

KAJIAN PERUBAHAN IKLIM TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI INDONESIA

Ainun Fitriya Nurhasanah¹, Sudarti², Yushardi³

¹²³Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember

e-mail: ainunfitriya694@gmail.com

ABSTRAK

Energi surya adalah salah satu solusi yang paling menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan energi dan meminimalisir dampak buruk terhadap perubahan iklim dan lingkungan, karena Indonesia telah membuat kemajuan yang luar biasa dalam pencarian energi yang berkelanjutan untuk menjamin keamanan jangka panjang dari pasokan energi didalam negeri. Namun, nyatanya dalam iklim di Indonesia memiliki pengaruh yang besar pada efisiensi panel surya. Dengan isu tersebut dilakukanlah penelitian ini dengan tujuan mengetahui serta memahami mengenai perubahan iklim yang ada di Indonesia sehingga dapat berdampak terhadap efisiensi penggunaan panel surya. Adapun jenis penelitian yang digunakan dalam pengambilan data adalah penelitian kualitatif dengan metode kajian pustaka. Dimana peneliti memperoleh data dari berbagai artikel ilmiah yang telah terpublikasi sebelumnya. Hal ini didasarkan pada survei penelitian berbasis tinjauan literatur dan panduan energi terbarukan dari beberapa sumber. Hasil penelitian yang diperoleh dari bulan April sampai Oktober adalah musim kemarau. Nilai solar panel surya akan meningkat selama musim kemarau Juli hingga Oktober, sedangkan musim hujan Desember hingga Januari akan memiliki nilai terendah. Selain itu, kapasitas produksi panel surya sangat bervariasi tergantung pada musim yang terjadi. Selain elemen utama radiasi matahari, suhu lingkungan adalah aspek lain yang berdampak pada efisiensi panel surya.

Kata Kunci: energi surya, panel surya, iklim

ABSTRACT

Solar energy is one of the most promising solutions to meet energy needs and minimize adverse impacts on climate change and the environment, as Indonesia has made tremendous progress in the search for sustainable energy to ensure long-term security of domestic energy supply. However, the climate in Indonesia has a great influence on the efficiency of solar panels. With this issue, this research was conducted with the aim of knowing and understanding about climate change in Indonesia so that it can have an impact on the efficiency of using solar panels. The type of research used in data collection is qualitative research with the literature review method. Where researchers obtain data from various scientific articles that have been published previously. This is based on a research survey based on literature reviews and renewable energy guides from several sources. The research results obtained from April to October are dry season. The solar value of solar panels will increase during the dry season of July to October, while the rainy season of December to January will have the lowest value. In addition, the production capacity of solar panels varies greatly depending on the season. Besides the main element of solar radiation, ambient temperature is another aspect that impacts the efficiency of solar panels.

Keywords: solar energy, solar panels, climate

PENDAHULUAN

Dari pengklasifikasiannya dimana energi tergantung dari mana asalnya, energi itu sendiri dikategorikan sebagai energi yang berasal dari bumi atau planet lain. Energi dari luar bumi adalah sumber energi matahari. Menurut Hamdani, dkk (2023) salah satu sumber energi utama di bumi yang memancarkan energi paling banyak adalah energi matahari, yang terkadang disebut sebagai energi surya. Sejak awal sejarah manusia tercatat, matahari telah memainkan peran penting. Pertumbuhan penggunaan energi terhubung dengan sejarah peradaban manusia. Irawati, dkk (2021) berpendapat bahwa kemajuan suatu bangsa dapat dinilai dari seberapa banyak energi yang digunakannya. Saat ini, hampir semua elemen kehidupan dipengaruhi oleh ketergantungan manusia terhadap energi.

Aktivitas manusia sendiri tak lepas dari kegiatan yang membutuhkan energi, terutama aktivitas ekonomi, rumah, industri, bisnis, dan transportasi. Menurut Setyono, dkk (2019) mengungkapkan bahwa mayoritas pasokan energi dunia berasal dari sumber daya tak terbarukan yang disebut bahan bakar fosil. Oleh karena itu, sangat penting untuk menyediakan alternatif selain batu bara dan minyak sebagai sumber energi. Padahal alam sendiri telah menyediakan sumber energi baru untuk segala aktivitas manusia. Energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui disebut sebagai energi terbarukan. Menurut Azhar (2018) sumber energi yang dapat digunakan selamanya dan tidak akan pernah habis dikenal sebagai sumber energi terbarukan. Energi ini dapat diperbaharui dalam waktu singkat, oleh karena itu dapat digunakan tanpa henti dan tidak akan pernah habis dalam waktu yang relatif singkat.

Energi terbarukan dapat diproduksi secara alami dan berkelanjutan, maka dari itu energi terbarukan memiliki sifat unik yang tidak dimiliki oleh energi fosil, termasuk risiko kehilangan sumber energi yang sangat rendah dan waktu pengembangan yang tak terbatas. Panas bumi, energi surya, energi listrik tenaga bayu, maupun energi listrik tenaga gelombang adalah beberapa jenis energi terbarukan. Menurut Nurdiana, dkk (2021) dalam teknologi berbasis energi surya, banyak fotosel yang digunakan dalam sistemnya untuk mengubah sinar matahari menjadi medan listrik (ggl), yang mengisi daya baterai. Sehingga energi diberikan kepada pengguna dari baterai.

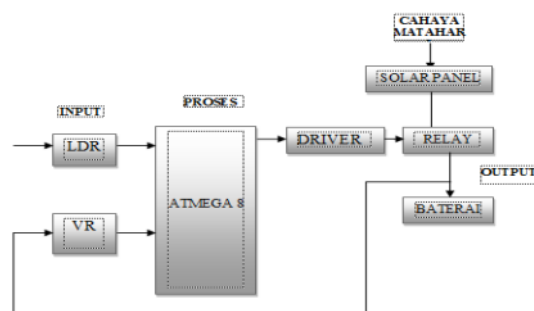
Mengingat sumber energi di Indonesia yang sangat berlimpah, energi terbarukan memainkan peran penting dalam memasok kebutuhan energi. Hal ini dikarenakan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik tradisional dalam jangka waktu yang lama akan menguras persediaan minyak bumi, gas, dan batu bara, yang juga dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan semakin menipis. Menurut Priatam, dkk (2021) Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu inisiatif yang telah dibuat oleh para ahli. PLTS yang sering kali disebut sebagai sel surya (sel fotovoltaik), akan semakin diminati karena dapat digunakan di berbagai tempat, termasuk kantor, industri, rumah, dan lokasi lainnya. Menurut Makkulau, dkk (2021) bahwa silikon polikristalin adalah bahan sel surya yang paling banyak digunakan di Indonesia. Adapun beberapa faktor yang memengaruhi efisiensi panel surya ialah perubahan suhu, intensitas radiasi matahari, dan bayangan parsial pada permukaan sel surya sehingga sangat berdampak pada seberapa baik sel surya bekerja.

Iklim tropis sangat kondusif untuk energi surya, terutama di Indonesia. Dewi, dkk (2023) mengemukakan pendapatnya bahwa energi surya masih belum mumpuni dalam kondisi era ini, serta tidak dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik secara langsung. Untuk menjamin fungsinya bebas risiko, ekonomis, dan bermanfaat secara ekologis, energi ini harus diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan alat seperti panel surya, ramah lingkungan dan ekonomis. Menurut perkiraan Dahliyah, dkk (2021) Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa menerima rata-rata 4,8 kWh/m² energi matahari setiap harinya. Sebagai hasilnya, Indonesia memiliki banyak potensi untuk pengembangan karena melimpahnya energi matahari yang tersebar di seluruh wilayahnya.

Indonesia memiliki banyak potensi untuk mengembangkan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) atau untuk menggunakan instalasi panel surya guna menyalakan listrik di rumah-rumah. Meskipun sebagian besar berada di zona tropis, Indonesia memiliki iklim yang beragam di berbagai wilayahnya. Kanugrahan dan Sujarwanto (2022) berpendapat hal ini disebabkan oleh luasnya wilayah Indonesia, ketinggian masing-masing daerah, dan struktur negara yang terdiri dari kepulauan.

Energi surya adalah salah satu solusi yang paling menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan energi dan meminimalisir dampak buruk terhadap perubahan iklim dan lingkungan, karena Indonesia telah membuat kemajuan yang luar biasa dalam pencarian energi yang berkelanjutan untuk menjamin keamanan jangka panjang dari pasokan energi didalam negeri. Menurut Alim, dkk (2023) jika panel surya digunakan secara efektif dan bijaksana, dengan mempertimbangkan potensi besar energi terbarukan dan jumlah konsumen yang cukup besar, maka ekonomi dan ketahanan energi Indonesia akan mengalami revolusi. Namun, nyatanya dalam iklim di Indonesia memiliki pengaruh yang besar pada efisiensi panel surya. Cahyono, dkk (2020) berpendapat jika iklim mengalami perubahan yang signifikan maka sel surya terdapat dampak signifikan pada transmisi elektron, yang merupakan salah satu dari banyak masalah yang terjadi pada kinerja panel surya. Hal ini terjadi karena komponen semikonduktor sel surya sangat sensitif terhadap fluktuasi suhu. Celah pita semikonduktor, yang merupakan perbedaan energi antara pita valensi dan pita konduksi, menyusut saat suhu naik, sehingga menurunkan nilai transpor elektron. Nilai resistansi naik ketika nilai semikonduktor turun, yang menyebabkan transpor elektron melambat. akibatnya, transpor elektron menjadi lebih lambat. Hasilnya adalah penurunan efisiensi panel surya.

Panel surya memiliki kemampuan untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang stabil. Sardi, dkk (2020) berpendapat terdapa tiga proses yakni heliokimia, helioelektrik, dan heliotermal memungkinkan energi matahari diubah menjadi jenis energi lain secara langsung. Proses helioelektrik mencakup konversi energi matahari menjadi energi listrik. Prosedur ini dapat dilakukan ketika panel surya atau fotovoltaiik digunakan. Panel surya adalah perangkat yang terdiri dari bahan semi-konduktif yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik langsung. Ketika matahari akan terbenam, proses pengubahan energi cahaya menjadi energi listrik terjadi. Menurut Kristiawan, dkk (2019) hasilnya, elektron dan hole akan terhubung melalui komponen semikonduktor yang menghasilkan energi listrik pada malam hari, yang kemudian akan diubah menjadi energi listrik searah dengan arah matahari oleh inverter.



Gambar 1. Blok Diaram Rangkaian Panel Surya

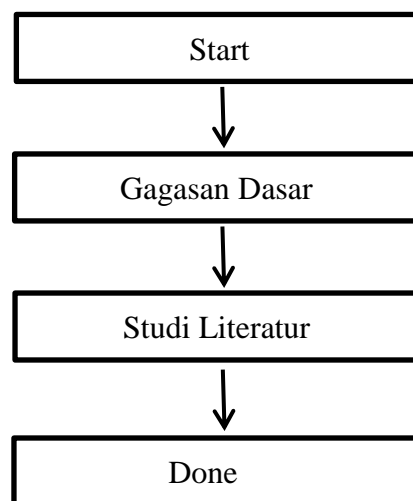
Panel surya mengubah cahaya menjadi listrik 12V, yang kemudian digunakan untuk mengisi daya baterai lithium ion. Menurut Evalina, dkk (2021) mengungkapkan berdasarkan gambar 1 bahwa ketika tidak ada cahaya, mikrokontroler AVR, khususnya mikrokontroler, mengatur proses pengisian daya. Komponen utama lainnya termasuk sensor, mikrokontroler,

amplifier, dan baterai. Jika cahaya terdeteksi oleh sensor LDR, mikrokontroler tidak akan beroperasi, sehingga relai arus listrik tidak akan membiarkan baterai terisi. Baterai dianggap penuh apabila voltase mencapai 13,8V, dan mikrokontroler akan secara otomatis mematikan relai.

METODE

Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah teknik kualitatif. Hal ini didasarkan pada survei penelitian berbasis tinjauan literatur dan panduan energi terbarukan dari beberapa sumber. Artikel tinjauan ini mengutip beberapa penelitian yang melihat energi terbarukan dari berbagai perspektif, termasuk pemanasan global maupun perubahan temperatur dan iklim yang menjadi bagi penulis. Adapun isu yang diangkat dalam artikel ini berkaitan dengan pasokan energi Indonesia yang masih bergantung pada bahan bakar fosil, yang masih memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan, termasuk polusi udara, pencemaran, pemanasan global, perubahan iklim, meroketnya harga minyak bumi, dan menipisnya cadangan sumber daya yang ada. Untuk memastikan keamanan pasokan energi alternatif di masa depan, penulis ingin memaparkan adanya sumber daya alam yang sudah tersedia seperti energi surya atau matahari.

Dengan energi surya tersebut dapat dimanfaatkan dalam pemanfaatan teknologi panel surya. Teknologi ini memiliki keuntungan tersendiri dan memiliki beberapa hal yang harus diperhatikan meliputi faktor lingkungannya yang salah satunya adalah perubahan iklim. Perubahan iklim atau perubahan temperatur adalah salah satu elemen yang mempengaruhi kinerjanya dari efisiensi panel surya. Suhu lingkungan, koefisien suhu, kecepatan angin, dan jenis pemasangan panel surya, semuanya berdampak pada suhu panel surya. Gagasan di balik penggunaan metode ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2. *Flowchart Artikel*

Penelitian literatur disini adalah proses membedah data dari hasil pencarian dan menelaahnya untuk digunakan sebagai landasan dalam merumuskan gagasan. Diskusi dan strategi akan menjadi tahap terakhir untuk mendapatkan kesimpulan tentang pengembangan dan penerapan energi terbarukan di Indonesia adalah perencanaan.

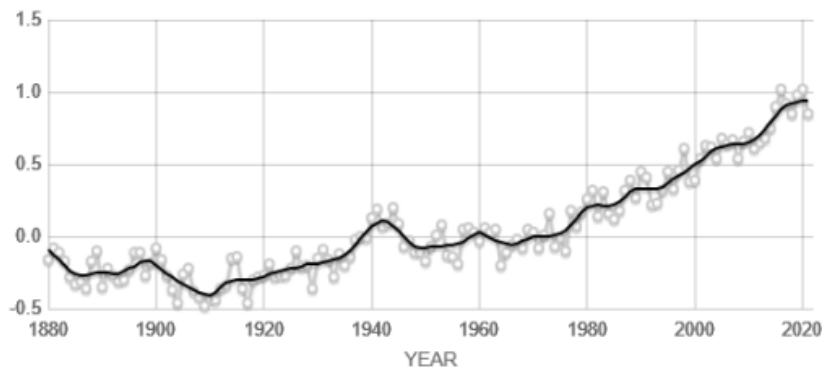
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Iklim di Indonesia

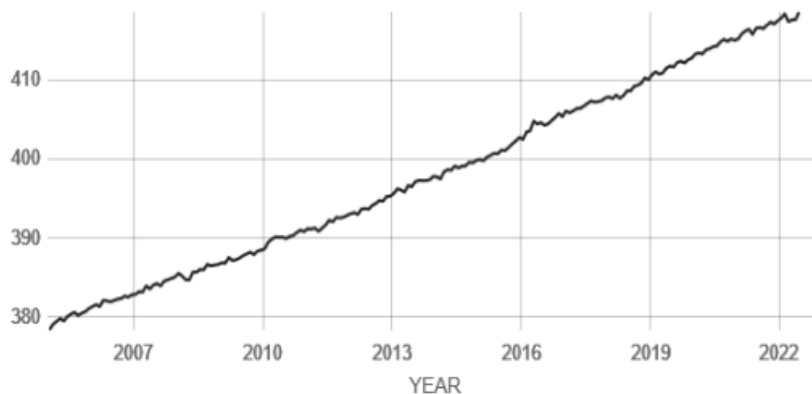
Negara Indonesia dikenal sebagai negara dengan jumlah pulau terbanyak di dunia. Indonesia memiliki 17.508 pulau, dengan lima pulau terbesar adalah Jawa, Sumatra,

Kalimantan, Sulawesi, dan Papua. Secara geografis, Indonesia diapit oleh dua lautan dan dua benua, yang memberikan dampak signifikan terhadap kondisi alam dan kehidupan sehari-hari di Indonesia. Kehidupan penduduk Indonesia dipengaruhi oleh keadaan alam dan budaya yang secara signifikan dipengaruhi pula oleh peradaban lain di seluruh benua dan samudra, posisi geografis Indonesia sangat penting. Iklim di Indonesia bervariasi sebagai akibat dari kondisi alam Indonesia.

Laporan IPCC mencantumkan bahwa perubahan iklim yang telah terjadi dengan terdapat bukti bahwa lautan terus menghangat selama ini. Proses pemanasan global sebagian besar dipicu oleh masuknya energi panas ke dalam lautan dan pembuktian bahwa selama ini, lautan terus mengalami pemanasan. Selama satu abad terakhir, telah terjadi kenaikan rata-rata $0,8^{\circ}\text{C}$ pada suhu bumi. Setiap satu dari tiga dekade terakhir lebih hangat daripada dekade sebelumnya.



Grafik 1. Anomali Suhu Udara di Bumi

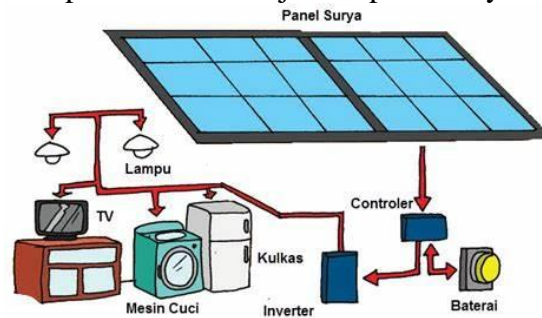


Grafik 2. Perubahan Produksi Karbon Dioksida Global

Dari grafik 1 dan 2 dapat dinyatakan bahwa musim hujan dan musim kemarau kini menjadi lebih tidak teratur akibat pemanasan global. Proses perubahan alam dapat bersifat internal (seperti badai El Nino) atau eksternal (seperti perubahan permanen yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti perubahan komposisi udara dan perubahan tata guna lahan). Banyak peneliti menggunakan data historis mengenai perubahan suhu udara, curah hujan, ketebalan salju dan es, serta permukaan air laut untuk menegathui perubahan iklim. Bahaya yang signifikan terhadap kesehatan manusia, ketahanan pangan global, dan pertumbuhan ekonomi dapat ditimbulkan oleh perubahan iklim. Salah satu tujuan utama untuk membatasi perubahan iklim adalah adaptasi berbasis ekosistem. Kekeringan, banjir, angin puting beliung, gelombang pasang, dan bencana lain yang sering terjadi di Indonesia juga semakin sering terjadi akibat perubahan iklim. Bencana-bencana ini memiliki dampak yang cukup besar, terutama pada sektor ekonomi dan lingkungan, yang dapat menurunkan tingkat ketahanan nasional.

2. Panel Surya

Salah satu strategi populer untuk mengubah energi matahari menjadi listrik adalah penggunaan panel surya. Meskipun merupakan jenis energi yang ramah lingkungan, panel surya dapat kehilangan sebagian efektivitasnya karena kondisi iklim tertentu. Panel surya sendiri terdiri dari sejumlah sel surya yang disusun sedemikian rupa untuk memaksimalkan kemampuannya menyerap sinar matahari. Sel surya bertugas menyerap sinar matahari. Komponen fotovoltaik yang berbeda, atau komponen yang dapat mengubah cahaya menjadi energi, membentuk sel surya itu sendiri. Biasanya, sel surya terdiri dari lapisan semikonduktor silikon, logam, strip anti-reflektif, dan strip konduktor logam. Berikut ini merupakan sistem kerja dari panel surya:



Gambar 3. Sistem kerja panel surya

Efektivitas panel surya dapat dipengaruhi oleh perubahan iklim. Efektivitas panel surya pertama-tama dapat dipengaruhi oleh cuaca buruk. Hujan atau kabut menghalangi sinar matahari untuk mencapai panel surya secara efisien, sehingga mengurangi produksi listrik. Selain itu, puing-puing atau penumpukan debu di permukaan panel surya dapat mengurangi efisiensi dengan menghalangi sinar matahari mencapai panel. Efektivitas panel surya tak luput dapat dipengaruhi oleh suhu yang tinggi. Temperatur yang tinggi menyebabkan panel surya menjadi lebih panas, yang dapat mengurangi efisiensi. Namun, beberapa jenis panel surya, seperti panel surya termokimia, dapat memaksimalkan output energi ketika suhu tinggi. Efisiensi panel surya dapat dipengaruhi juga oleh sinar matahari yang tidak mencukupi. Efisiensi panel surya dapat berkurang di daerah dengan sedikit sinar matahari, seperti daerah yang terlalu dekat dengan garis khatulistiwa atau sering mengalami hujan.

3. Perubahan Iklim terhadap Efisiensi Panel Surya

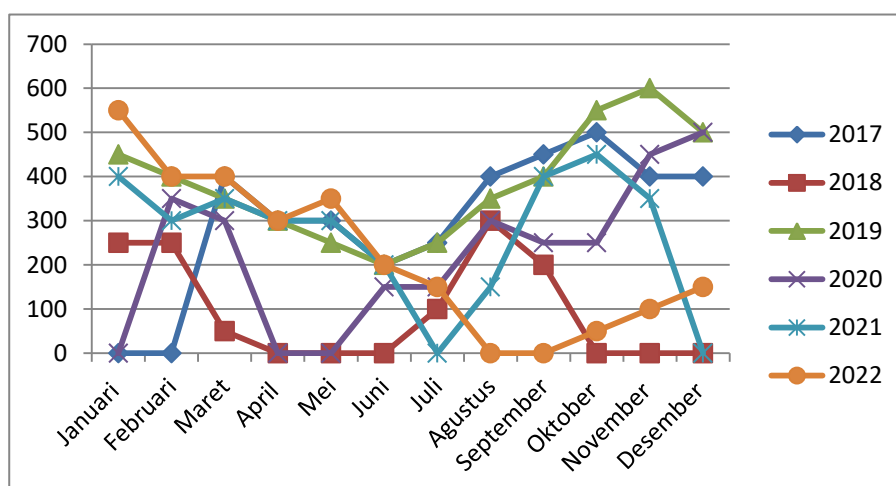
Pada analisa tinjauan literatur digunakan untuk menganalisa bagaimana iklim mempengaruhi jumlah energi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya atau panel surya. Di Indonesia, musim hujan biasanya berlangsung dari bulan November hingga April, sedangkan musim kemarau berlangsung dari bulan Mei hingga Oktober. Dari bulan Agustus hingga November, kualitas produksi PLTS meningkat, sedangkan dari bulan Desember hingga Juli, kualitasnya menurun. Hal ini disebabkan oleh iklim yang tidak teratur akibat pemanasan global. Pemanasan global dan peningkatan produksi karbon dioksida adalah penyebab utama perubahan iklim. Setiap tahun terjadi peningkatan suhu dan tingkat karbon dioksida. Angka-angka ini menunjukkan bahwa suhu dan karbon dioksida semakin meningkat setiap tahunnya. Dengan demikian, lingkungan di sekitar sistem tenaga surya dapat mempengaruhi berapa banyak energi yang dihasilkannya.

Tabel 1. *Data produksi panel surya*

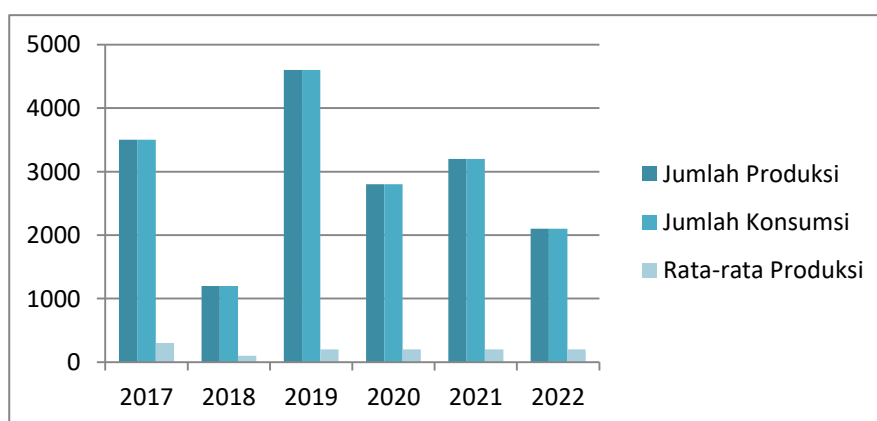
Faktor	Panel Surya
Produksi Energi	Dalam 6 tahun terakhir rata-rata berkisar 2.300 kWh
Efisiensi	Efisiensi Tahunan sistem = 45,67 %
Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Panel Surya	Perubahan iklim terhadap produksi PLTS atau Panel Surya cukup signifikan

Apabila lokasi permukaan panel surya tegak lurus dengan matahari atau langsung menghadap sinar yang masuk, panel surya akan berkinerja lebih baik ketika menghadap matahari secara langsung. Meskipun reflektor akan meningkatkan kualitas sinar matahari, namun juga akan meningkatkan suhu yang dihasilkan oleh panel surya. Untuk panel surya, suhu sangat penting. Ada penurunan pada panel surya mencapai 20°C ketika suhu pada panel surya tinggi.

Efisiensi setiap panel surya berbeda-beda. Kisaran suhu normal untuk panel surya di sistem tenaga surya rumah pribadi adalah antara 15°C dan 35°C, dengan suhu standar 25°C (77°F). Performa tertinggi panel surya terjadi pada kisaran suhu ini. Pada suhu 65°C (149°F), efisiensi panel surya mencapai maksimum. Pengoperasian yang efisien dari tata surya dapat terhambat pada suhu ini karena penurunan tegangan yang dihasilkan.



Grafik 3. *Jumlah produksi energi di setiap bulan dalam 6 tahun terakhir*



Grafik 4. *Jumlah produksi energi dalam 6 tahun terakhir*

Dari grafik 3 serta grafik 4 tersebut menunjukkan bahwa dari bulan Agustus hingga Oktober, nilai radiasi meningkat. Rata-rata radiasi untuk bulan September adalah 300kWh kWh/hari, yang merupakan angka tertinggi. Data tentang indeks produksi energi, yang mengukur jumlah sinar matahari langsung yang mencapai pembangkit listrik tenaga surya tanpa terhalang awan, juga tersedia. Dibandingkan dengan bulan November hingga April, skor indeks kejernihan dari bulan Mei hingga Oktober lebih besar. Hal ini disebabkan oleh cuaca di Indonesia, di mana bulan Mei hingga Oktober adalah musim kemarau dan November hingga April sering kali merupakan musim hujan. Dari bulan April sampai Oktober adalah musim kemarau. Nilai solar panel surya akan meningkat selama musim kemarau Juli hingga Oktober, sedangkan musim hujan Desember hingga Januari akan memiliki nilai terendah. Selain itu, kapasitas produksi panel surya sangat bervariasi tergantung pada musim.

Dengan meningkatnya suhu, output panel surya akan menurun. Hal ini dijelaskan oleh fakta bahwa panel surya silikon biasanya memiliki koefisien suhu daya (γ) $-0,5\%/^{\circ}\text{C}$. Berlawanan dengan hal ini, arus dari panel surya biasanya meningkat secara moderat (dan linier) dengan suhu. Efeknya minimal karena monokristal umumnya memiliki koefisien suhu (α) $+0,034\%/^{\circ}\text{C}$. Koefisien suhu lain untuk tegangan dihasilkan dari penurunan sub-linier dalam tegangan yang disebabkan oleh panel surya sebagai fungsi suhu. koefisien tegangan untuk suhu. Nilai koefisien temperatur tegangan (β) untuk panel monokristal biasanya $-0,34\%/^{\circ}\text{C}$, yang berarti bahwa kehilangan tegangan secara substansial lebih besar daripada kenaikan arus dan dengan demikian kehilangan daya secara keseluruhan juga substansial. Daya keluaran panel surya dengan akibat adanya perubahan temperatur atau iklim akan memengaruhi panel surya.

Selain elemen utama radiasi matahari, suhu lingkungan adalah aspek lain yang berdampak pada efisiensi panel surya. Terdapat hubungan linier antara suhu lingkungan dan suhu permukaan panel surya. Jadi, berdasarkan kondisi tipikal Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), ada formulasi yang menentukan hubungan antara parameter suhu panel, lingkungan sekitar, dan radiasi matahari. NOCT adalah pengukuran suhu yang dicapai oleh sel surya dalam kondisi radiasi matahari 800 W/m^2 , kecepatan angin 1 m/s , dan suhu lingkungan 20°C .

PENUTUP

Artikel ini telah memaparkan bagaimana pengaruh dari perubahan iklim di Indonesia terhadap teknologi baru yakni panel surya atau PLTS. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwasannya telah terjadi perubahan iklim yang diakibatkan oleh pemanasan global. Proses pemanasan global sebagian besar dipicu oleh masuknya energi panas ke dalam lautan dan pembuktian bahwa selama ini, lautan terus mengalami pemanasan. Selama satu abad terakhir, telah terjadi kenaikan rata-rata $0,8^{\circ}\text{C}$ pada suhu bumi. Hal ini tentu saja mengakibatkan adanya pengaruh terhadap efisiensi panel surya yang ada. Efisiensi setiap panel surya berbeda-beda. Kisaran suhu normal untuk panel surya di sistem tenaga surya rumah pribadi adalah antara 15°C dan 35°C , dengan suhu standar 25°C (77°F). Performa tertinggi panel surya terjadi pada kisaran suhu ini. Pada suhu 65°C (149°F), efisiensi panel surya mencapai maksimum. Pengoperasian yang efisien dari tata surya dapat terhambat pada suhu ini karena penurunan tegangan yang dihasilkan. Nilai solar panel surya akan meningkat selama musim kemarau Juli hingga Oktober, sedangkan musim hujan Desember hingga Januari akan memiliki nilai terendah. Selain itu, kapasitas produksi panel surya sangat bervariasi tergantung pada musim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan terimakasih yang besar-besarnya kepada kedua orang tua penulis karena tak henti-hentinya memberikan dukungan baik berupa tenaga maupun finansial. Tak luput pula penulis sampaikan terimakasih kepada Dr. Sudarti M. Kes, dan Dr. Yushardi, M. Si. selaku dosen pengampu mata kuliah Fisika Lingkungan sekaligus sebagai pembimbing dalam penyusunan artikel ini. Ucapan terimakasih pula kepada penerbit Jurnal Optika.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, M. S., S. Thamrin, dan R. Laksmono. 2023. Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya sebagai alternatif energi masa depan. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 4(3), 2427-2435.
- Azhar, M., dan D. A. Satriawan. 2018. Implementasi kebijakan energi baru dan energi terbarukan dalam rangka ketahanan energi nasional. *Administrative Law and Governance Journal*, 1(4), 398-412.
- Dahliya, D., S. Samsurizal, dan N. Pasra. 2021. Efisiensi panel surya kapasitas 100 wp akibat pengaruh suhu dan kecepatan angin. *Jurnal Ilmiah Sutet*, 11(2), 540491.
- Dewi, R. P., U. Karyani, dan R. Darpono. 2023. Aplikasi nodemcu esp8266 dan sensor suhu untuk monitoring suhu permukaan panel surya melalui smartphone. *Jurnal Ilmiah Flash*, 8(2), 53-58.
- Evalina, N., A. Azis, F. I. Pasaribu, dan A. Arfis. 2021. Penerapan pembangkit listrik tenaga surya pada robot penyemprot desinfektan. In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan*, 2(1), 368-374.
- Hamdani, D., R. Rahmawati, N. Khoirunisa, N., dan L. Subagiyo. 2023. Penerapan teknologi pv-shs sebagai penyedia listrik bertenaga matahari di Kabupaten Kutai Kartanegara: Studi Kasus Wilayah Desa Jonggon Jaya. E-Dimas. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 14(3), 544-549.
- Irawati, F., F. D. Kartikasari, dan E. Tarigan. 2021. Pengenalan energi terbarukan dengan fokus energi matahari kepada siswa sekolah dasar dan menengah. Publikasi pendidikan. *Jurnal Pemikiran, Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Bidang Pendidikan*, 11(2), 164-169.
- Kanugrahan, L., dan E. Sujarwanto. 2021. Komparasi potensi bahan panel surya berdasarkan iklim kota tasikmalaya. *Diffraction: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 3(2), 62-67.
- Kristiawan, H., I. N. S. Kumara, dan I. A. D. Giriantari. 2019. Potensi pembangkit listrik tenaga surya atap gedung sekolah di Kota Denpasar. *Jurnal Spektrum*, 6(4).
- Makkulau, A., S. Samsurizal, dan M. Fikri. 2021. Pengaruh intensitas matahari terhadap karakteristik sel surya jenis polycrystalline menggunakan regresi linear. *Jurnal Kilat*, 10(1), 500121.
- Nurdiana, N., E. Emidiana, M. S. Al Amin, I. K. Febrianti, P. Perawati, Y. Irwansi, dan A. Azis. 2021. Sosialisasi Dan Penyuluhan Pemanfaatan Energi Terbarukan Di Lingkungan Smk Tri Darma Palembang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Abdimas) Universitas Baturaja*, 1(2), 35-42.
- Priatam, P. P. T. D., M. F. Zambak, S. Suwarno, dan P. Harahap, P. 2021. Analisa radiasi sinar matahari terhadap panel surya 50 WP. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi). *Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 48-54.
- Rudi Cahyono, G. 2020. Pengaruh variasi kecepatan hembusan udara terhadap temperatur, daya output dan efisiensi pada pendinginan panel surya. *Jurnal Infotekmesin*, 11(2), 141-146.

- Sardi, J., A. B. Pulungan, R. Risfendra, R., dan H. Habibullah. 2020. Teknologi Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Untuk Sistem Penerangan Pada Kapal Nelayan. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 7(1), 21-26.
- Setyono, J. S., F. H. Mardiansjah, dan M. F. K. Astuti. 2019. Potensi Pengembangan Energi Baru dan Energi Terbarukan di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 13(2), 177-186.