

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Surya

Surya adalah energi yang diperoleh dari radiasi matahari dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, termasuk pembangkit listrik. Energi ini dianggap sebagai sumber energi terbarukan karena matahari memberikan pasokan energi yang tidak terbatas setiap hari. Salah satu teknologi utama untuk memanfaatkan energi surya adalah dengan menggunakan panel surya (solar panels) atau sel surya (photovoltaic cells), yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik (Jiang et al., 2021).

Sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terdiri dari sejumlah panel surya yang dipasang pada atap bangunan atau area terbuka lainnya. Panel-panel ini dapat berupa berbagai jenis, dengan karakteristik dan efisiensi yang berbeda-beda, tergantung pada bahan pembuatannya. Penggunaan panel surya terus berkembang seiring dengan meningkatnya kesadaran akan isu lingkungan dan kebutuhan akan energi yang lebih bersih dan berkelanjutan (Sharma et al., 2020).

Penggunaan panel surya terus berkembang seiring dengan meningkatnya kesadaran akan isu lingkungan dan kebutuhan akan energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Terutama pada negara-negara yang mengalami defisit energi atau memiliki potensi besar untuk memanfaatkan sinar matahari, PLTS menjadi pilihan yang menarik. Selain itu, peningkatan efisiensi panel surya yang lebih modern dan penurunan biaya produksi secara signifikan telah

menjadikan teknologi ini lebih terjangkau dan lebih banyak diterapkan dalam berbagai sektor, dari sektor rumah tangga hingga industri besar (Miller & Wang, 2021). Di banyak negara, pemerintah juga memberikan insentif atau subsidi untuk mendorong penggunaan energi surya. Hal ini sejalan dengan upaya global untuk mencapai tujuan pengurangan emisi karbon yang telah ditetapkan dalam berbagai perjanjian internasional seperti Perjanjian Paris (2015). Sebagai contoh, negara-negara seperti Jerman, China, dan India telah menginvestasikan miliaran dolar untuk memajukan teknologi energi surya dan memperluas kapasitas pembangkit listrik tenaga surya mereka (Zhao et al., 2019).

2.2 Tipe Panel Surya

Panel surya terbagi menjadi beberapa tipe berdasarkan bahan baku dan proses pembuatannya. Dua tipe utama panel surya yang umum digunakan adalah *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Kedua tipe panel ini memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal efisiensi, biaya, dan daya tahan. Berikut ini adalah penjelasan mengenai kedua tipe tersebut.

2.3 Panel Surya Monocrystalline

Panel surya **monocrystalline** dibuat dari silikon kristal tunggal yang diproses melalui teknik yang disebut "Czochralski" untuk menghasilkan wafer silikon tunggal yang homogen. Struktur kristal tunggal ini memungkinkan elektron bergerak lebih bebas, sehingga meningkatkan efisiensi konversi energi matahari menjadi energi listrik. Secara umum, panel monocrystalline memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan

panel polycrystalline, berkisar antara 15% hingga 22% tergantung pada kualitas dan kondisi operasionalnya (Zhao et al., 2019).

Kelebihan utama dari panel monocrystalline adalah efisiensinya yang tinggi dan daya tahan yang lebih lama. Namun, biaya produksi panel ini lebih mahal karena proses pembuatannya yang lebih rumit dan memerlukan material silikon berkualitas tinggi. Meskipun demikian, panel monocrystalline sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan efisiensi tinggi, meskipun dengan biaya awal yang lebih tinggi (Kang et al., 2020).

Permukaan sel *monocrystalline* biasanya berwarna gelap dan memiliki bentuk yang seragam, tanpa tampilan berbintik-bintik atau berbutir seperti pada *polycrystalline*. Kelebihan utama dari solar cell *monocrystalline* adalah kemampuannya untuk menghasilkan lebih banyak energi per meter persegi dibandingkan dengan tipe *polycrystalline*, menjadikannya pilihan populer untuk aplikasi di mana ruang terbatas atau efisiensi tinggi diperlukan (Photovoltaics and Surya, no date).



Gambar 2.1 Panel Surya Tipe *monocrystalline*
Sumber : (Harahap, 2019)

2.4 Panel Surya Polycrystalline

Panel surya **polycrystalline** terbuat dari silikon yang dicairkan dan kemudian didinginkan dalam cetakan untuk membentuk potongan-potongan kristal yang lebih kecil. Proses pembuatan yang lebih sederhana ini mengurangi biaya produksi dibandingkan dengan panel monocrystalline. Namun, karena terdapat banyak batasan dalam struktur kristalnya, panel polycrystalline umumnya memiliki efisiensi yang lebih rendah, berkisar antara 13% hingga 18% (Wang et al., 2020). Meskipun efisiensinya lebih rendah, panel polycrystalline sering kali lebih terjangkau dan lebih mudah ditemukan di pasaran. Panel ini lebih cocok untuk aplikasi yang memerlukan area pemasangan yang lebih besar atau pada lokasi yang tidak terlalu bergantung pada efisiensi tinggi (Miller & Wang, 2021). Keuntungan utama dari panel polycrystalline adalah harga yang lebih murah dan kemudahan dalam proses pembuatan. Meskipun efisiensinya sedikit lebih rendah, panel polycrystalline tetap banyak digunakan dalam aplikasi skala besar, seperti ladang solar dan proyek pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) komersial (Wang et al., 2020). Penggunaan panel polycrystalline sangat menguntungkan di negara-negara yang memiliki banyak lahan terbuka dengan intensitas cahaya yang tinggi, sehingga dapat mengkompensasi efisiensi yang lebih rendah dengan area pemasangan yang lebih besar.



Gambar 2.2 Panel Surya Tipe polycrystalline
Sumber : (Harahap, 2019)

2.5 Efisiensi Energi Panel Surya

Efisiensi energi panel surya merujuk pada kemampuan panel untuk mengonversi energi matahari menjadi energi listrik yang berguna. Berbagai faktor memengaruhi efisiensi panel surya, termasuk kualitas bahan semikonduktor, orientasi panel terhadap sinar matahari, suhu, dan kondisi lingkungan tempat panel dipasang. Secara umum, efisiensi panel surya dipengaruhi oleh suhu, dengan panel yang lebih efisien pada suhu yang lebih rendah. Panel surya monocrystalline lebih efisien pada intensitas cahaya tinggi, sedangkan panel polycrystalline dapat sedikit lebih stabil pada suhu yang lebih tinggi, meskipun memiliki efisiensi yang lebih rendah (Umar & Nugroho, 2019; Hannan et al., 2018). **Kualitas bahan semikonduktor** adalah faktor penting dalam efisiensi panel surya. Panel surya terbuat dari silikon, yang tersedia dalam bentuk monocrystalline, polycrystalline, dan thin-film. Masing-masing jenis memiliki efisiensi yang berbeda, dengan **panel monocrystalline** biasanya memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel **polycrystalline**. Hal ini disebabkan oleh struktur kristal yang

lebih murni dan homogen pada panel monocrystalline, yang memungkinkan pergerakan elektron lebih bebas dan efisien (Umar & Nugroho, 2019).

2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang dapat berasal dari kondisi lingkungan dan karakteristik material panel itu sendiri. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi efisiensi panel surya antara lain:

- **Intensitas Cahaya:** Efisiensi panel surya sangat bergantung pada jumlah cahaya matahari yang diterima. Panel surya menghasilkan energi paling optimal ketika cahaya matahari yang diterima maksimal. Intensitas cahaya dapat dipengaruhi oleh waktu dalam sehari, musim, dan kondisi cuaca (Zhao et al., 2019).
- **Suhu:** Suhu juga memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi panel surya. Umumnya, semakin tinggi suhu, semakin rendah efisiensi panel surya. Hal ini disebabkan oleh peningkatan resistansi internal dalam material silikon yang mengurangi aliran elektron (Al-Qaraghuli & Al-Mashaqbeh, 2018).
- **Sudut Kemiringan dan Orientasi Panel:** Sudut kemiringan dan orientasi panel terhadap matahari juga memengaruhi jumlah cahaya yang diterima oleh panel. Sudut yang lebih optimal dapat meningkatkan efisiensi penyerapan energi (Hernandez et al., 2019).
- **Kualitas dan Umur Panel:** Seiring berjalannya waktu, panel surya akan mengalami penurunan efisiensi karena pengaruh faktor lingkungan seperti kotoran, debu, atau korosi. Oleh karena itu, kualitas panel dan

pemeliharaannya memainkan peran penting dalam menjaga kinerjanya (Alam et al., 2020).

2.7 Konsep Regresi Linear

Regresi linear berusaha untuk menemukan garis terbaik yang dapat memodelkan hubungan linier antara variabel-variabel tersebut. Dalam persamaan regresi linear sederhana, hubungan antara variabel independen x dan variabel dependen y dapat ditulis sebagai:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$$

Keterangan:

- y adalah variabel dependen (efisiensi panel surya),
- x adalah variabel independen (intensitas cahaya, suhu lingkungan.)
- β_0 adalah konstanta,
- β_1 adalah koefisien regresi yang menunjukkan kemiringan garis,
- ϵ adalah error term atau kesalahan.

Dalam penelitian ini, regresi linear digunakan untuk menganalisis hubungan antara faktor-faktor seperti intensitas cahaya dan suhu terhadap efisiensi panel surya untuk kedua tipe (monocrystalline dan polycrystalline) (Gong et al., 2022).

2.8 Regresi Linear dalam Analisis Efisiensi Panel Surya

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menganalisis dan memprediksi efisiensi panel surya adalah melalui **algoritma regresi linear**. Regresi linear adalah metode statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel independen (misalnya, suhu, intensitas cahaya) dan

variabel dependen (efisiensi panel surya). Model regresi linear yang dibangun akan menunjukkan seberapa besar pengaruh masing-masing faktor terhadap efisiensi panel surya, serta memberikan prediksi efisiensi di berbagai kondisi lingkungan (Gong et al., 2022). Metode ini memiliki banyak aplikasi dalam perencanaan dan perhitungan efisiensi sistem energi surya. Dalam penelitian ini, regresi linear digunakan untuk membandingkan efisiensi antara panel surya tipe monocrystalline dan polycrystalline berdasarkan data eksperimen dan kondisi operasional yang berbeda. Algoritma regresi linear memungkinkan identifikasi faktor-faktor kritis yang mempengaruhi efisiensi dan memungkinkan perhitungan efisiensi pada berbagai skenario (Chien & Chen, 2020).

2.9 Kajian Puataka

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Nama	Judul penelitian	Hasil penelitian	Tahun
1	N. H. F. Rahman, S. M. Islam, M. A. Hannan	Comparative Study of the Efficiency of Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels in Different Environmental Conditions	Panel monocrystalline lebih efisien pada intensitas cahaya tinggi, sedangkan panel polycrystalline lebih stabil pada suhu tinggi meskipun efisiensinya lebih rendah.	2020

2	A. K. Sharma, P. Singh, R. G. Patil	Effect of Temperature on the Efficiency of Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels	Panel monocrystalline mengalami penurunan efisiensi yang lebih signifikan pada suhu tinggi, sedangkan panel polycrystalline lebih stabil dalam suhu tinggi.	2019
3	A. B. Laskar, M. H. Rashid, S. J. Hasan	Predicting Solar Panel Efficiency Using Linear Regression Models	Regresi linear dapat digunakan untuk memprediksi efisiensi panel surya dengan akurat berdasarkan variabel suhu, cahaya, dan jenis panel.	2018
4	M. F. Alam, A. M. Reza, K. M. S. Zubair	Comparative Analysis of Solar Panel Efficiencies Using Linear Regression and Statistical Models	Regresi linear efektif untuk menganalisis efisiensi panel berdasarkan variabel suhu, cahaya, dan umur, serta dapat digunakan untuk optimasi desain sistem	2017

			tenaga surya	
5	Z. Zhao, L. Wang, F. Li	Enhancement of Solar Panel Efficiency through Linear Regression Analysis	Regresi linear dapat membantu meningkatkan efisiensi panel surya dengan memodelkan pengaruh faktor-faktor eksternal seperti intensitas cahaya dan suhu.	2021
6	J. L. Chien, W. C. Chen	Performance Comparison of Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels Using Linear Regression Analysis	Regresi linear dapat memprediksi kinerja panel surya dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti suhu, cahaya, dan orientasi panel. Panel monocrystalline lebih efisien dalam kondisi cahaya tinggi.	2020