

Analisa Pengaruh Aerosol Of Depth (AOD), Temperature, Iradiasi Matahari Pada Panel Surya Terhadap Rancang Bangun Sistem PLTS

Taufiqi Arrais¹, Heru Suwoyo^{2,*}

¹Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

²Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*heru.suwoyo@mercubuana.ac.id

Abstrak— PLTS adalah salah satu energi terbarukan saat ini. 50% dari energi terbarukan berasal dari tenaga surya. Jenis PLTS ada 3 yaitu On – Grid, Off – Grid, Hybrid. Selain itu dalam operasionalnya terdapat faktor pengganggu dalam PLTS ini yakni, Faktor Temperatur dan Iradiasi Matahari. Total iradiasi matahari yang sampai di permukaan bumi sebesar $5,967 \times 10^7$ kWh/m², sedangkan data indeks Aerosol pada lapisan bumi sebesar 0,1 hingga 0,5 per hari. Temperatur di kota Surabaya mulai dari 22°C – 30°C. Dalam pengaruh Iradiasi matahari terdapat AOD, *Aerosol Optical Depth* (AOD) adalah Aerosol yang terdapat di udara menjadi pengganggu di Iradiasi matahari. AOD dapat disebabkan oleh kebakaran hutan, polutan udara dan gunung Meletus. Dalam mengetahui pengaruh AOD dan Iradiasi matahari diperlukan Analisa regresi dan korelasi dimana selanjutnya dari data tersebut di buat sebuah permodelan simulasi pada matlab untuk menentukan penurunan persentase akibat AOD terhadap Solar Panel. Ditemukan bahwa korelasi antara temperature dan keluaran daya solar panel sebesar 98%, Iradiasi Matahari dan keluaran solar panel 94%, temperature dan iradiasi matahari 92%, AOD dan Iradiasi Matahari 94%. Pada permodelan regresi dapat ditemukan permodelannya adalah $Y = 48,764x + 6,0609$. dimana nilai *R square* sebesar 0,9473 Selain itu dengan pengambilan data dilakukan ditemukan dampak AOD dapat mengurangi performansi PV mulai dari 7% hingga 9,5%. Sehingga dari kesimpulan ini penempatan lokasi PLTS di daerah Surabaya dampak AOD tidak lebih dari 10%.

Kata Kunci—AOD, PLTS, Iradiasi Matahari, Temperatur

DOI: 10.22441/jte.2024.v15i3.008

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS merupakan energi alternative saat ini. Dari 400.000 Mw sebaran energi terbarukan 200.000 Mw diantaranya adalah berasal dari Tenaga Surya. Dalam hal ini Pemerintah Indonesia melalui Kementerian ESDM mencanangkan percepatan penggunaan PLTS atap untuk mengejar tahun 2045 yakni *net zero emission*, dimana akan diberikan skema insentif bagi mereka yang memasang PLTS di rumah industry atau perkantoran. Selain itu macam PLTS dapat dibagi menjadi 3 macam yakni, PLTS ON – GRID, PLTS OFF – GRID dan Hybrid. Dimana on grid dapat berjalan tanpa menggunakan baterai atau langsung terkoneksi dengan sistem jala – jala listrik AC, untuk Off – grid dapat disimpan di baterai

sedangkan hybrid dapat berjalan dengan menggunakan 2 sistem bahkan lebih. [1]

Dengan tingginya target yang ditentukan oleh pemerintah dalam pengoperasian PLTS terdapat faktor – faktor pengganggu dan penting dalam sistem tenaga surya ini. Terdapat 2 faktor yakni, faktor tersebut adalah pengaruh temperature dan iradiasi matahari. Dalam hal ini Iradiasi matahari sangat berperan penting dalam menghasilkan keluaran daya solar panel, dimana semakin tinggi iradiasi matahari nya maka akan semakin tinggi pula daya keluaran pada solar panel, tetapi terdapat faktor resiko jika iradiasi matahari tinggi maka pengaruh temperature juga dapat mempengaruhi daya keluaran solar panel, semakin tinggi temperature maka semakin rendah daya keluaran solar panel.[2]

Aerosol Optical Depth (AOD) merupakan aerosol yang berada di lapisan bumi, dimana AOD ini merupakan salah satu faktor yang dapat menghamburkan pancaran sinar matahari atau iradiasi matahari sehingga dapat membiaskan cahaya yang dapat sampai ke bumi. Dalam kondisi normal rata – rata AOD di kota Surabaya sekitar 0,1 hingga 0,5 Per hari dengan rincian AOD dihasilkan dari asap polutan[3]. Selain itu AOD tertinggi yang ada di Indonesia dihasilkan dari letusan gunung berapi dan kebakaran hutan, tercatat AOD pada saat kondisi seperti itu adalah diatas 2,5 dimana itu menyebabkan cahaya yang masuk ke daratan di bumi berkurang hingga lebih dari 50%. Oleh sebab itu jika kita lihat Indonesia adalah negara dengan banyak hutan yang memiliki resiko kebakaran hutan serta adanya ring of fire yang kapanpun dapat meletuskan gunung berapi, seperti pada kasus letusan gunung kelud 2018 serta kasus kebakaran hutan di kalimantan dan sumatera dimana dampak kabut asap serta kabut debu dari kedua hal tersebut menyebabkan cahaya matahari pada siang hari tampak gelap, pengamatan dilakukan menggunakan sensor lidar dan langsung di *ground*. [4][5]

Energi matahari adalah sumber dari Iradiasi matahari yang dapat menjadi sumber dari tenaga surya yang ditangkap oleh solar panel dan bisa disimpan di baterai atau bisa langsung diubah menjadi tegangan AC. Dari hasil pengukuran astronomi didapat jarak rata-rata bumi-matahari adalah $1,495 \times 10^{11}$ m dengan sudut kecenderungan matahari 320. Radiasi yang diemisikan oleh matahari dan ruang angkasa yang berhubungan dengannya ke bumi menghasilkan intensitas radiasi matahari yang hampir konstan di luar atmosfer bumi. Konstanta matahari (Gsc) adalah energi dari matahari per unit waktu yang diterima pada satu unit luasan permukaan yang tegak lurus arah radiasi matahari pada jarak rata-rata matahari-bumi di luar atmosfer. World Radiation Center (WRC) mengambil nilai konstanta matahari (Gsc) sebesar 1367 W/m² dengan ketidakpastian sebesar 1%. [6]

Selain 2 hal diatas salah satu komponen faktor daya output solar panel adalah temperatur permukaan solar panel dan kondisi suhu lingkungan sekitar pada solar panel. Suhu efektif pada solar panel adalah 25°C. Jika suhu diatas solar panel dapat menurunkan efektifitas solar panel secara bertahap, jika suhu temperatur solar panel diatas 30°C maka penurunan daya sebesar 10% dari daya pada kondisi normal. Selain itu temperatur rata – rata di daerah indonesia cukup bervariasi mulai dari 15°C – 35°C. Variasi perbedaan tersebut disebabkan oleh tinggi rendahnya daerah tersebut dari permukaan laut. Secara umum perbedaan tersebut dipengaruhi oleh lama penyinaran matahari, ketinggian daerah, arah angin dan arus laut serta iklim cuaca pada daerah tersebut. [2]

II. LANDASAN TEORI

Penelitian sebelumnya terkait dengan pengaruh *Aerosol Optical Depth* (AOD) terhadap iridiasi matahari dan output solar panel dengan metode dan media yang berbeda – beda salah satu diantaranya adalah pada kasus kebakaran hutan yang terdapat di daerah Washington dimana dengan cara mengamati secara langsung akibat kebakaran hutan serta dalam kondisi normal pada saat kondisi normal. dan menemukan kesimpulan dimana akibat dari dampak kebakaran hutan menyebabkan output pada solar panel mengalami penurunan, [4] selain itu kasus yang sama dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap waktu – waktu penurunan daya output solar panel dengan kejadian kebakaran hutan dimulai saat kondisi normal hingga kondisi dimana matahari tertutupi oleh kabut asap (AOD) dengan melakukan pengamatan langsung mulai dari pra kejadian kabut hutan hingga pasca kabut asap. Kesimpulan yang dihasilkan dalam penelitian ini didapatkan penurunan akibat dampak asap secara bertahap memperlihatkan dimana kondisi mengalami penurunan secara bertahap [7].

A. Energi Surya

Energi Surya / Matahari memasok energi ke bumi dalam bentuk radiasi. Tanpa radiasi dari matahari, maka kehidupan di bumi tidak akan berjalan. Setiap tahunnya ada sekitar 3,9 x 10²⁴ Joule = 1,08 x 10¹⁸ kWh energi matahari yang mencapai permukaan bumi, ini berarti energi yang diterima bumi dari matahari adalah 10.000 kali lebih banyak dari permintaan energi primer secara global tiap tahunnya dan lebih banyak dari cadangan ketersediaan keseluruhan energi yang ada di bumi. Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi tergantung pada jarak antara bumi dengan matahari. Sepanjang tahun, jarak antara matahari dengan bumi bervariasi antara 1,47 x 10⁸ km - 1,52 x 10⁸ km. Akibatnya, iradians E₀ berfluktuasi antara 1.325 W/m² - 1.412 W/m². Nilai rata-rata dari iradians ini disebut dengan solar constant (konstanta surya). Konstanta surya E₀ = 1.367 W/m². Nilai konstan ini bukanlah besarnya radiasi yang sampai dipermukaan bumi. Atmosfir bumi mereduksi dan mengurangi radiasi matahari tersebut melalui proses pemantulan, penyerapan (oleh ozon, uap air, oksigen dan karbondioksida) dan penghamburan (oleh molekul-molekul udara, partikel debu atau polusi). Untuk cuaca yang cerah pada siang hari, iradians yang mencapai permukaan bumi adalah 1.000 w/m² [8]

Khususnya untuk penelitian kualitatif, waktu dan tempat penelitian perlu dituliskan secara jelas (untuk penelitian

kuantitatif, juga perlu). Target/subjek penelitian (untuk penelitian kualitatif) atau populasi-sampel (untuk penelitian kuantitatif) perlu diurai dengan jelas dalam bagian ini [10].

Perlu juga dituliskan teknik memperoleh subjek (penelitian kualitatif) dan atau teknik samplingnya (penelitian kuantitatif). Prosedur perlu dijabarkan menurut tipe penelitiannya. Bagaimana penelitian dilakukan dan data akan diperoleh, perlu diuraikan dalam bagian ini [12].

B. Energi Listrik

Energi listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi setiap peralatan listrik. Hukum kekealan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat pula dimusnahkan. Energi hanya dapat diubah dari suatu energi dirubah dalam bentuk energi dalam bentuk lain seperti dari energi surya yang diubah dalam bentuk energi listrik. Setelah dari energi listrik dimana energi tersebut dapat diubah baik menjadi energi panas dan energi gerak seperti motor listrik. Energi listrik merupakan laju penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu selama alat itu digunakan, bila daya diukur dalam watt maka:

$$W = P \times t \quad (1)$$

Dimana (*w*) adalah energi sedangkan (*p*) adalah daya dan (*t*) adalah waktu yang digunakan. Sedangkan dalam persamaan lain *w* merupakan energi listrik dalam satuan Joule, dimana 1 Joule adalah energi yang diperlukan untuk memindahkan satu muatan sebesar 1 coulomb dengan beda potensial 1 volt. Sehingga 1 joule = coulomb × volt. Sedangkan pada muatan per satuan waktu adalah kuat arus yang mengalir maka energi listrik bisa ditulis, Karena $I = Q/t$ maka didapatkan perumusan :

$$W = (I \cdot t) \cdot V \quad (2)$$

$$W = V \cdot I \cdot t$$

Jika persamaan tersebut dihubungkan dengan hukum Ohm ($V = I \cdot R$) maka diperoleh persamaan:

$$W = (I \cdot R) \cdot I \cdot t \quad (3)$$

$$W = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$W = \frac{V^2}{R} \cdot t = \frac{I^2 \cdot R^2}{R} \cdot t$$

Dari persamaan (1)-(3) menunjukkan bahwa besarnya suatu energi listrik tergantung pada muatan, beda potensial, arus listrik, hambatan, dan waktu. Semakin besar muatan, kuat arus, beda potensial dan waktu, semakin besar pula sebuah energinya. Sedang untuk hambatan, semakin besar hambatan, energinya semakin kecil [9].

C. Model Daya Listrik Panel Surya terhadap Temperatur dan Iradiasi Matahari

Daya listrik yang dihasilkan pada panel surya dapat dirumuskan sebagai berikut dibawah ini.

$$P_{PV} = P_{PV,STC} \times F_{PV} \times F_{temp} (I_T/I_{T,STC}) \quad (4)$$

Dimana $P_{PV,STC}$ adalah kapasitas daya panel surya pada kondisi uji baku (kW), F_{PV} adalah factor susut (%), I_T adalah radiasi matahari global yang mengenai permukaan panel surya (kW/m²), $I_{T,STC}$ radiasi matahari pada kondisi uji baku (1 kW/m²), dan F_{temp} adalah faktor susut akibat perubahan temperatur. Faktor susut adalah pengurangan daya luaran panel surya akibat debu / kotoran pada permukaan panel, rugi-

rugi pengawatan, dampak bayangan yang menutupi panel, usia pakai, serta hal lain yang dapat menyebabkan daya keluaran panel surya menyimpang dari kondisi ideal. Faktor susut akibat perubahan temperatur dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_{temp} = [1 + a_p(T_C - T_{C,STC})] \quad (5)$$

Dimana a_p adalah koefisien temperatur daya (%/°C), T_C adalah temperatur sel surya (°C), dan $T_{C,STC}$ adalah temperatur sel surya pada kondisi uji baku (25°C). Koefisien temperatur daya menunjukkan seberapa kuat pengaruh temperatur sel surya terhadap daya listrik keluaran panel. Koefisien ini bernilai negative karena daya keluaran panel surya berkurang jika temperatur pada panel surya meningkat. Besarnya nilai koefisien temperatur daya tergantung pada jenis panel surya. Nilai koefisien ini adalah nol apabila pengaruh temperatur terhadap daya listrik panel surya diabaikan temperatur sel surya, T_C adalah temperatur yang diukur pada permukaan panel surya. Pada malam hari, nilai temperatur ini sama dengan temperatur lingkungan sekitarnya, namun pada siang hari saat terik matahari, nilai temperatur ini dapat mencapai 30°C atau lebih diatas temperatur lingkungan sekitarnya [10].

D. Aerosol Optical Depth (AOD)

Aerosol Optical Depth (AOD) adalah bagian integral dari koefisien kepunahan atmosfer (penghamburan dan penyerap aerosol) dari permukaan ke atas atmosfer dan merupakan parameter penting dalam degradasi visibilitas (akibat polusi atmosfer), kepunahan radiasi matahari, iklim efek, dan koreksi troposfer dalam penginderaan jauh. Berdasarkan hasil dari pengolahan data diketahui bahwa nilai AOD sebagai indikasi konsentrasi aerosol di atmosfer, ditunjukkan adanya variasi yang cukup tinggi pada tiap tahun yang berbeda. Data Aerosol Optical Depth yang digunakan ialah data level 2.0 data level ini ialah data yang melewati proses kalibrasi yang dilakukan oleh NASA. Pada data AOD ini menggunakan data pada panjang gelombang 500 nm. Panjang gelombang 500 nm telah dipilih karena radiasi matahari paling banyak diradiasikan pada panjang gelombang di daerah yang tampak (sekitar 500 nm). Parameter terukur yang diamati adalah aerosol optical depth (AOD), merupakan ukuran seberapa banyak sinar matahari yang dapat menembus atmosfer. Semakin besar nilai suatu aerosol optical depth akan mempengaruhi suatu iklim. Aerosol yang lebih banyak menyerap radiasi dari pada memantulkannya, dapat menghangatkan lapisan atmosfer. Namun, juga mampu menghalangi radiasi sehingga mendinginkan. Semakin besar nilai suatu AOD menandakan semakin besar suatu konsentrasi aerosol di atmosfer [4], [11], [12].

E. Solar Panel

Solar Panel merupakan sebuah susunan dari sel surya yang didalamnya dapat di susun secara seri atau parallel dalam sebuah kesatuan panel yang berfungsi sebagai perubah energi matahari (radiasi matahari) melalui proses photovoltaic. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya berupa tegangan DC. Daya input dari panel surya adalah intensitas cahaya matahari (W/m^2) dan luas penampang panel surya (m^2). Untuk

menentukan daya input panel surya dapat digunakan rumus dari persamaan berikut:

$$P_{in} = I_{rad} \times A \quad (6)$$

Dimana P_{in} adalah daya yang masuk ke solar panel dalam satuan watt (W), sedangkan I_{rad} adalah Intensitas Cahaya matahari dalam satuan (W/m^2). Sedangkan daya keluaran solar panel juga dapat dihitung seperti rumus dibawah ini, yakni:

$$P_{out} = V_{PR} \times I_{PV} \quad (7)$$

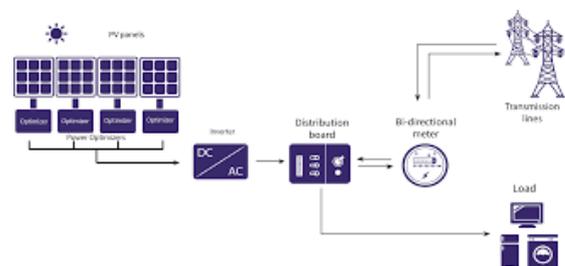
Dimana P_{out} adalah daya yang keluar pada panel surya dengan satuan watt (W) sedangkan V_{PR} adalah tegangan panel surya (V) dan I_{PV} adalah arus yang keluar pada panel surya dengan satuan (A). sedangkan pada panel surya terhadap nilai efisiensi yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus dibawah ini.

$$\eta_{PanelSurya} = \left(\frac{P_{out}}{G \times A} \right) \times 100\% \quad (8)$$

dimana $\eta_{PanelSurya}$ adalah efisiensi yang dicari pada panel surya. P_{out} adalah daya keluaran pada panel surya. G adalah intensitas matahari dengan satuan watt per meter persegi (W/m^2) dan A adalah luas penampang solar panel dengan satuan meter persegi (m^2) [13].

F. Inverter

Inverter merupakan salah satu komponen penting dalam penggunaan system instalasi PLTS baik secara on – grid, off – grid, dan Hybrid. Dalam meneentukan jenis jenis inverter ini pun dapat dibagi menjadi 3 macam inverter, selain itu fungsi inverter sendiri adalah mampu merubah arus DC menjadi Arus AC. Serta sekarang banyak inverter yang dapat menjadi mini computer sehingga dapat membaca arus yang lewat serta terkoneksi dengan system IOT. Selain itu inverter juga dapat melakukan pembagian beban dan menjadi alat untuk melakukan harmonisa seperti yang ada di beberapa macam inverter yakni inverter On – Grid, Inverter Off – Grid dan Inverter Hybrid. Dibawah adalah contoh rangkaian dalam sebuah sistem plts On Grid [13].



Gambar 2.1 Rangkaian Sistem PLTS

G. Lux Meter

Lux Meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya di suatu tempat. Besarnya intensitas cahaya ini perlu untuk diketahui karena pada dasarnya manusia juga memerlukan penerangan yang cukup. Untuk mengetahui besarnya intensitas cahaya ini maka diperlukan sebuah sensor yang cukup peka dan linier terhadap cahaya. Semakin jauh jarak antara sumber cahaya ke sensor maka akan semakin kecil nilai yang ditunjukkan lux meter. Ini membuktikan bahwa semakin jauh jaraknya maka intensitas cahaya akan semakin berkurang.

Alat ini didalam memperlihatkan hasil pengukurannya menggunakan format digital yang terdiri dari ra ngska, sebuah sensor. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intenstasnya. Lux meter digunakan untuk mengukur tingkat iluminasi. Hampir semua lux meter terdiri dari rangka, sebuah sensor dengan sel foto, dan layer panel. Sensor diletakkan pada sumber cahaya. Cahaya akan menyinari sel foto sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap oleh sel, arus yang dihasilkan lebih besar. [1]

H. *Thermometer gun Laser*

Suhu adalah suatu besaran yang menunjukkan derajat panas dingin dari suatu benda. Benda yang memiliki panas akan menunjukkan suhu yang tinggi daripada benda dingin. Sering kita menyebutkan suatu benda panas atau dingin dengan cara menyentuh benda tersebut dengan alat indra kita, walau kita tidak dapat menyimpulkan berapa derajat panas dari benda tersebut, untuk mengetahui seberapa besar suhu benda tersebut maka digunakanlah termometer. Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau alat yang digunakan untuk menyatakan derajat panas atau dingin suatu benda. Termometer memanfaatkan sifat termometrik dari suatu zat, yaitu perubahan dari sifat-sifat zat disebabkan perubahan suhu dari zat tersebut. [2], [8]

I. *Avometer*

AVometer merupakan alat ukur kelistrikan. AVO sendiri merupakan sebuah singkatan dari Ampere (satuan arus listrik), Volt (satuan tegangan listrik, baik itu arus AC maupun DC), dan Ohm. Untuk fungsinya sendiri, AVometer bisa diketahui dengan mudah. Ya, fungsi AVometer adalah untuk mengukur arus listrik, tegangan listrik (AC dan DC), sekaligus resistensi. Jadi, bisa dibilang bahwa AVometer merupakan multimeter atau multitester. AVometer adalah salah satu alat ukur yang wajib ada di bidang kelistrikan. Teknisi alat elektronik dan teknisi instalasi listrik sangat sering menggunakan alat ini, termasuk pula teknisi mobil. Ini karena mobil modern juga merupakan benda elektronik yang memiliki sistem kelistrikan di dalamnya. Selain itu, fungsi AVometer juga dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain yang masih berhubungan dengan kelistrikan [7], [14].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan Studi Literatur dan Kuantitatif dimana penemuan – penemuan yang dapat dicapai (diperoleh) dengan menggunakan dengan menggunakan prosedur – prosedur statistic atau cara lain kuantifikasi (pengukuran), dengan fenomena atau situasi khusus yang akan diteliti. Dari aspek waktu, literatur-literatur yang ada tersebut dapat ditinjau ulang sebelum, selama, dan setelah dilakukannya suatu penelitian

A. *Lokasi Penelitian*

Pada penelitian ini peneliti mengambil studi kasus diambil di kantor Badan Pengelola Keuangan Daerah Surabaya. Selain itu berikut peta wilayah Surabaya yang terletak di provinsi Jawa timur pada koordinat 070 9” - 070 21” LS dan 1120 36” – 1120 54” BT.

Batas wilayah Kota Surabaya adalah sebagai berikut:

- Batas Utara: Selat Madura
- Batas Barat: Kabupaten Gresik
- Batas Timur: Selat Madura
- Batas Selatan: Kabupaten Sidoarjo

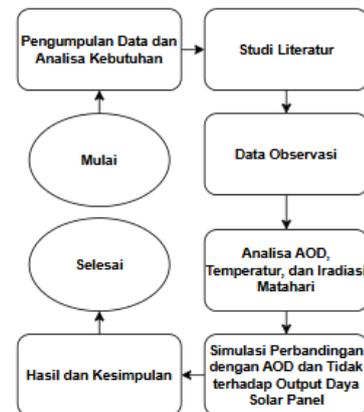


Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Gambar diatas merupakan lokasi penelitian dilakukan yaitu di kantor BPKAD Surabaya.

B. *Alur Penelitian*

Berikut adalah diagram alur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

C. *Data Aerosol Optical Depth*

Pengambilan data *Aerosol Optical Depth* dengan menggunakan satelit NASA yaitu TERA/MODIS dengan menggunakan Instrumen MOD19A2.

Tabel 3.1 Tabel pengambilan data Satelit

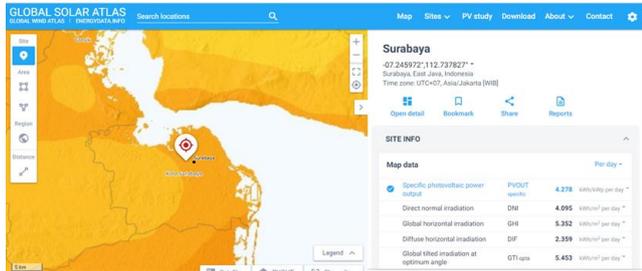
No	Tanggal	Data	Level	Resolusi Spasial
1	29/12/22	MCD19A2	Level 2A	1 Km
2	30/12/22	MCD19A2	Level 2A	1 Km
3	2/1/23	MCD19A2	Level 2A	1 Km
4	3/1/23	MCD19A2	Level 2A	1 Km
5	4/1/23	MCD19A2	Level 2A	1 Km

Data MOD19A2 adalah data yang digunakan untuk melihat berapa kadar aerosol of depth di daerah Surabaya yang didapat dari halaman resmi milik nasa berupa file HDF – EOS yang

kemudian diolah menggunakan software Panoply untuk mengekstrak data tersebut.

D. Data Iradiasi Matahari

Dalam pengambilan data radiasi matahari di tentukan dengan 2 cara yaitu dapat diambil lsg menggunakan lux meter atau bisa diambil dengan menggunakan data dari software yang tersedia seperti Global Solar Atlas



Gambar 3.2 Tampilan radiasi matahari

Data dapat diekspor langsung dalam bentuk CSV untuk area yang ditentukan, pada titik ini area yang telah ditentukan adalah surabaya.

E. Data Temperatur Suhu

Pada pengambilan data pada temperatur suhu pada solar panel dilakukan dengan 2 cara yaitu mengambil suhu sekitar dengan bantuan laman website pada BMKG serta pengambilan data temperatur pada permukaan solar panel dengan pengambilan menggunakan thermogun secara langsung.

Tabel 3.2 Data Iradiasi matahari BMKG

Tanggal	Tn	Ts	Tavg	RH_avg	BB	SS	ff_s	ddo_d_x	ff_avg	ddd_car
01-11-2019	24	31	26.6	84	4	9.5	2	180	1	C
02-11-2019	24	27.6	25.4	84	1	3.4	2	200	1	C
03-11-2019	24	19	16	83	8888	0	0	180	1	C
04-11-2019	23	27.7	25.2	86	0.2	0	0	180	0	C
05-11-2019	23	31.7	26.6	78	0.2	0.8	2	200	1	C
06-11-2019	21	33	26.2	72	0	9.6	2	220	1	C
07-11-2019	22	33.2	26.6	74	0	10.7	2	200	1	S
08-11-2019	24	33.8	27.5	75	0	10.8	2	250	1	C
09-11-2019	24	33.7	27.8	76	0	8.2	2	180	1	C
10-11-2019	23	32.8	27.5	80	0	7.8	2	200	1	C
11-11-2019	25	32.8	28.2	75	0	7.4	2	200	1	S
12-11-2019	24	32.2	27.7	79	0	7.5	3	180	1	C
13-11-2019	25	33.6	28.4	80	0	7	2	180	1	C
14-11-2019	25	35.6	28.3	79	13.2	7	2	80	1	C
15-11-2019	24	32.8	27.2	85	0	4.4	2	210	1	C
16-11-2019	23	27.5	27.7	77	0	9.7	2	210	1	C
17-11-2019	25	32.4	28.1	79	0	9.1	2	250	1	C
18-11-2019	25	33.4	28.1	82	0	8.6	2	180	2	S
19-11-2019	24	32.8	27.5	84	1.6	7.8	2	200	1	S
20-11-2019	25	32.8	27.8	80	0	7	2	180	1	C
21-11-2019	25	32.4	28.1	77	0	4	2	200	1	S
22-11-2019	25	33.2	27.5	80	0	7.1	2	180	1	C
23-11-2019	25	32.4	28	81	8888	6.1	2	180	1	C
24-11-2019	25	32.6	27.6	85	2	7.6	2	180	1	S
25-11-2019	25	33.2	28.3	80	0	6.4	2	200	1	C
26-11-2019	26	33	28.1	76	0	7.7	2	200	1	C
27-11-2019	24	32.8	27.7	76	0	8.9	2	200	1	S
28-11-2019	24	32.8	27.8	79	0	6	2	180	1	S
29-11-2019	25	34.4	28.8	78	0	7.4	2	180	1	C
30-11-2019	25	34	29	77	0	7.5	2	200	1	C

F. Data Output Solar Panel

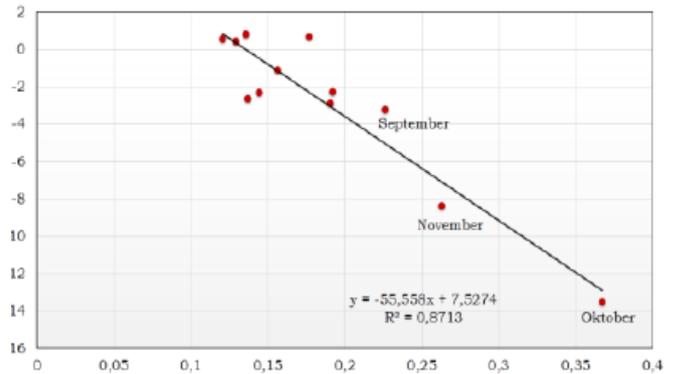
Data output solar panel didapatkan dengan cara melakukan pengukuran langsung dilapangan dengan menggunakan alat Avometer dan diletakkan di output kabel solar panel.

G. Analisa Regresi

Persamaan regresi linier sederhana merupakan suatu model persamaan yang menggambarkan hubungan satu variabel bebas/ predictor (X) dengan satu variabel tak bebas/ response (Y), yang biasanya digambarkan dengan garis lurus, seperti rumus dibawah ini, yaitu

$$Y = aX + b \tag{9}$$

dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh AOD terhadap Iradiasi Sinar matahari seperti disajikan pada data Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Analisa Regresi Linear

$$b = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \tag{10}$$

Dimana pada rumus diatas adalah cara untuk mencari nilai dari regresi nilai a dan b.

H. Analisa Korelasi

Teknik Korelasi digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan besaran AOD dan Pengaruh nya terhadap iradiasi matahari berdasarkan data penelitian lampau untuk daerah Surabaya serta data yang berhasil diambil dari citra satelit. Dengan melakukan Uji Korelasi.

I. Analysis Of Variance (ANOVA)

Analisis perbandingan dilakukan dengan cara saling membandingkan antara perhitungan permodelan dengan rumusan yang diketahui dari data diatas menggunakan Analisis Of Variance (ANOVA). Dengan cara membandingkan antara Model dengan AOD dan tidak menggunakan AOD sehingga akan ditemukan persentase perbandingan serta grafik perbedaannya.

IV. HASIL DAN ANALISA

Data yang didapatkan merupakan kumpulan data baik dilakukan melalui website laman nasa, BMKG dan data hasil survey langsung di kantor BPKAD Provinsi Jawa Timur pada tahun 2021 dan telah dilaksanakan pembangunan instalasi PLTS On – Grid pada tahun 2022 dan proses pekerjaan kurang lebih memakan waktu sebanyak 1 minggu. Terdapat luasan atap sebesar 24 M x 4 M pemasangan solar panel dipasang di atap Gedung BPKAD dengan jenis genteng sehingga menggunakan jenis *roofmounting*.

A. Data Iradiasi Matahari Global Solar Atlas dan Lux Meter

Berikut adalah hasil pengambilan data melalui laman website global solar atlas, dimana hasil dari data nya berbentuk data rata – rata sinar matahari yang ada di kota surabaya secara bulan ke bulan. Data ditampilkan dalam bentuk tabel dimana Gh adalah Global Horizontal Radiation dimana gelombang radiasi matahari masih bersifat global atau belum menyentuh permukaan bumi atau masih belum ter distraksi awan dan partikel pengganggu lainnya atau bersifat global. Sedangkan Dh

adalah pancaran sinar radiasi secara Direct atau langsung yang mengarah ke bumi dan khususnya di kota surabaya. Satuan dalam pengukuran ini adalah Kw per meter persegi energi matahari.

Tabel 4.1 Data Radiasi Matahari

Bulan	GH	Dh
Januari	149	91
Februari	137	80
Maret	145	73
April	153	107
Mei	151	125
Juni	147	135
Juli	164	155
Agustus	175	149
September	180	169
Oktober	189	139
November	161	91
Desember	157	102

Selain data diatas diambil juga adalah data radiasi matahari yang di lakukan pengambilan secara langsung menggunakan alat luxmeter yang dilakukan pengambilan secara langsung. Data disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan data harian atau pengambilan secara langsung.

Tabel 4.2 Radiasi Matahari Luxmeter

Hari	Iradiasi (w/m ²)
29/12/22	850
30/12/22	750
2/1/23	800
3/1/23	830
4/1/23	850
Rata – Rata	808

Dari data diatas ditemukan iradiasi paling rendah pada tanggal 30 bulan desember tahun 2022, dimana menurut operator pada tanggal itu saat pengambilan data awan menutupi sinar cahaya matahari karena awan mendung, sehingga hasil radiasi matahari menurun. Selain itu data iradiasi matahari tertinggi pada tanggal 4 januari 2023 dan 29 Desember 2022 sebesar 850 W/m².

B. Data Temperatur Permukaan Solar Panel & Luar (GSA)

Pengambilan data berikutnya adalah pengambilan data temperatur solar panel dan kondisi lingkungan solar panel. Pengukuran suhu temperature solar panel perlu dilakukan untuk mengetahui temperature permukaan solar pane, karena berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa degradasi penurunan temperature solar panel menyebabkan arus dan tegangan daya pada solar panel mengalami penurunan sesuai dengan permodelan diatas. Data pengukuran diambil secara acak pada tiap harinya sebanyak 3 kali pengambilan data setiap harinya, selama 5 hari kerja. Berikut data pengambilan temperature suhu solar panel.

Tabel 4.3 Data Temperatur Solar Panel

No	Tanggal	Data Min	Data Maks	Rata - Rata °C
1	29/12/22	27,4	30,2	28,6
2	30/12/22	26,8	29,2	28,1
3	2/1/23	27,7	30,1	28,7

4	3/1/23	26,9	33,8	29,6
5	4/1/23	27,2	34,1	30,1
	Rata Rata			29,02

Selanjutnya adalah pengambilan data melalui laman website Global Solar Atlas untuk menentukan besaran jumlah temperatur pada kondisi Lingkungan diluar.

Tabel 4.4 Data Temperatur Lingkungan

Bulan	Ta (°C)	Td (°C)
Desember	28,5	24,1
Januari	27,9	23,9

C. Data Aerosol Optical Depth (AOD)

Berikut adalah data AOD di kota surabaya dengan mengambil data pada laman website nasa dengan instrument Modis MCD19A2 didapatkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Data AOD Kota Surabaya

No	Tanggal	Minimum	Maksimum	Rata - Rata
1	29/12/2023	0,02	0,309	0,131
2	30/1/2023	0,05	0,869	0,345
3	2/1/2023	0,03	0,753	0,255
4	3/1/2023	0,02	0,432	0,301
5	4/1/2023	0,03	0,650	0,302

D. Perhitungan Daya Solar Panel

Berdasarkan rumus output daya solar panel sesuai dengan data diatas maka dapat dihitung sebagai berikut, yakni :

$$F_{temp} = [1 + \alpha_p(T_C - T_{C,STC})] = \dots = 0.9836 \tag{11}$$

Maka P_{pv} :

$$P_{PV} = P_{PV,STC} \times F_{PV} \times F_{temp} \left(\frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) \tag{12}$$

$$P_{PV} = 330Wp \times 100\% \times 0.9836 \left(\frac{808}{1000} \right)$$

$$P_{PV} = 330 \times 1 \times 0.9836(0.808)$$

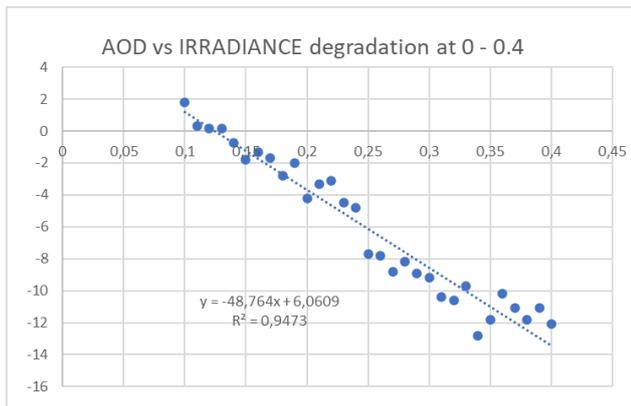
$$P_{PV} = 262.2 Watt$$

Dimana P_{PV} merupakan jumlah daya solar panel yang dapat ditangkap data ini didapat dari spesifikasi datasheet yang berada di panel surya. P_{PV} adalah factor susut efisiensi pada solar panel, berdasarkan data literatur panel surya akan mengalami degradasi atau pengurangan efisiensi setelah 10 tahun sebesar 10%. Ketika sudah memasuki usia 20 tahun solar panel akan turun efisiensi nya sebesar 20% atau turun. Data diatas usia solar panel belum memasuki usia diatas 10 tahun. Oleh karena itu diasumsikan kondisi solar panel masih dalam kondisi baik yaitu 100% dan diasumsikan solar panel dilakukan maintenance dengan baik.

E. Analisis Korelasi AOD terhadap Degradasi Radiasi Matahari

Analisis ini berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa studi literatur terdahulu pada tabel diatas, terkait dengan penurunan atau degradasi intensitas iradiasi matahari dengan Aerosol Optical Depth) mengalami peningkatan dan pada saat

kondisi normal AOD. Data diambil berdasarkan data data diatas, sebagai berikut.



Gambar 4.1 Data Grafik Analisa Regresi AOD vs Iradiasi

Data Analisa diatas merupakan data yang didapat dari pengumpulan data aod terhadap iradiasi matahari dimana koefisien regresinya adalah pengaruh negative karena semakin besar angka AOD (aerosol of depth) maka didapatkan pengurangan intensitas matahari dalam satuan watt/m² akan semakin tinggi. Setelah dilakukan scattering diketahui bahwa nilai $Y = 48,764x + 6,0609$.

Tabel 4.6 korelasi r pada uji AOD vs Degradasi Matahari

R ²	Persentase
0,9473	94%

Pada tabel berikut ditemukan bahwa tingkat persentasi korelasi antara tingkat kenaikan AOD dan Penurunan iradiasi matahari adalah sebesar 94%.

F. Korelasi Temperatur terhadap Iradiasi Matahari

Berdasarkan hasil pengujian temperature pada solar panel dengan menggunakan alat pengukuran heat gun di temukan data yang terdapat pada **tabel dibawah ini**.

Tabel 4.7 Data Korelasi Temperatur dan Iradiasi Matahari

no	Tanggal	It (w/m ²)	Temp PV °C
1	29/12/2022	810	28,6
2	30/12/2022	750	28,1
3	2/1/2023	810	28,7
4	3/1/2023	830	29,6
5	4/1/2023	850	30,1
Uji Korelasi			0,92653

G. Korelasi temperatur terhadap keluaran daya solar panel

Uji korelasi temperature dengan asumsi bahwa iradiasi matahari tetap di 500 w/m² , agar data terlihat bahwa temperature juga mempengaruhi daya output solar panel terhadap output daya solar panel P_{PV} seperti yang ditunjukkan pada persamaan (4).

Tabel 4.8 Data Korelasi Temperatur terhadap Keluaran PV

No	Tanggal	Temperatur °C	Output PV (watt)
1	29/12/2022	28,6	162,56
2	30/12/2022	28,1	162,90

3	2/1/2023	28,7	162,50
4	3/1/2023	29,6	161,89
5	4/1/2023	30,1	161,55
Uji Korelasi			0,98444
Rata Rata			29,02
			162,28

H. Korelasi Iradiasi Matahari terhadap Output Daya Solar Panel

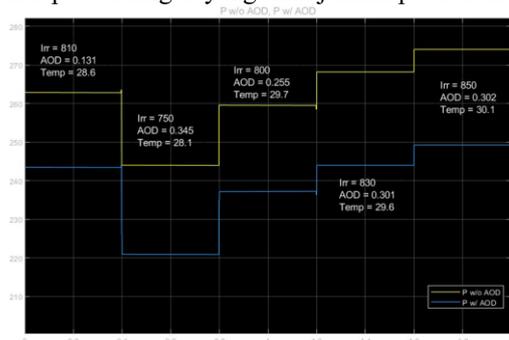
Pengujian terhadap korelasi iradiasi matahari terhadap output daya solar panel. Data iradiasi matahari pada yang mengenai solar panel didapatkan dari Lux meter yang terdapat pada sistem plts on grid yang terpasang di dalam installasinya. Dengan menggunakan persamaan (4) didapatkan.

Tabel 4.9 Data korelasi Iradiasi dan Output PV

No	Tanggal	IT	P Pv
1	29/12/22	810	264,01
2	30/12/22	750	244,46
3	2/1/23	800	250,75
4	3/1/23	830	270,53
5	4/1/23	850	277,05
Uji Korelasi			0,94775
Rata - Rata			808
			263,36

I. Analisis Of Variance (ANOVA) AOD, Temperatur dan Radiasi Matahari.

Berdasarkan analisis regresi dan korelasi antara AOD terhadap penurunan iradiasi matahari diatas. Dengan menerapkan persamaan (4) dan menggunakan pemodelan berdasarkan analisa korelasi $Y = 48,764x + 6,0609$, maka didapatkan perbandingan yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan

Dimana garis berwarna biru adalah grafik menggunakan AOD sedangkan grafik warna kuning menggunakan AOD. Berdasarkan rumus regresi linear antara AOD dengan Iradiasi Matahari terhadap Ouput Daya Solar panel $y = - 48,764X + R 0,0609$ diatas, dengan perhitungan AOD di kota Surabaya dan Temperatur terhadap Iradiasi pada solar panel dan keluaran daya solar panel diketahui perbandingannya sebagaimana Tabel 4.10

Tabel 4.10 Tabel Perbandingan

No	IT	AOD	Temp	P tanpa AOD	P dengan AOD	Persentase AOD
1	810	0,131	28,6	262,55	243,216	7,37 %
2	750	0,345	28,1	243,99	220,92	9,45 %
3	800	0,255	29,7	259,54	237,21	8,60 %

4	830	0,301	29,6	268,2	243,99	9,02 %
5	850	0,302	30,1	274,03	249,27	9,04 %

V. KESIMPULAN

Kesimpulan data AOD terhadap Iradiasi matahari secara global sehingga didapatkan jika indeks AOD mengalami kenaikan maka menyebabkan pengurangan nilai Daya Ouput keluaran pada Solar Panel, Iradiasi matahari. Selain itu factor Temperatur juga mempengaruhi daya output pada solar panel dimana jika Temperatur mengalami kenaikan maka output daya solar panel akan mengalami penurunan. Korelasi antara Aerosol Optical Dept AOD, Temperatur dan Iradiasi matahari terhadap output Solar Panel didapatkan kesimpulan seperti berikut, bahwa persentasi korelasi dari tingkat Indeks AOD terhadap Penurunan Iradiasi Matahari adalah sebesar 94%. Data korelasi antara temperature dan iradasi matahari adalah sebesar 92%. Data Korelasi antara temperature terhadap keluaran daya solar panel adalah sebesar 98%. Korelasi data pengukuran antara Iridiasi Matahari dan Ouput PV adalah 94%. Dari hasil data diatas dengan studi kasus yang ada di PLTS BPKAD Surabaya diketahui bahwa tingkat persentase selisih design dengan menggunakan AOD dan tidak menggunakan AOD terendah adalah 7,37% penurunannya dan tertinggi di 9,45%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing penulis Dr. Eng Heru Suwoyo, S.T., M.Sc., yang telah membantu dan membimbing penulis hingga diselesaikannya tulisan ini. Serta tak lupa kepada tim editorial Universitas Mercubuana sehingga jurnal ini layak untuk di publikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rachmi, B. Prakoso, Hanny Berchmans, I. Devi Sara, and Winne, "Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia," *PLTS Atap*, p. 94, 2020.
- [2] T. B. Sitorus, F. H. Napitupulu, and D. H. Ambarita, "Korelasi Temperatur Udara dan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Performansi Mesin Pendingin Siklus Adsorpsi Tenaga Matahari," 2014.
- [3] S. Hamdi Peneliti Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, "KAJIAN

PENINGKATAN KANDUNGAN AEROSOL STRATOSFER AKIBAT LETUSAN GUNUNG BERAPI," 2014. [Online]. Available: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/about/>

- [4] A. Z. Bertoletti, T. Phan, and J. Campos do Prado, "Wildfire Smoke, Air Quality, and Renewable Energy—Examining the Impacts of the 2020 Wildfire Season in Washington State," *Sustain.*, vol. 14, no. 15, Aug. 2022, doi: 10.3390/su14159037.
- [5] M. Perry and A. Troccoli, "Impact of a fire burn on solar irradiance and PV power," *Sol. Energy*, vol. 114, pp. 167–173, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.solener.2015.01.005.
- [6] A. Octavianti, A. Jurusan Fisika, F. Universitas Tanjungpura Jalan Hadari Nawawi, and I. Program Studi Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Tanjungpura Jalan Hadari Nawawi, "Estimasi Intensitas Radiasi Matahari di Wilayah Kota Makassar," vol. 6, no. 3, pp. 152–159, 2018.
- [7] D. L. Donaldson, D. M. Piper, and D. Jayaweera, "Temporal Solar Photovoltaic Generation Capacity Reduction from Wildfire Smoke," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 79841–79852, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3084528.
- [8] A. IHSAN, "PENINGKATAN SUHU MODUL DAN DAYA KELUARAN PANEL SURYA DENGAN MENGGUNAKAN REFLEKTOR I h s a n."
- [9] A. Wahid, I. Junaedi, and H. M. I. Arsyad, "ANALISIS KAPASITAS DAN KEBUTUHAN DAYA LISTRIK UNTUK MENGHEMAT PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TANJUNGPURA."
- [10] K. Hie Khwee, "Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak)," 2013.
- [11] J. Hasil *et al.*, "EINSTEIN (e-Journal)." [Online]. Available: <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/einstene-issn:2407-747x-p-issn2338-1981>
- [12] R. Dan, I. Susanti, P. Sains, T. Atmosfer, L. Penerbangan, and A. Nasional, "PENGARUH AEROSOL TERHADAP FLUKS RADIASI NETO DAN RADIATIVE FORCING DI PUNCAK ATMOSFER DAN DI PERMUKAAN BERDASAR DATA SATELIT (THE INFLUENCE OF AEROSOL ON THE NET RADIATION FLUX AND RADIATIVE FORCING AT THE TOP OF ATMOSPHERE AND SURFACE BASED ON SATELLITE DATA)," Disetujui, 2016.
- [13] G. Abdelaziz, H. Hichem, B. R. Chiheb, and G. Rached, "Shading effect on the performance of a photovoltaic panel," in *2021 IEEE 2nd International Conference on Signal, Control and Communication, SCC 2021*, 2021, pp. 208–213. doi: 10.1109/SCC53769.2021.9768356.
- [14] S. Widyawati Putri, G. Marausna, and E. Eko Prasetyo, "ANALISIS PENGARUH INTENSITAS CAHAYA MATAHARI TERHADAP DAYA KELUARAN PADA PANEL SURYA," *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 8, no. 1, pp. 29–37, Jul. 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i1.442.