

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemenuhan Indonesia dalam pengurangan emisi CO₂ terus dilakukan untuk mendukung pembangunan dan pemulihan ekonomi ketika kebutuhan energi akan terus meningkat. Indonesia memiliki komitmen untuk mencapai tujuannya *net zero emission*. Program *net zero emission* muncul pada *Conference of the Parties* diadakan di Paris. Program *net zero emission* bertujuan untuk menekan pencemaran lingkungan yang dapat mengakibatkan adanya pemanasan global (IRID, 2022). Sektor yang difokuskan yaitu energi. Pelaksanaannya dilakukan melalui berbagai macam upaya seperti mitigasi, pendanaan, bahkan teknologi. Program ini didukung oleh Indonesia dengan harapan menyusun strategi dalam pembangunan lingkungan rendah emisi gas rumah kaca jangka panjang yang dilaksanakan secara berkelanjutan.

Sumber energi primer global adalah bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam (M. A. A. Mamun et al., 2022). Namun, aktivitas penggalian bahan bakar fosil akan menimbulkan kelangkaan. Hal ini dikarenakan bahan bakar fosil merupakan bahan tidak dapat terbarukan dan dapat habis suatu waktu. Energi fosil mendominasi dalam penyediaan energi primer hingga tahun 2050 dan cadangan energi fosil salah satu contohnya minyak bumi per tahun 2019 sebesar 3,8 miliar barel dengan rasio cadangan produksi selama 9 tahun (Setyono & Kiono,

2021). Cadangan bahan bakar fosil kemungkinan akan habis dalam 50 hingga 120 tahun ke depan (M. A. A. Mamun et al., 2022). Selain itu, pemanfaatan energi global dapat menyebabkan pencemaran lingkungan emisi gas rumah kaca yang berdampak pada pemanasan global.

Adanya permasalahan ketersediaan cadangan energi primer dan dampak pemanfaatannya, diperlukan penekanan terhadap eksplorasi sumber energi terbarukan yang bersih, terjangkau, dan berkelanjutan. Sesuai harapan dan komitmen Indonesia dalam bagian energi sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs) untuk tujuan SDGs ke 7 yaitu energi terjangkau dan bersih (Kementerian PPN/ Bappenas, 2017). Pertama, Indonesia berharap untuk menyediakan akses energi yang terjangkau bagi seluruh penduduk dengan upaya mengekspansi jaringan listrik ke seluruh daerah. Kedua, Indonesia berkomitmen dalam peningkatan energi bersih melalui penggunaan energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, air, dan mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Ketiga, efisiensi energi diupayakan dengan pengurangan limbah energi dalam bidang industri, transportasi, dan bangunan. Keempat, peningkatan energi terbarukan dikembangkan melalui investasi infrastruktur energi terbarukan, misalkan tenaga surya dengan mengembangkan *solar panel*. Tidak hanya itu, pengurangan emisi gas rumah kaca tercantum dalam SDGs ke 13 yang dilakukan dengan mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan meningkatkan energi bersih.

Berbagai pilihan energi terbarukan meliputi surya, angin, panas bumi, tenaga air, bioenergi, dan energi laut, energi tersebut menyediakan sekitar 20% dari kebutuhan energi global (M. A. A. Mamun et al., 2022). Pilihan yang paling sesuai,

mudah dipasang, dan layak secara ekonomi adalah energi yang bersumber dari cahaya matahari (surya) karena jumlahnya sangat besar dan berkelanjutan. Secara astronomis, Indonesia terletak di sepanjang garis khatulistiwa sehingga memiliki iklim tropis dan menguntungkan bagi Indonesia untuk pemanfaatan energi surya. Energi matahari yang berlimpah dan berkelanjutan tidak mencemari lingkungan sehingga sangat cocok untuk energi di masa depan. Potensi energi surya yang tinggi dengan radiasi harian rata-rata sebesar $4 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ (Sadewo et al., 2022).

Dengan demikian, diperlukan perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip *photovoltaik* yakni terbentuknya energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu yang mengeksitasi elektron pada suatu material ke pita energi atau yang disebut sel surya. Prinsip ini ditemukan oleh Alexandre Edmond Barquerel dari Belgia (Siahaan et al., 2020). Susunan dari sel surya adalah *solar panel*. Bahan yang digunakan untuk membuat *solar panel* adalah silikon. Berkas cahaya matahari (foton) yang mengenai sel surya dapat melepaskan elektron dari atom silikon dan mengalir menjadi sirkuit listrik sehingga membangkitkan listrik. Prinsip kerja dari sel *photovoltaik* bergantung pada penerimaan cahaya matahari. *Solar panel* menghasilkan listrik dari intensitas cahaya, apabila intensitas cahaya tinggi, maka akan berbanding lurus terhadap arus yang dihasilkan sehingga arus yang dihasilkan juga tinggi, dan sebaliknya, apabila intensitas cahaya rendah maka arus yang dihasilkan juga rendah (Sulanjari et al., 2023). Pembangkitan listrik melalui *solar panel* meningkat sebesar 270 TWh sebesar 26% pada tahun 2022 mencapai hampir 1300 TWh. *Solar panel* menyumbang 4,5% dari total pembangkit energi listrik global dan tetap menjadi teknologi listrik terbarukan terbesar ketiga setelah

pembangkit listrik tenaga air dan angin (IEA, 2023). Kelebihan dari *solar panel* ialah menghasilkan energi listrik dengan tidak menimbulkan polusi dan kebisingan, penggunaan dengan usia yang relatif lama, serta pemeliharaan yang rendah.

Bahan bakar pada *solar panel* menggunakan cahaya matahari. *Solar panel* harus dipasang dengan baik dan benar untuk menerima cahaya matahari maksimal. Untuk menangkap intensitas cahaya matahari yang maksimal, *solar panel* harus menghadap normal terhadap cahaya matahari yang datang. Daya *output* yang dihasilkan oleh *solar panel* dipengaruhi oleh faktor intensitas cahaya matahari, hambatan cahaya matahari (lumut, debu, dan bayangan), perubahan cuaca, temperatur suhu, dan rotasi radiasi cahaya matahari yang berubah-ubah. Oleh sebab itu, solusi terbaik yang dapat diterapkan yaitu *solar tracking system* untuk mengikuti jalur matahari secara terus menerus melintasi langit. Penggunaan sistem ini tepat bagi peletakan *solar panel* sehingga radiasi cahaya matahari yang diterima permukaan panel menjadi maksimal dan mendapatkan daya *output* yang maksimal. Akan tetapi, *solar tracking system* adalah sistem yang kompleks; mahal dan memerlukan perbaikan serta pemeliharaan. Oleh karenanya, tidak selalu tepat untuk diterapkan. Sehingga, instalasi *solar panel* tetap dengan sudut kemiringan yang dirancang baik masih lazim untuk diterapkan.

Kinerja optimal panel bergantung pada jumlah radiasi matahari yang mengenai panel. Sebuah panel harus dimiringkan sedemikian rupa sehingga cahaya matahari maksimum memotong permukaan atasnya secara vertikal. Penentuan kemiringan optimal bergantung pada teknik pemasangan, topografi lahan, dan kondisi iklim (M. A. A. Mamun et al., 2022). Idealnya, arah hadap *solar panel* harus diatur tegak lurus dengan cahaya matahari untuk menerima radiasi secara langsung.

Sudut kemiringan *solar panel* yang optimal menghasilkan daya output dan efisiensi yang optimal. Variasi sudut kemiringan *solar panel* dengan rentang waktu tertentu diperkirakan dapat jumlah intensitas cahaya matahari yang lebih maksimal dan daya *output* yang dihasilkan lebih besar.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh M.A.A. Mamun, M.M. Islam, M. Hasanuzzaman, dan Jeyraj Selvaraj dalam penelitiannya yang berjudul “*Effect of Tilt Angle on The Performance and Electrical Parameters of a PV Module: Comparative Indoor and Outdoor Experimental Investigation*” membahas kinerja sistem *photovoltaik* (PV) yang dipengaruhi oleh orientasi dan sudut kemiringannya. Penelitian ini bertujuan untuk menelusuri variasi kinerja PV dan parameter kelistrikan pada berbagai sudut kemiringan di kondisi Malaysia. Terdapat dua variasi yang diterapkan pada eksperimen yaitu 1) variasi kemiringan solar panel pada tingkat iradiasi konstan (750 W/m^2); dan 2) variasi intensitas iradiasi pada pengaturan kemiringan optimal $0^\circ - 80^\circ$. Hasil menunjukkan bahwa penyinaran konstan 750 W/m^2 , setiap kenaikan sudut kemiringan 5° menyebabkan penurunan daya $2,09 \text{ W}$ di dalam ruangan dan $3,45 \text{ W}$ di luar ruangan. Sebaliknya, pada kondisi yang sama, efisiensi menurun sebesar $0,54\%$ untuk dalam ruangan dan $0,76\%$ untuk luar ruangan sebaliknya, untuk setiap peningkatan iradiasi sebesar 100 W/m^2 , suhu sel surya meningkat sebesar $7,52^\circ \text{ C}$ di dalam ruangan dan $5,67^\circ \text{ C}$ di luar ruangan. Berdasarkan eksperimen di luar ruangan, sudut kemiringan optimal pada kondisi di Malaysia adalah 15° dan mengarahkan modul PV pada sudut ini akan memaksimalkan energi matahari yang ditangkap dan dengan demikian meningkatkan kinerjanya.

Penelitian lain dilakukan oleh Sulanjari, Joko Setiyono, Muhammad Adha Rosyahna, Agustina Dyah Setyowati, dan Ade Irawan dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Panel Terhadap Daya Keluaran Panel Surya”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan *solar panel* dengan daya berkapasitas 50 Wp terhadap daya *output* dengan tiga variasi sudut 20° , 30° , dan 40° . Pengambilan data dengan melakukan pemanasan panel *solar cell* selama 6 jam (09.00-15.00 WIB) dalam interval tiap 30 menit dilakukan secara berulang sebanyak 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan daya output terbesar yaitu hari pertama dengan sudut kemiringan 40° pada pukul 13:00 WIB sebesar 53,07 W. Daya *output* terkecil yaitu hari kedua dengan sudut kemiringan 30° pada pukul 15.00 WIB sebesar 3,03 W. Kemudian, efisiensi terbesar pada hari pertama sebesar 17,52% dengan sudut kemiringan 20° pada pukul 12.30 WIB. Efisiensi terkecil pada hari kedua sebesar 2,54% dengan sudut kemiringan 40° pada pukul 14.00 WIB.

Berdasarkan hal tersebut, sudut kemiringan *solar panel* merupakan faktor yang mempengaruhi besar daya *output* yang dihasilkan, sehingga diperlukan variasi sudut yang memungkinkan *solar panel* mendapat cahaya matahari secara maksimal. Penelitian ini akan membahas tentang pengaruh variasi sudut kemiringan *solar panel monocrystalline* 50 Wp terhadap daya output dan efisiensi *solar panel*, serta sudut kemiringan optimal berdasarkan lokasi penelitian dalam tinjauan fisika eksperimen, penulis terinspirasi untuk mengambil kasus penelitian “Analisis Variasi Sudut Kemiringan Solar Panel Monocrystalline 50 Watt Peak Terhadap Daya Output Dan Efisiensi di Kota Singaraja”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana hubungan variasi sudut kemiringan dengan daya *output* pada *solar panel monocrystalline 50 watt peak* di Kota Singaraja?
2. Berapa besar efisiensi *solar panel monocrystalline 50 watt peak* yang digunakan di Kota Singaraja?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. *Solar panel* yang digunakan yaitu tipe *monocrystalline* dengan daya 50 Wp.
2. Menggunakan 1 buah *solar panel* untuk pengambilan data.
3. Hanya membahas tujuh variasi sudut yakni 0° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , dan 60° .
4. Pengambilan data dilakukan pada pukul 09.00 – 15.00 WITA.
5. Selang waktu pengambilan data tiap sudut selama 5 menit.
6. Berdasarkan referensi Duffie & Beckman, 2013 dan Fouad et al., 2017, faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *solar panel* yaitu sistem *solar panel* (internal), lingkungan (eksternal), pemasangan (operasional), biaya sistem *solar panel* (ekonomi), dan faktor lain-lain. Faktor sistem *solar panel* (internal) meliputi karakteristik *solar panel*, struktur *solar panel* (material *solar panel*, struktur atom *solar panel*, pita energi, dan efisiensi *solar panel*), efisiensi inverter, dan efisiensi baterai. Faktor lingkungan (eksternal) meliputi radiasi matahari, lokasi geografis, temperatur, kotoran/debu, bayangan, dan cuaca. Faktor pemasangan (operasional) meliputi karakteristik kabel, sudut

kemiringan/orientasi *solar panel*, dan sistem pelacakan/*solar tracker*. Faktor biaya sistem *solar panel* (ekonomi) meliputi biaya kabel dan biaya sistem *solar panel*. Faktor lain-lain meliputi degradasi *solar panel* (kerusakan kaca dan titik panas), resistansi karakteristik *solar panel*, resistansi *shint*, rasio kinerja, pemeliharaan dan pembersihan *solar panel*, ukuran sistem *solar panel* yang dipasang, dan luas permukaan *solar panel*. Faktor dalam batasan penelitian ini meliputi sudut kemiringan, radiasi matahari, luas permukaan *solar panel*, karakteristik *solar panel*, cuaca, dan lokasi geografis.

7. Tidak membahas pengaruh temperatur, kecepatan angin, ketinggian lokasi penelitian, dan kelembapan udara.
8. Penelitian dilakukan di Kota Singaraja yang terletak pada koordinat -8.11639° LS dan 115.0878° BT.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, yaitu:

1. Untuk mengetahui hubungan variasi sudut kemiringan dengan daya *output* pada *solar panel monocrystalline 50 watt peak* di Kota Singaraja.
2. Untuk mengetahui besar efisiensi *solar panel monocrystalline 50 watt peak* yang digunakan di Kota Singaraja.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini ditinjau dari aspek teoritis dan praktis sebagai berikut.

1.5.1 Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dari penelitian ini untuk memperoleh dan memberikan informasi tentang pengaruh variasi sudut kemiringan *solar panel* yang tepat terhadap daya output berdasarkan lokasi penelitian. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan pengetahuan sudut kemiringan optimal berdasarkan lokasi penelitian.

1.5.2 Manfaat Praktis

Manfaat praktis yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagi Mahasiswa

- a) Penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan atau referensi untuk pemasangan *solar panel* di Kota Singaraja berdasarkan penelitian ini.
- b) Penelitian ini dapat dijadikan untuk mengimplementasikan teori fisika dan matematika dalam konteks *solar panel*.
- c) Penelitian ini dapat dijadikan mengembangkan penelitian yang lebih lanjut mengenai *solar panel*.
- d) Penelitian ini dapat dijadikan untuk persiapan karir di bidang energi terbarukan

2. Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya teknologi PLTS dalam pengembangan energi terbarukan.