

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi dunia tumbuh dengan cepat karena ledakan populasi dan kemajuan teknologi, sehingga, penting untuk beralih ke sumber energi terbarukan yang dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan energi di masa depan (Guangul & Chala, 2019). Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang menjanjikan dan tersedia untuk mengatasi masalah jangka panjang dalam krisis energi (Kannan & Vakeesan, 2016). Penggunaan sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik dapat dilakukan melalui pemanfaatan panel surya. Panel surya adalah seperangkat semikonduktor yang memiliki kemampuan untuk mengkonversikan energi surya menjadi energi listrik melalui prinsip fotovoltaik (Suryana & Ali, 2016).

Daerah Nongsa, yang terletak di Batam Kota, memiliki potensi yang sangat baik untuk menerapkan panel surya sebagai sumber energi terbarukan. Wilayah ini mendapatkan paparan sinar matahari yang cukup intens sepanjang tahun. Kondisi iklim tropisnya dengan sedikitnya curah hujan membuatnya ideal untuk pemanfaatan penggunaan panel surya, karena dapat memaksimalkan pemanfaatan energi matahari secara konsisten. Selain itu, sebagai bagian dari kepulauan Indonesia, Nongsa memiliki lahan yang luas dan terbuka, memungkinkan untuk penempatan panel surya dengan optimal. Dengan demikian, Nongsa memiliki potensi yang besar untuk memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Wiyoga, 2023).

Banyak penelitian panel surya yang saat ini sedang diselidiki untuk berkontribusi terhadap masalah biaya, keragaman sumber daya dan peningkatan efisiensi (Hardy, 2014). Kinerja panel surya dapat ditentukan dengan mengukur parameter seperti tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan (Harmini & Nurhayati, 2017). Proses pengukuran *output* panel surya pada beberapa penelitian yang ada masih terdapat kekurangan yaitu baik pengukuran arus maupun tegangan masih dilakukan secara manual dengan menggunakan multimeter, sehingga data yang diambil tidak dapat dicatat secara terus menerus (Sadi et al., 2022). Ada juga

peneliti yang melakukan pengukuran menggunakan mikrokontroler dengan parameter tegangan, arus, dan suhu yang diukur dengan menggunakan sensor (Gopal et al., 2020). Dalam penelitian sebelumnya oleh Pratama & Asnil (2021), sistem pemantauan *output* data pada panel surya menggunakan mikrokontroler Arduino telah diterapkan. Sistem ini memanfaatkan sensor arus dan tegangan untuk memantau nilai arus listrik, tegangan listrik, dan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Data tersebut secara otomatis disimpan pada SD Card. Metode pemantauan panel surya ini hanya menyimpan besaran-besaran keluaran panel surya berupa file teks. Namun, data tersebut tidak dapat diakses secara *real time*. Penelitian ini memiliki kekurangan seperti sulitnya akses membaca data yang diambil, tidak bisa dipantau dari jarak jauh secara *real time*, serta tidak adanya visualisasi dalam bentuk grafik.

Dua hal yang mengurangi efisiensi panel surya adalah tingkat kebersihan dan kenaikan suhu. Pertama, kotoran yang terkumpul di panel surya mengurangi *output* daya. Kedua, kenaikan suhu di sekitar menyebabkan *output* daya tidak efisien (Sreega et al., 2017). Tingkat intensitas radiasi matahari dan suhu lingkungan mempengaruhi tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Ketika intensitas radiasi matahari rendah, arus dan tegangan yang dihasilkan oleh sel surya juga menjadi rendah. Suhu di sekitar panel surya juga memengaruhi temperatur sel surya. Peningkatan suhu yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan penurunan tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel surya (Suryana & Ali, 2016). Dalam beberapa tahun terakhir, peneliti telah fokus pada peningkatan efisiensi panel surya, optimalisasi keluaran energi dari matahari, serta pengembangan kontrol dan elektronika daya. Kondisi fisik seperti hujan berlumpur, salju, dan debu dapat menempel pada permukaan panel surya, menyebabkan penurunan efisiensi daya listrik. Oleh karena itu, sangat penting untuk menjaga kebersihan panel surya (Akyazı et al., 2019).

Panel surya sering kali ditempatkan di tempat yang berbahaya dan sulit dijangkau, menjadi sulit untuk membersihkannya secara manual dan memerlukan waktu untuk melakukannya dengan aman. Solusi yang dapat dilakukan untuk

mengatasi permasalahan tersebut adalah membersihkannya secara otomatis. Parameter kelistrikan panel surya sensitif terhadap kebersihan permukaannya sehingga sangat penting untuk menyediakan mekanisme pembersihan otomatis guna memastikan kinerja tinggi panel surya yang digunakan (Patil et al., 2018). Teknologi sistem pembersih panel surya otomatis sudah pernah dikembangkan, dengan kemajuan teknologi yang lebih baik, metode pembersihan otomatis secara efisien mampu mengurangi kerugian daya akibat akumulasi debu pada permukaan panel surya (Hashim et al., 2019). Oleh karena itu, pemantauan *output* daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya yang sudah terintegrasi dengan sistem pembersih otomatis perlu dilakukan untuk memastikan *output* daya dan efisiensi yang dihasilkan tetap maksimal, memastikan kebersihan permukaan panel surya tetap optimal, serta mempermudah proses pemantauan kinerja panel surya ketika melakukan tahap perawatan.

Telah ada penelitian yang menerapkan sistem pembersih otomatis pada panel surya. Namun, penelitian-penelitian tersebut tidak melibatkan pemantauan *output*-nya secara berkala terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya terintegrasi sistem pembersih otomatis. Penelitian-penelitian tersebut juga tidak membandingkan secara langsung dengan panel surya tanpa pembersih otomatis. Perbandingan langsung ini perlu dilakukan, karena kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya. Dengan demikian, jika perbandingan dilakukan pada waktu yang tidak bersamaan, kinerja panel surya dapat berubah, sehingga perbandingannya menjadi tidak akurat. Oleh karena itu, dengan menggabungkan sistem monitoring menggunakan mikrokontroler ESP32 berbasis *Internet of Things*, maka daya listrik keluaran panel surya yang terintegrasi sistem pembersihan otomatis dapat dipantau dengan mudah, dapat diakses dari jarak jauh, serta didapatkan hasil monitoring secara berkala dan realtime. Hal ini juga memungkinkan perbandingan langsung dengan hasil pemantauan pada panel surya tanpa sistem pembersih otomatis.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah belum adanya sistem pemantauan secara berkala terhadap *output* daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya yang telah terintegrasi dengan sistem pembersih otomatis, serta perbandingannya dengan panel surya tanpa pembersih otomatis.

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pembersih otomatis panel surya yang dilengkapi dengan pemantauan *real time* berbasis *Internet of Things*. Melalui rancangan ini, *output* daya listrik dari panel surya terintegrasi sistem pembersih otomatis dapat dipantau secara berkala sekaligus dapat dibandingkan dengan panel surya tanpa pembersih otomatis.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah bertujuan agar permasalahan yang diuraikan tidak meluas dan mampu dibahas dengan baik sesuai batasan keilmuan peneliti. Beberapa batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus kepada pemantauan *output* daya listrik berbasis *Internet of Things* pada instrumen sistem pembersihan panel surya otomatis untuk mengetahui perbandingannya secara langsung dan berkala terhadap panel surya tanpa pembersihan otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32.
2. Penelitian ini menggunakan panel surya *polycrystalline* berkapasitas 10wp.
3. Perangkat sistem pembersih otomatis tidak dilengkapi kontrol manual, pembersihan secara otomatis akan aktif tiga kali setiap harinya yang waktunya telah dijadwalkan dengan modul RTC DS3231 yakni pada pagi, siang, dan sore hari.
4. Penelitian ini menggunakan sensor INA219 untuk pembacaan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya serta sensor DS18B20 untuk pembacaan suhu permukaan pada panel surya.

5. Penelitian ini tidak mempertimbangkan kondisi hujan, sehingga sensor *raindrop* tidak digunakan. Selain itu, tingkat debu pada permukaan panel surya tidak diukur, sehingga sensor debu juga tidak digunakan

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah memberikan wawasan dan informasi mengenai perbandingan daya listrik secara berkala yang dihasilkan pada panel surya, baik yang menggunakan pembersih otomatis maupun tidak. Dengan demikian, dapat dipahami pentingnya kebersihan panel surya dan pengaruhnya terhadap efisiensi. Penelitian ini juga dapat dijadikan pertimbangan dalam perawatan dan perancangan instalasi panel surya di masa depan baik bagi pihak peneliti maupun industri.

