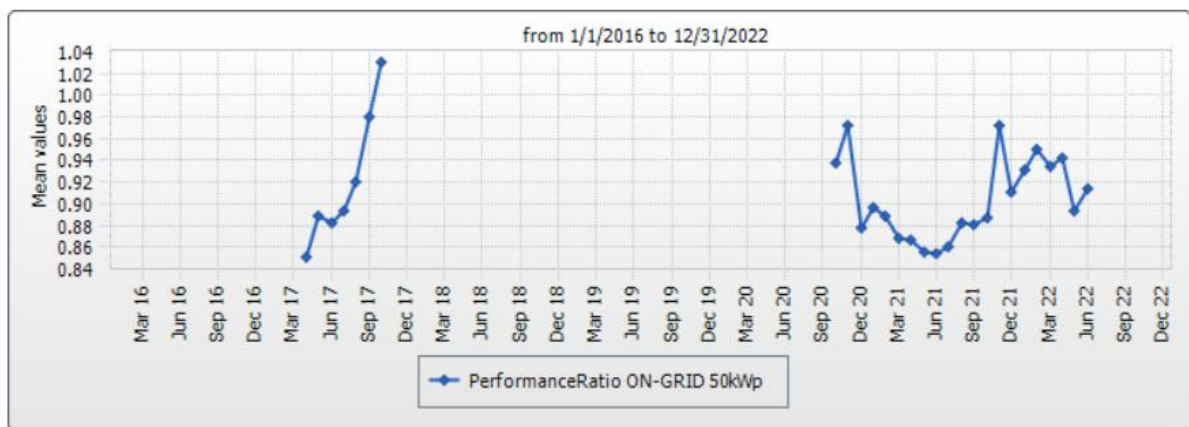
Salah satu indikator kinerja sistem PLTS adalah *Performance Ratio* (PR) yang dihitung berdasarkan data realisasi output terhadap nilai output yang diharapkan pada saat perencanaan, semakin baik performance sistem tentunya akan berdampak pada semakin optimalnya output PLTS, sehingga dengan demikian akan berkontribusi positif terhadap aspek finansial sistem PLTS yang lebih kompetitif.

PLTS UPDL Makassar berkapasitas 50 kWp merupakan PLTS on Grid sistem yang beroperasi sejak tahun 2016 hingga saat ini yang dimanfaatkan untuk kebutuhan pemakaian sendiri serta menjadi salah satu modul peraga untuk pembelajaran PLTS.



Gambar 2. Gambaran Modul Surya PLTS on Grid 50 kWp UPDL Makassar

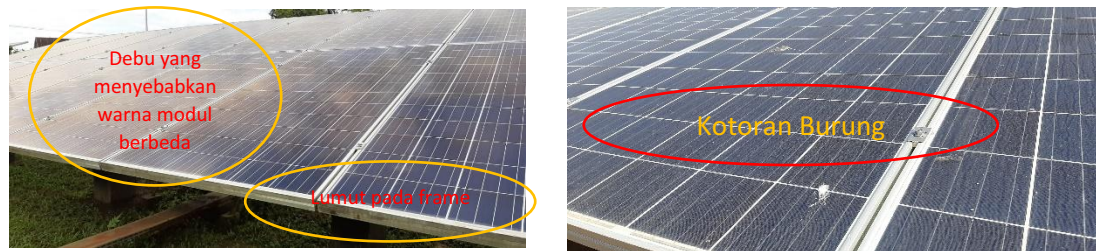
Dalam perencanaan, sistem ini diharapkan mampu beroperasi selama 25 tahun, meskipun hingga saat ini PLTS ini beroperasi secara normal tanpa adanya kerusakan signifikan, namun berdasarkan data terdapat kondisi pengukuran yang tidak terecord dalam periode yang cukup lama yakni hingga akhir tahun 2020 sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Gambaran kondisi pengukuran PLTS UPDL Makassar (Sunnyportal.com)

Berdasarkan hasil inspeksi pemeliharaan PLTS, terdapat berbagai permasalahan pada permukaan modul surya yang disebabkan oleh faktor eksternal seperti faktor debu, kotoran burung, lumut yang disebabkan oleh pemeliharaan permukaan modul yang tidak dilakukan secara rutin dan terencana, sehingga berakibat pada tidak maksimalnya penerimaan cahaya

matahari pada permukaan modul yang menghambat modul dalam memamen energi serta dapat berdampak pada kerusakan modul surya akibat pengotoran pada permukaan modul surya seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 Kondisi permukaan modul PLTS 50 kWp PLN UPDL Makassar

Selain itu, pemeliharaan modul PLTS di UPDL Makassar dilakukan secara manual dengan metode basah, sehingga membutuhkan usaha yang maksimal dalam melakukan pemeliharaan, hal ini tidak didukung oleh jadwal pemeliharaan rutin, baik rentang waktu, metode maupun personel yang bertanggung jawab secara langsung terhadap kebersihan permukaan modul PLTS. Oleh karena itu berdasarkan data diatas, penting untuk melakukan penelitian terkait pemeliharaan permukaan modul surya pada PLTS 50 kWp untuk memberikan gambaran metode dan frekuensi pemeliharaan yang cocok berdasarkan karakteristik sistem dan lokasi PLTS sehingga diperoleh pola yang efisien dan ekonomis untuk mendukung peningkatan *performance ratio* PLTS.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, tingkat *performance ratio* masih rendah salah satunya disebabkan oleh kondisi lingkungan sekitar PLTS yang memberikan dampak terhadap pengotoran permukaan modul surya, akumulasi debu pada permukaan kaca modul menghambat tranmisi radiasi matahari yang sampai pada sel surya, sehingga menyebabkan penurunan kinerja PLTS, pengotoran permukaan modul disebabkan oleh berbagai faktor seperti tingkat polutan lokasi PLTS dan faktor iklim, oleh sebab itu rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana dampak pengotoran permukaan modul terhadap output PLTS UPDL Makassar?
2. Bagaimana rentang waktu pemeliharaan permukaan modul PLTS UPDL Makassar yang efektif?

3. Bagaimana metode pemeliharaan permukaan modul PLTS UPDL Makassar yang efektif?
4. Berapa biaya pemeliharaan permukaan modul surya PLTS UPDL Makassar yang optimal?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk meningkatkan performance ratio sistem PLTS

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dampak pengotoran permukaan modul surya terhadap kinerja PLTS
2. Menganalisis rentang waktu pemeliharaan permukaan modul surya yang tepat sesuai lokasi PLTS
3. Menganalisis metode pemeliharaan permukaan modul surya yang tepat sesuai lokasi PLTS
4. Menganalisis biaya pemeliharaan permukaan modul surya PLTS yang optimal

I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan rekomendasi pola pemeliharaan permukaan modul surya yang efektif sesuai dengan kondisi lokasi, sehingga PLTS dapat beroperasi secara optimal sesuai perencanaan *lifetime* sistem.

I.5 Pembatasan Masalah

Penelitian ini dilakukan pada PLTS UPDL Makassar On Grid Sistem berkapasitas 50 kWp, dengan melakukan analisis terhadap kondisi permukaan modul surya dengan intervensi rentang waktu dan metode pemeliharaan permukaan modul baik secara manual dan natural yang dilakukan dalam periode September-Oktober 2022.

I.6 Orisinalitas Penelitian

Tabel 1 Ringkasan penelitian terdahulu

No	Peneliti/Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
1	M. Al-Housani, Y. Bicer dan M. Koç (2019)	Assessment of Various Dry Photovoltaic Cleaning Techniques and Frequencies on the Power Output of CdTe-Type Modules in Dusty Environments	Hasilnya menunjukkan bahwa wiper berbasis microfiber & penyedot debu adalah metode pembersihan yang efektif dengan peningkatan sekitar 6% untuk periode mingguan dibandingkan dengan panel kontrol di antara metode yang dipertimbangkan.	AL Housani dkk meneliti jenis modul thin film, dan hanya melakukan percobaan secara individual modul surya.
2	S. Semaoui, K. Abdeladim, B. Taghezouit, A. Hadj Arab, A. Razagui, S. Boulahchiche, S. Bouacha, A. Gherbi, S. Bacha (2019)	Experimental investigation of soiling impact on grid connected PLTS Power	Kotoran dapat secara signifikan meminimalkan produksi listrik siang hari, untuk periode paparan satu setengah bulan setelah pembersihan terakhir.	Peneliti hanya melakukan pembersihan modul setiap hari untuk membandingkan dampak pengotoran pada modul surya
3	K. Chiteka, R. Arora, S.N.Sridhara, C.C.Enweremadu (2020)	A novel approach to Solar PLTS cleaning frequency optimization Forsoilingmitigation	Pengotoran sangat tergantung pada kondisi cuaca harian. Pengotoran tinggi selama periode Juli sampai November dan kurang pada Mei dan Juni. Pembersihan diperlukan setiap 15 hari untuk meminimalkan kerugian.	Peneliti hanya menggunakan pendekatan untuk mengoptimasi interval waktu pemeliharaan berdasarkan energi output dan ekspektasi energi
4	A. Juaidi, H. H. Muhammad, R. Abdallah, R.	Experimental validation of dust impact on-grid	Skenario terburuk adalah membiarkan panel Fotovoltaik	Peneliti telah mengamati frekuensi

	Abdalhaq, A. Albatayneh, F. Kawa (2022)	connected PLTS system performance in Palestine: An energy nexus perspective	tidak dibersihkan selama tujuh bulan berturut-turut, yang mengakibatkan penurunan daya sebesar 9,99% dan pengurangan daya rata-rata sebesar 2,93 % per bulan	pemeliharaan, namun tidak detail dalam menjelaskan terkait teknologi automatic cleaning system
5	S. Ekici, D. Gurbuz, B. B. Ekici (2017)	Investigating the effect of dust and dirt on PV output energy	Keluaran PLTS yang diukur menunjukkan bahwa akumulasi kotoran pada permukaan PLTS menurunkan energi keluaran sistem secara signifikan. Selain itu, penelitian ini memberikan beberapa petunjuk kepada pengguna PLTS tentang periode waktu pembersihan modul PLTS.	Penelitian menitikberatkan pada dampak pembersihan modul pada kondisi horizontal dan kondisi tilt angle sebesar 30 derajat tanpa mempertimbangkan metode pemeliharaan
6	B. Aboagye, S. Gyamfi, E. A. Ofosu, S. Djordjevic. (2022)	Investigation into the impacts of design, installation, operation and maintenance issues on performance and degradation of installed solar photovoltaic (PLTS) systems	Lebih dari 70% sistem dipasang tanpa akses mudah ke panel untuk diperiksa dan pembersihan. Akibatnya, modul ini terdegradasi lebih cepat daripada modul yang sering dibersihkan. Itu 37.5% dari sistem yang mengalami pemeliharaan preventif mengalami penurunan sebesar 1.38%/tahun sedangkan sisanya 62.5% mengalami pemeliharaan responsif (dipelihara hanya jika terjadi masalah) terdegradasi sebesar 1.61%/tahun. Pengabaian prosedur yang tepat oleh penginstal	Penelitian menitikberatkan pada survey dampak termasuk isu pemeliharaan PLTS, namun tidak melakukan observasi secara detail terkait metode dan frekuensi pemeliharaan

			<p>menyebabkan sistem menghasilkan keluaran daya rendah dari yang dijanjikan oleh pemasang. Operasi yang tidak tepat dan praktik pemeliharaan seperti kelebihan sistem dengan peralatan yang tidak sesuai, pengosongan baterai yang berlebihan, naungan panel dan kurangnya pembersihan rutin menghasilkan output daya rendah, tingkat degradasi tinggi, dan kerusakan komponen. Ketidakpuasan dengan kinerja sistem membuat pemilik sistem enggan untuk mengganti komponen yang rusak, yang menyebabkan ditinggalkannya beberapa sistem.</p>	
--	--	--	---	--

Tabel 2 Perbandingan studi metode dan Frekuensi Pemeliharaan

Judul	lokasi	Jumlah panel	Jenis Penelitian	Metode Pemeliharaan						Frekuensi Pemeliharaan			
				MC	NC	WDC	MeC	CO	D	W	M		
Assessment of Various Dry Photovoltaic Cleaning Techniques and Frequencies on the Power Output of CdTe-Type Modules in Dusty Environments	Doha, Qatar	5	studi kasus	V	V	V	V	-	-	V	V	V	V
Experimental Investigation of Effect of Environmental Variables on Performance of Solar Photovoltaic Module	Poornima University, Jaipur	2	studi kasus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A novel approach to Solar PV cleaning frequency optimization forsoiling mitigation	Muzarabani, Zimbabwe	9	studi kasus dan simulasi	V	V	-	-	-	-	-	-	-	V
Experimental validation of dust impact on-grid connected PV system performance in Palestine: An energy nexus perspective	Nablus city, Palestina	36	studi kasus	-	-	-	V	-	-	-	-	V	V
Investigating The Effect Of Dust And Dirt On Pv Output Energy	Elazig city, Turkey	8	studi kasus	-	-	-	-	-	-	V	V	V	V
Impact of dust ingredient on photovoltaic performance: An experimental study	Iraq		studi kasus	-	V	-	-	-	-	-	-	-	V

Judul	lokasi	Jumlah panel	Jenis Penelitian	Metode Pemeliharaan						Frekuensi Pemeliharaan			
				MC	NC	WDC	MeC	CO	D	W	M		
Experimental study for the effect of dust cleaning on the performance of grid-tied photovoltaic solar systems	Bagdad, Iraq	72	studi kasus	-	-	-	V	-	-	-	-	-	V
Experimental Evaluation of the Effect of Inclination and Dust Deposition on Production Capacity of Photovoltaic Installations in West African Nations: Case Study in Mali Drame	Mali Drame	2	studi kasus	-	-	-	-	-	-	V	-	-	-
Dust Removal from Solar PV Modules by Automated Cleaning Systems	Jeddah,	24	studi kasus	-	-	-	V	-	-	-	-	V	-
Optimized Cleaning Cost and Schedule Based on Observed Soiling Conditions for Photovoltaic Plants in Central Saudi Arabia	Central Saudi Arabia	12	studi kasus	-	-	-	-	-	-	-	V	V	V
Penelitian saat ini	Makassar, Indonesia	160	studi kasus	V	V	V	-	V	V	V	V	V	V

Keterangan:

MC: Manual Cleaning

NC: Natural Cleaning

WDC: Water Dependent Cleaning

MeC: Mechanized Cleaning

CO: Metode Kombinasi