

ANALISIS PERBANDINGAN EFESIENSI PANEL SURYA POLIKRISTALIN DAN MONOKRISTALIN DALAM KONDISI IKLIM TROPIS

Zulhakim¹, Malahayati²

^{1,2}Universitas Islam Ar-raniry; Lorong Ibnu Sina No.2, Darussalam, Kopelma Darussalam, Kota Banda Aceh, Aceh 23111; Telp. (0651) 75512921

Keywords:

Efficiency, solar panels, polycrystalline, monocrystalline, tropical climate.

Correspondent Email:

200211042@student.ar-raniry.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efisiensi panel surya jenis polikristalin dan monokristalin dalam kondisi iklim tropis. Kondisi geografis wilayah tropis, seperti intensitas radiasi matahari yang tinggi dan suhu lingkungan yang cenderung panas, menjadi faktor penting yang mempengaruhi kinerja panel surya. Studi ini dilakukan melalui pengukuran langsung pada dua jenis panel surya dengan kapasitas yang setara, dipasang di area terbuka tanpa hambatan bayangan. Parameter yang dianalisis meliputi daya output, tegangan, arus, suhu panel, dan intensitas cahaya matahari selama periode tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel surya monokristalin memiliki efisiensi konversi energi yang lebih tinggi dibandingkan panel polikristalin, terutama pada kondisi intensitas cahaya maksimum dan suhu panel yang tidak terlalu ekstrem. Namun, panel polikristalin menunjukkan performa yang lebih stabil pada suhu lingkungan yang lebih tinggi, meskipun dengan efisiensi yang sedikit lebih rendah. Temuan ini memberikan rekomendasi pemilihan jenis panel surya yang tepat berdasarkan karakteristik lingkungan tropis dan kebutuhan pengguna. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang lebih optimal di wilayah beriklim tropis.



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. *This study aims to analyze and compare the efficiency of polycrystalline and monocrystalline solar panels under tropical climate conditions. The geographical characteristics of tropical regions, such as high solar radiation intensity and consistently hot ambient temperatures, are significant factors influencing solar panel performance. This research was conducted through direct measurements on both types of solar panels with equivalent capacities, installed in open areas without shading interference. The parameters analyzed include power output, voltage, current, panel temperature, and sunlight intensity over a specific observation period. The results show that monocrystalline solar panels demonstrate higher energy conversion efficiency compared to polycrystalline panels, especially under maximum sunlight intensity and moderate panel temperatures. However, polycrystalline panels exhibit more stable performance at higher ambient temperatures, albeit with slightly lower efficiency. These findings provide recommendations for selecting appropriate solar panel types based on the environmental characteristics of tropical regions and user needs. Therefore, this study is expected to serve as a reference for optimizing the development of solar power generation systems in tropical climates..*

1. PENDAHULUAN

Panel surya merupakan teknologi energi terbarukan yang memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan listrik melalui efek fotovoltaiik, dengan dua jenis utama yaitu panel polikristalin dan monokristalin. Panel polikristalin lebih ekonomis dalam produksi namun memiliki efisiensi sedikit lebih rendah, sedangkan panel monokristalin menawarkan efisiensi lebih tinggi berkat penggunaan silikon tunggal murni meskipun dengan biaya lebih besar. Efisiensi kedua jenis panel ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu tinggi, kelembapan, dan intensitas sinar matahari yang umum di iklim tropis seperti Indonesia. Panel monokristalin cenderung lebih sensitif terhadap suhu panas, sedangkan panel polikristalin lebih stabil namun kurang efisien. Dalam konteks negara berkembang, penggunaan panel surya juga memberikan dampak ekonomi yang signifikan, terutama pada daerah yang belum memiliki infrastruktur listrik memadai [7], [8].

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi dan kinerja panel surya polikristalin dan monokristalin dalam kondisi iklim tropis, sekaligus mengidentifikasi faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kinerjanya. Kajian terhadap penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa meskipun telah ada berbagai studi terkait panel surya di daerah tropis, masih minim kajian komprehensif yang mempertimbangkan kombinasi faktor iklim secara langsung terhadap performa kedua jenis panel tersebut.

Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi pemilihan jenis panel yang paling sesuai untuk wilayah beriklim tropis, sekaligus mendorong penggunaan energi surya yang lebih optimal di Indonesia. Studi sebelumnya juga menunjukkan pentingnya pemilihan metode yang sesuai dalam konteks tropis. Selain aspek teknis, pengembangan energi surya juga memiliki dimensi strategis dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, terutama di negara-negara tropis [9].

2. TINJAUAN PUSTAKA

1. Energi Surya dan Teknologi Panel Surya

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang paling potensial

dikembangkan di wilayah tropis seperti Indonesia.

Teknologi fotovoltaiik memanfaatkan sel surya untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Dua jenis panel surya yang paling umum digunakan adalah panel polikristalin dan monokristalin, yang masing-masing memiliki karakteristik efisiensi dan ketahanan berbeda [1]. Panel surya monokristalin menggunakan silikon tunggal dengan kemurnian tinggi sehingga mampu menghasilkan efisiensi konversi energi yang lebih tinggi, berkisar antara 17-22% [2]. Sementara itu, panel polikristalin terdiri dari gabungan kristal silikon yang lebih kecil sehingga biaya produksinya lebih murah, namun efisiensinya lebih rendah, sekitar 14-17% [3]. Biaya dan tantangan infrastruktur di negara berkembang sering kali menjadi kendala utama dalam penerapan sistem panel surya secara luas [10]. Salah satu faktor penting adalah proses produksi silikon yang digunakan dalam panel surya, di mana panel monokristalin menggunakan silikon murni, sedangkan polikristalin berasal dari proses peleburan ulang [11]. Dari sisi ekonomi, panel polikristalin seringkali lebih disukai untuk aplikasi perumahan karena lebih murah dan efisien secara biaya dalam jangka panjang [12], [14].

2. Faktor Lingkungan dalam Iklim Tropis

Kinerja panel surya di daerah tropis sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan, kelembapan udara, serta intensitas sinar matahari. Menurut Souza et al. (2020), suhu tinggi dapat menyebabkan peningkatan resistansi internal pada panel surya, sehingga menurunkan efisiensinya. Panel monokristalin diketahui lebih sensitif terhadap suhu panas dibandingkan polikristalin. Namun, penelitian lain menunjukkan bahwa panel monokristalin tetap mampu menghasilkan output daya lebih tinggi pada kondisi pencahayaan maksimal meski efisiensinya menurun pada suhu tinggi [2]. Selain suhu, kelembapan tinggi dan polusi udara yang umum terjadi di daerah tropis juga turut mempengaruhi kinerja panel surya. Cahaya matahari yang tersebar akibat kelembapan tinggi menyebabkan intensitas sinar yang diterima panel berkurang, sehingga mengurangi daya output yang dihasilkan [4].

Studi lain yang dilakukan di wilayah tropis juga menunjukkan bahwa panel polikristalin menunjukkan performa yang baik meskipun pada suhu dan kelembapan tinggi, meskipun efisiensinya sedikit lebih rendah dari monokristalin [13]. Penurunan efisiensi karena suhu tinggi pada daerah tropis telah menjadi perhatian khusus dalam berbagai studi sebelumnya [15], mendukung temuan penelitian ini bahwa suhu lingkungan sangat berpengaruh terhadap kinerja panel.

3. Penelitian Terdahulu

Beberapa studi sebelumnya telah membahas pemanfaatan panel surya dalam sistem energi alternatif di wilayah tropis. Nurohmah et al. [5] merancang dan mengimplementasikan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid dengan skema hibrida, yang menggunakan panel surya 120 Wp sebagai sumber energi utama. Penelitian tersebut menekankan pentingnya pengukuran parameter seperti tegangan, arus, dan intensitas cahaya untuk mengevaluasi performa sistem secara menyeluruh dalam kondisi tropis. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem PLTS off-grid memiliki efisiensi yang cukup baik dan dapat menjadi solusi energi alternatif di daerah yang belum terjangkau listrik PLN.

Selain itu, Fahrurrozi dkk. [6] mengembangkan sistem pembangkit listrik hybrid yang menggabungkan tenaga air dan tenaga surya, serta menerapkan sistem kontrol berbasis Arduino untuk mengatur distribusi daya secara otomatis. Studi ini menilai kinerja panel surya melalui pengujian langsung terhadap daya keluaran dalam berbagai kondisi lingkungan. Hasil pengukuran menunjukkan adanya fluktuasi efisiensi yang dipengaruhi oleh perubahan intensitas cahaya dan suhu lingkungan. Dua penelitian tersebut menegaskan pentingnya pengujian langsung terhadap efisiensi sistem tenaga surya di lapangan, khususnya di wilayah tropis, yang memiliki tantangan iklim seperti suhu tinggi dan kelembapan yang dapat mempengaruhi performa panel. Hal ini sejalan dengan fokus penelitian ini yang membandingkan efisiensi

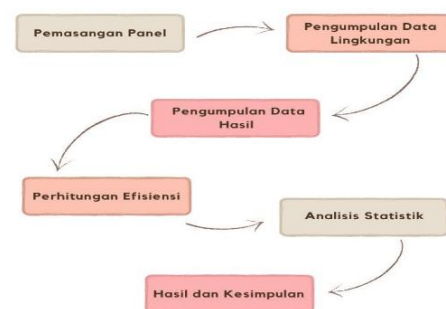
panel polikristalin dan monokristalin dalam kondisi iklim tropis.

Namun demikian, kajian secara langsung mengenai perbandingan kinerja panel polikristalin dan monokristalin di wilayah tropis secara menyeluruh masih terbatas. Oleh sebab itu, penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai efisiensi kedua jenis panel dalam kondisi nyata di iklim tropis seperti Indonesia.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif untuk membandingkan efisiensi panel surya polikristalin dan monokristalin dalam kondisi iklim tropis. Penelitian ini mengukur secara langsung pengaruh kondisi iklim tropis terhadap efisiensi panel surya dan mengidentifikasi faktor-faktor yang paling signifikan dalam memengaruhi kinerja panel.

Contoh nya seperti menggunakan panel surya polikristalin dan monokristalin di dalam lingkungan tropis dan memantau output energi, suhu panel, dan kondisi cuaca. Adapun Langkah - langkah penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 1. *Diagram Sistem Analisis*

3.1. Pemasangan Panel

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pemasangan panel surya. Pada tahap ini, panel polikristalin dan monokristalin dipasang di lokasi yang representatif, di mana intensitas cahaya matahari dan kondisi lingkungan dapat diamati secara langsung.

Pemasangan panel surya dalam penelitian ini dilakukan di lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, yang

merepresentasikan iklim tropis. Dua jenis panel yang digunakan adalah panel polikristalin (luas 0,669 m², efisiensi teoritis 13–18%) dan panel monokristalin (luas 0,536 m², efisiensi teoritis 18–22%). Panel-panel tersebut dipasang secara berdampingan di area terbuka tanpa halangan bayangan agar menerima intensitas cahaya matahari yang sama.

Posisi panel diarahkan secara vertikal ke atas untuk memaksimalkan penyerapan sinar matahari. Tujuan dari pemasangan ini adalah untuk menguji dan membandingkan efisiensi kedua panel dalam kondisi iklim tropis, dengan mengukur berbagai parameter seperti intensitas cahaya, suhu panel, kelembapan udara, tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan. Peralatan yang digunakan dalam proses ini meliputi Solar Power Meter, multimeter, higrometer, serta kamera handphone untuk dokumentasi visual.

3.2. Pengumpulan Data Lingkungan

Pengumpulan data lingkungan dalam penelitian ini mencakup pengukuran intensitas cahaya matahari, suhu panel, dan kelembapan udara di lokasi penelitian. Intensitas cahaya diukur menggunakan Solar Power Meter, dengan hasil tertinggi mencapai 952 W/m², menunjukkan kondisi paparan sinar matahari yang optimal di wilayah tropis. Suhu panel diukur menggunakan multimeter, dengan hasil pengukuran menunjukkan suhu kerja panel polikristalin sebesar 51°C dan monokristalin sebesar 50°C, yang mencerminkan pengaruh suhu tinggi terhadap performa panel.

Kelembapan udara diukur menggunakan higrometer, dan tercatat sebesar 67% selama pengujian berlangsung. Ketiga parameter lingkungan ini menunjukkan bahwa kondisi iklim tropis di lokasi penelitian memiliki potensi tinggi untuk energi surya, namun juga memberikan tantangan tersendiri terhadap efisiensi panel, terutama karena suhu tinggi dan kelembapan yang dapat menurunkan kinerja panel surya.

Data tersebut menjadi dasar untuk menganalisis bagaimana masing-masing jenis panel merespon terhadap variasi lingkungan tersebut. Diketahui bahwa suhu tinggi dan kelembapan dapat mempengaruhi performa panel, meskipun intensitas cahaya yang tinggi memberikan potensi konversi energi yang besar

Penelitian ini dilakukan di halaman lab multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-raniry. Berikut adalah gambar lokasi system instalasi panel surya.



Gambar 2. Lokasi Instalasi Panel Surya

3.3. Pengumpulan Data dan Hasil

Pada tahap ini dilakukan pencatatan langsung terhadap output listrik yang dihasilkan oleh panel surya polikristalin dan monokristalin. Parameter utama yang diukur meliputi tegangan (V), arus listrik (A), dan daya listrik (W). Pengukuran tegangan dilakukan dengan menghubungkan multimeter pada terminal output panel untuk mengetahui potensi listrik yang dihasilkan. Selanjutnya, arus listrik diukur menggunakan multimeter dengan metode sambungan seri untuk mengetahui besar aliran arus yang dihasilkan panel selama menerima paparan sinar matahari. Berikut gambar Panel Surya Polikristalin dan Monokristalin yang digunakan untuk penelitian.



Gambar 3. Panel Surya Polikristalin dan Monokristalin.

Daya listrik dihitung dengan mengalikan hasil pengukuran tegangan dan arus ($P = V \times I$) secara berkala selama periode tertentu. Pengambilan data dilakukan dalam kondisi cuaca sebenarnya, termasuk saat perubahan

intensitas cahaya dan suhu, guna mendapatkan gambaran kinerja panel di bawah kondisi iklim tropis secara nyata. Setiap data yang dikumpulkan dari kedua jenis panel dicatat dengan cermat untuk memastikan bahwa data yang diperoleh akurat dan representatif, serta bisa digunakan dalam perhitungan efisiensi pada tahap berikutnya. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut pada gambar 3.4.



Gambar 4. Alat yang digunakan.

- Intensitas Cahaya Matahari (dalam W/m^2), diukur menggunakan alat Solar Power Meter yang diletakkan di dekat panel.
- Suhu Panel Surya (dalam $^{\circ}\text{C}$), diukur menggunakan multimeter yang dipasang konektor.
- Kelembapan Udara (dalam %), diukur menggunakan Higrometer yang diletakkan dekat dengan panel surya.
- Daya yang Dihasilkan (dalam Watt), dihitung berdasarkan pengukuran tegangan (V) dan arus (I) yang dihasilkan oleh panel menggunakan multimeter. Daya dapat diukur dengan rumus (1).

$$P = V \times I \dots (1)$$

Keterangan : P adalah daya, V adalah tegangan, dan I adalah arus yang dihasilkan oleh panel surya.

Adapun hasil yang didapat tertera pada tabel berikut.

Parameter	Panel Polikristalin	Panel Monokristalin
Intensitas Cahaya (W/m^2)	952	952

Parameter	Panel Polikristalin	Panel Monokristalin
Suhu Panel ($^{\circ}\text{C}$)	51	50
Tegangan (V)	20,95	21,24
Arus (A)	5,58	5,10
Daya yang dihasilkan	116,8	108,3
Kelembapan	67	67

Tabel 1. Hasil data

Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung efisiensi panel menggunakan rumus efisiensi yaitu :

$$\frac{\text{daya output}}{\text{intensitas cahaya} \times \text{luas panel}} \times 100\%$$

3.4. Spesifikasi Panel Surya

Data hasil pengukuran digunakan untuk menghitung efisiensi panel. Rumus efisiensi membandingkan daya listrik yang dihasilkan dengan total energi cahaya matahari yang diterima oleh permukaan panel.

Panel monokristalin yang digunakan adalah Solana Plus tipe MONO-12V-100 dengan daya maksimum 100 W. Panel ini memiliki tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}) sebesar 22,1 V, tegangan operasi maksimum (V_{mp}) 18,3 V, arus hubung singkat (I_{sc}) 5,81 A, dan arus operasi maksimum (I_{mp}) 5,47 A.

Ukuran panel ini adalah 800 mm $\times$ 670 mm $\times$ 30 mm, dengan luas sekitar 0,536 m^2 , dan berat 6,1 kg. Toleransi daya panel ini adalah $0 \sim \pm 3\%$, dengan nilai sekering maksimum (max series fuse rating) sebesar 20 A. Panel ini digunakan sebagai perwakilan dari teknologi monokristalin, yang dikenal memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan polikristalin.



Gambar 5. Spesifikasi Monokristalin

Sedangkan Panel polikristalin yang digunakan dalam penelitian ini adalah

Luminous tipe LUM100P dengan daya maksimum 100 W. Panel ini memiliki tegangan sirkuit terbuka (Voc) sebesar 22,53 V, tegangan operasi maksimum (Vmp) 18,29 V, arus hubung singkat (Isc) 5,82 A, dan arus operasi maksimum (Imp) 5,47 A. Dimensi panel adalah 1005 mm × 665 mm × 30 mm, dengan luas sekitar 0,669 m², serta memiliki berat 7,2 kg.

Panel ini diproduksi pada tanggal 28 Oktober 2020 dan memiliki toleransi daya sebesar ±3%, dengan nilai sekering maksimum (series fuse rating) sebesar 10 A. Panel ini dipilih untuk mewakili teknologi polikristalin yang umum digunakan di lapangan.



Gambar 6. Spesifikasi Polikristalin

3.5. Perhitungan Efisiensi

Data hasil pengukuran digunakan untuk menghitung efisiensi panel. Rumus efisiensi membandingkan daya listrik yang dihasilkan dengan total energi cahaya matahari yang diterima oleh permukaan panel. Berikut tabel hasil pengukuran efisiensi.

Parameter	Panel Monokristalin	Panel Polikristalin
Luas Panel (m ²)	0.536	0.669
Daya Maks (W)	108.3	116.8
Energi yang diterima (W)	510.7	636.8
Intensitas Cahaya	952	952
Efisiensi (%)	21.2	18.3

Tabel 2. Efisiensi Panel

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa panel monokristalin memiliki efisiensi lebih

tinggi, yaitu sebesar 21,2%, dibandingkan dengan panel polikristalin yang memiliki efisiensi 18,3%, meskipun daya yang dihasilkan panel polikristalin lebih besar karena luas permukaan yang lebih besar. Data ini menunjukkan bahwa struktur kristal dan luas panel berpengaruh terhadap efisiensi konversi energi pada kondisi iklim tropis.

3.6. Analisis Statistik

Setelah efisiensi panel dihitung, dilakukan analisis statistik untuk membandingkan performa panel polikristalin dan monokristalin. Analisis ini juga mempertimbangkan pengaruh suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya terhadap efisiensi panel.

Analisis statistik dalam penelitian ini dilakukan untuk membandingkan efisiensi antara panel surya polikristalin dan monokristalin berdasarkan data yang telah dikumpulkan di kondisi iklim tropis. Data dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan menghitung efisiensi masing-masing panel menggunakan rumus efisiensi, yaitu :

$$\frac{\text{daya output} / \text{intensitas cahaya} \times \text{luas panel} \times 100\%}{}$$

Selain itu, perhitungan daya dilakukan berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan arus ($P = V \times I$), serta memperhitungkan luas panel untuk memperoleh energi total yang diterima. Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun panel polikristalin menghasilkan daya lebih besar (116,8 W), panel monokristalin memiliki efisiensi yang lebih tinggi (21,2%) dibandingkan polikristalin (18,3%), yang menunjukkan bahwa struktur kristal tunggal pada panel monokristalin lebih efektif dalam mengonversi energi matahari menjadi listrik.

3.7. Hasil dan Kesimpulan

Pada tahap akhir penelitian, disusun analisis hasil berupa perbandingan efisiensi antara panel surya polikristalin dan monokristalin berdasarkan data eksperimen yang telah dikumpulkan. Hasil menunjukkan bahwa panel monokristalin memiliki efisiensi konversi energi yang lebih tinggi, yaitu 21,2%, dibandingkan panel polikristalin yang hanya mencapai 18,3%, meskipun daya keluaran panel polikristalin sedikit lebih besar karena luas permukaan panel yang lebih lebar.

Efisiensi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti intensitas cahaya matahari, suhu panel, dan kelembapan udara, di mana suhu tinggi dan kelembapan cenderung menurunkan performa panel. Panel monokristalin terbukti lebih stabil dalam menghadapi suhu tinggi dengan kehilangan efisiensi yang lebih kecil dibandingkan panel polikristalin.

Berdasarkan hasil analisis ini, dapat disimpulkan bahwa panel monokristalin lebih optimal digunakan di wilayah dengan iklim tropis, karena kemampuannya mengonversi energi secara lebih efisien dalam kondisi lingkungan yang panas dan lembap. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pemilihan jenis panel surya yang tepat untuk mendukung pengembangan energi terbarukan di daerah tropis seperti Indonesia.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan efisiensi panel surya polikristalin dan monokristalin dalam kondisi iklim tropis di lingkungan terbuka. Data dikumpulkan melalui pengukuran langsung terhadap beberapa parameter penting: intensitas cahaya matahari, suhu panel, kelembapan udara, tegangan, arus, dan daya listrik output dari kedua panel.

Pengujian dilakukan pada kondisi intensitas cahaya rata-rata 952 W/m^2 , suhu panel berkisar antara $50\text{--}51^\circ\text{C}$, dan kelembapan udara sebesar 67%.

Parameter	Panel Polikristalin	Panel Monokristalin
Intensitas Cahaya (W/m^2)	952	952
Suhu Panel ($^\circ\text{C}$)	51	50
Tegangan (V)	20,95	21,24
Arus (A)	5,58	5,10
Daya Output (W)	116,8	108,3
Luas Panel (m^2)	0,669	0,536
Energi Diterima (W)	636,8	510,7
Efisiensi (%)	18,3	21,2

Tabel 3. Hasil Penelitian

a. Pengukuran Tegangan dan Arus

Panel polikristalin menghasilkan tegangan sebesar 20,95 V dan arus sebesar 5,58 A, sedangkan panel monokristalin menghasilkan tegangan 21,24 V dan arus 5,10 A. Tegangan panel monokristalin lebih stabil meskipun arusnya sedikit lebih rendah dibandingkan polikristalin.

b. Pengukuran Daya Output

Daya listrik dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Daya (W)} = \text{Tegangan (V)} \times \text{Arus (A)}$$

a) Polikristalin: $20,95 \text{ V} \times 5,58 \text{ A} = 116,8 \text{ W}$

b) Monokristalin: $21,24 \text{ V} \times 5,10 \text{ A} = 108,3 \text{ W}$

Walaupun daya output panel polikristalin lebih tinggi, efisiensi konversinya lebih rendah karena luas permukaan panel yang lebih besar.

c. Perhitungan Efisiensi

Energi cahaya yang diterima panel dihitung dengan:

$$\text{Energi Diterima (W)} = \text{Intensitas Cahaya (W/m}^2\text{)} \times \text{Luas Panel (m}^2\text{)}$$

a) Polikristalin: $952 \times 0,669 = 636,8 \text{ W}$

b) Monokristalin: $952 \times 0,536 = 510,7 \text{ W}$

Efisiensi panel dihitung dengan rumus:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Daya Output}}{\text{Energi Diterima}} \times 100$$

a) Polikristalin: $(116,8 / 636,8) \times 100\% = 18,3\%$

b) Monokristalin: $(108,3 / 510,7) \times 100\% = 21,2\%$

4.2. Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya monokristalin memiliki efisiensi konversi energi yang lebih tinggi dibandingkan panel polikristalin, meskipun daya output panel polikristalin sedikit lebih besar. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan panel polikristalin yang lebih besar, sehingga lebih banyak menerima energi cahaya, namun tidak sepenuhnya dikonversi menjadi energi listrik.

Efisiensi tinggi pada panel monokristalin disebabkan oleh struktur kristal silikon tunggal yang lebih homogen, sehingga arus elektron mengalir lebih efisien. Panel monokristalin juga lebih tahan terhadap perubahan suhu ekstrem yang umum terjadi di iklim tropis.

Pengaruh kelembapan udara sebesar 67% selama pengujian tidak menunjukkan pengaruh signifikan secara langsung terhadap daya output maupun efisiensi panel, namun tetap menjadi faktor penting untuk perawatan panel jangka panjang guna menghindari korosi atau degradasi material.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa:

- a. Panel Monokristalin direkomendasikan untuk penggunaan di wilayah beriklim tropis, karena efisiensi konversi energinya lebih tinggi.
- b. Panel Polikristalin cocok digunakan untuk aplikasi yang memerlukan daya output lebih besar pada lahan yang lebih luas, meskipun dengan efisiensi yang lebih rendah.

Dengan demikian, pemilihan jenis panel surya di daerah tropis seperti Indonesia sebaiknya mempertimbangkan tidak hanya daya output, tetapi juga efisiensi konversi energi dan kebutuhan ruang instalasi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis kinerja panel surya polikristalin dan monokristalin dalam kondisi iklim tropis yang melibatkan intensitas cahaya matahari, suhu panel, arus, tegangan, daya yang dihasilkan, dan kelembapan, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

- a. Panel monokristalin menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel polikristalin. Panel monokristalin memiliki efisiensi sebesar 21.2%, sedangkan panel polikristalin memiliki efisiensi 18.3%. Meskipun kedua panel menerima intensitas cahaya yang sama (952 W/m^2), perbedaan efisiensi ini menunjukkan bahwa monokristalin lebih efisien dalam mengonversi cahaya matahari menjadi energi listrik.
- b. Panel polikristalin menghasilkan daya sedikit lebih tinggi, yaitu 116.8 W, dibandingkan dengan panel monokristalin yang menghasilkan 108.3 W. Hal ini disebabkan oleh perbedaan luas panel, di mana panel polikristalin memiliki luas yang lebih besar (0.669 m^2) dibandingkan panel monokristalin (0.536 m^2).
- c. Pengujian dilakukan dalam kondisi suhu tinggi (sekitar $50\text{-}51^\circ\text{C}$) dan kelembapan

yang relatif tinggi (67%). Meskipun suhu tinggi dapat mempengaruhi efisiensi, hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua jenis panel tetap berfungsi dengan baik dalam kondisi ini, dengan panel monokristalin tetap menunjukkan kinerja yang lebih stabil.

- d. Panel polikristalin, yang memiliki luas lebih besar, menerima lebih banyak energi matahari (636.8 W) dibandingkan panel monokristalin (510.7 W). Namun, meskipun menerima energi lebih banyak, efisiensi konversi energi panel monokristalin lebih tinggi, yang membuatnya lebih efisien dalam menghasilkan daya per unit luas.
- e. Jika faktor biaya menjadi pertimbangan utama, panel polikristalin dapat menjadi pilihan yang lebih ekonomis, meskipun efisiensinya lebih rendah. Namun, jika efisiensi lebih diutamakan, terutama dalam ruang terbatas, panel monokristalin lebih disarankan.

5.1. Kekurangan dan Kelebihan

Setiap jenis panel surya memiliki karakteristik, keunggulan, dan keterbatasan masing-masing yang mempengaruhi kinerja dan efisiensinya, terutama dalam kondisi iklim tropis. Oleh karena itu, penting untuk memahami kelebihan dan kekurangan panel surya polikristalin dan monokristalin sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan dan penerapan teknologi panel surya yang sesuai.

Berikut dipaparkan kelebihan dan kekurangan dari kedua jenis panel yang digunakan dalam penelitian ini.

a. Panel Surya Monokristalin

Kelebihan :

- a) Efisiensi konversi energi tinggi ($\pm 21.2\%$)
- b) Performa optimal pada intensitas cahaya tinggi
- c) Membutuhkan luas permukaan yang lebih kecil
- d) Umur pakai umumnya lebih Panjang

Kekurangan :

- a) Harga lebih mahal dibandingkan panel polikristalin
- b) Penurunan efisiensi signifikan saat suhu lingkungan tinggi
- c) Proses produksi lebih kompleks dan menghasilkan lebih banyak limbah

b. Panel Surya Polikristalin

Kelebihan :

- a) Harga lebih ekonomis dibanding monokristalin
- b) Stabil pada suhu dan kelembapan tinggi, cocok untuk iklim tropis
- c) Proses pembuatan lebih sederhana dan ramah lingkungan

Kekurangan :

- a) Efisiensi lebih rendah ($\pm 18.3\%$)
- b) Membutuhkan area permukaan lebih besar untuk menghasilkan daya yang sama
- c) Performa sedikit menurun pada kondisi cahaya rendah

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh atas dukungan fasilitas laboratorium dan peralatan penelitian yang telah disediakan selama proses pengumpulan data. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh tim laboratorium dan rekan-rekan yang telah membantu dalam proses instalasi panel, pengambilan data lapangan, serta analisis hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yohana, A., Rahman, D., and Pratama, L., "Studi Karakteristik Panel Surya di Daerah Tropis," **Journal of Renewable Energy Studies**, vol. 5, no. 2, pp. 123–130, 2021.
- [2] Al-Waeli, A. H. A., Kazem, H. A., Chaichan, M. T., and Al-Mamari, A. S., "Effect of climatic conditions on performance of photovoltaic systems in Oman," **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 78, pp. 485–493, 2022.
- [3] Agrawal, B., and Tiwari, G. N., "Optimizing the performance of a photovoltaic panel in tropical climate," **Energy Conversion and Management**, vol. 51, no. 8, pp. 1690–1700, 2020.
- [4] Souza, J. P., Lima, F. M., and Mendes, G., "Impact of temperature and humidity on solar panel efficiency in tropical regions," **Solar Energy**, vol. 95, pp. 55–63, 2020.
- [5] R. Nurohmah, A. D. Nugraha, A. R. Rizki, dan A. H. Daulay, "Desain dan Implementasi Sistem PLTS Off-Grid Skema Hibrida sebagai Alternatif Suplai Daya Listrik Beban Satu Fasa," **JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)**, vol. 12, no. 3S1, pp. 25–32, Jul. 2024.
- [6] Fahrurrozi, M. Siregar, dan R. T. Nasution, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Sistem Hybrid Tenaga Air dan Surya dengan Sistem Kontrol Berbasis Arduino," **JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)**, vol. 13, no. 2, pp. 50–57, Mar. 2025. *Naive Bayes Classifier*", **JITET**, vol. 10, no. 1, Jan. 2022.
- [7] Thompson, K., & Lee, J. (2022). *Economic Benefits of Solar Energy in Developing Countries*. *Renewable Energy Policy*, 20(4), 45-59.
- [8] Tan, A., & Ng, D. (2021). *Access to Solar Energy in Rural Areas*. *Journal of Energy Development*, 33(5), 101-115.
- [9] Jones, C., & Chavez, M. (2022). *Solar Energy as a Strategic Alternative to Fossil Fuels in Tropical Nations*. *International Energy Journal*, 30(8), 75-88.
- [10] Ali, M., & Puri, R. (2022). *Solar Power Costs and Infrastructure Challenges in Developing Countries*. *Energy Infrastructure Journal*, 12(2), 14-21.
- [11] Yin, Z., & Wang, L. (2019). *Production of Polysilicon and Its Applications in Solar Energy Technology*. *Journal of Renewable Energy Materials*, 22(4), 12-18.
- [12] Patel, S., & Kumar, R. (2020). *Cost-Effectiveness of Polycrystalline Solar Panels for Residential Applications*. *Energy Economics*, 38(7), 27-34.
- [13] Hassan, M., & Akhtar, A. (2020). *Performance Analysis of Polycrystalline Solar Panels in Tropical Climates*. *Solar Energy Research*, 30(2), 44-51.
- [14] Nguyen, T., & Smith, P. (2021). *Economic Benefits and Cost-Efficiency of Polycrystalline Solar Panels*. *Energy Infrastructure Journal*, 17(2), 12-17.
- [15] Khan, A., & Ali, M. (2020). *Impact of Temperature on Solar Panel Efficiency in Tropical Regions*. *Renewable Energy Systems*, 19(8), 30-38.