

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi sumber daya Energi Baru Terbarukan (EBT) yang mencapai lebih dari 400 GW, namun saat ini hanya sekitar 2,5% atau setara dengan 10 GW yang telah dimanfaatkan [1]. Oleh karena itu, sangat penting untuk menggantinya dengan energi alternatif dan terbarukan. Salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil adalah dengan menggunakan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan. Hal tersebut didukung dengan Indonesia yang beriklim tropis, karena berada disepanjang garis khatulistiwa, yang berarti wilayahnya akan memperoleh sinar matahari sepanjang tahun [2]. Sinar matahari dapat dimanfaatkan dengan menggunakan panel surya atau pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), di mana energi panas matahari yang diserap oleh panel surya akan diubah menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) [3]. Tentu saja, ini akan memberikan keuntungan tersendiri bagi para pengguna panel surya.

Implementasi pembangkit listrik tenaga surya menggunakan panel surya, nyatanya masih menemui hambatan akibat kinerja yang belum sepenuhnya optimal [4]. Di samping itu, ada beberapa faktor yang dapat memengaruhi hasil keluaran dari panel surya, seperti radiasi sinar matahari, orientasi dan kemiringan modul *fotovoltaik*, bayangan benda (*shading*) dan penumpukan debu, serta kenaikan temperatur radiasi matahari [5]. Tentunya untuk menjaga sistem agar tetap handal dan berkelanjutan pada PLTS, maka diperlukan pemeliharaan. Salah satu contohnya adalah pemeliharaan atau pemeriksaan kebersihan modul surya.

Cover glass, bagian terluar pada modul surya, umumnya terkena debu atau bahan penghalang lainnya. Hal ini menghambat intensitas cahaya matahari masuk dan signifikan mempengaruhi proses efek fotolistrik pada sel surya. Dampaknya adalah rendahnya optimalitas dalam penghasilan energi listrik, dan kejadian ini dikenal dengan istilah *shading effect* [6]. Adapun langkah pemeliharaannya yaitu dengan membersihkan permukaan modul surya dari debu menggunakan kain lembut atau kemoceng. Jika kotoran sulit dihilangkan, gunakan sikat dengan air bersih. Namun, perlu diingat bahwa pembersihan dengan air sebaiknya dilakukan di luar waktu siang hari untuk mencegah terjadinya retak (*crack*) pada modul surya,

karena terdapat risiko tegangan tinggi [7]. Maka dari itu, untuk memudahkan pekerjaan manusia serta menghindari resiko kecelakaan kerja, diperlukan prototipe yang dapat membersihkan debu pada panel surya secara otomatis.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini akan membuat prototipe yang dapat membersihkan panel surya secara otomatis menggunakan arduino mega dan logika *fuzzy logic*. Prototipe dibuat dengan beberapa sensor pendukung, yang tentunya akan terintegrasi pada Arduino, diantaranya sensor tegangan, dan sensor RTC (*Real Time Clock*). Sensor tegangan berfungsi untuk mengetahui tegangan pada panel surya. Sensor RTC (*Real Time Clock*) untuk mengatur waktu beroperasinya prototipe. Selain itu, digunakan motor DC sebagai alat penggerak dan satu diantaranya terpasang alat pembersih (sikat). Motor DC ini terhubung ke Motor Driver BTS 7690.

logika *fuzzy* yang digunakan berjenis *fuzzy logic Mamdani*, karena metode Mamdani adalah salah satu metode inferensi yang paling umum digunakan dalam sistem kontrol *fuzzy*. Metode ini digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor penggerak sesuai dengan masukannya. Misalnya dengan memberikan *input* berupa kondisi antara nilai tegangan yang dihasilkan panel surya, serta waktu pembersihan, yang kemudian *output* nya yaitu keadaan prototipe bergerak atau tidak. *Output* tersebut muncul dari motor driver BTS7690, motor driver ini berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran (PWM) motor DC, yang nantinya disesuaikan dengan *rules* atau keadaan yang akan dibuat pada logika *fuzzy logic*. Jika tegangan yang dihasilkan panel surya berada di atas 12 Volt, menunjukkan bahwa panel surya dalam keadaan bersih, dan begitu juga sebaliknya. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa panel surya harus dibersihkan. Tentunya, tegangan yang dihasilkan tersebut berada dalam waktu pembersihan (saat cuaca cerah). Sehingga dengan teringrasinya sensor-sensor tersebut pada arduino dan *fuzzy logic control* ini memungkinkan untuk prototipe dapat bergerak secara otomatis. Polutan digunakan untuk menurunkan tegangan pada panel surya. Polutan yang dapat digunakan ialah pasir, abu, dan tanah merah [8]. *Rule* yang dilewati prototipe akan dibersihkan dengan sikat yang bergerak, dan pompa air untuk membantu menghilangkan debu pada panel surya.

1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pembuatan prototipe pembersih solar panel telah banyak dilakukan, dengan berbagai metode. Pada tahap ini, akan disajikan ringkasan dari penelitian serupa untuk mendukung *justifikasi* mengapa penelitian ini dilakukan dan sebagai referensi utama yang tercantum dalam Tabel 1.

Table 1 Referensi penelitian.

Judul Penelitian	Peneliti	Tahun
<i>A Solar Panel Cleaning Robot Design and Application</i>	Omur Akyazi, Erdinc Sahin, Timur Ozsuy, dan Mehmet Algul	2019
<i>Performance Analysis of Semi-Automatic Solar Panel Cleaning System</i>	Samir Raj Bhandari, Aasish Chhetri, Anil Rai, Madan Rawal, dan Rabin Deuba	2023
Rancang Bangun Prototipe Pembersih Debu Otomatis pada Panel Surya menggunakan <i>Outseal PLC</i>	Yahdi Mustaqim	2023
Perancangan Prototipe Alat Pembersih Panel Surya dengan Sistem Gerak Otomatisasi	Jamaludin Purba, Aep Saepul Uyun, Didik Sugianto, dan Muhammad Ilham Ramdhan	2022
Rancang Bangun <i>Prototype</i> Pembersih Solar Panel Otomatis pada <i>Rooftop</i> Berbasis Mikrokontroler	Wahyu Purnomo, Sandy Bhawana Mulia, dan Muhammad Fikri	2023

Berdasarkan Tabel 1. terkait referensi penelitian, Omur Akyazi, dkk [9] telah melakukan penelitian terkait *solar panel cleaning robot* (SPCR) secara *real time*. Sistem yang dibuat menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) dan Arduino nano digunakan untuk kendali pada robot. Perancangan robot *dual motor* dan *crawler* bergerak secara *horizontal* dan *brush* berjalan secara *vertical*. Terdapat

modul *bluetooth* untuk aktivasi jarak jauh. *Limit sensor* digunakan untuk mengetahui apakah sikat berada dibagian atas, bawah, atau ditempat pengisian daya panel. Setelah pembersihan selesai, robot akan kembali ke tempat semula untuk mengisi daya. Hasil dari pengujian yaitu sistem dapat mengurangi efek debu pada daya keluaran panel surya.

Penelitian yang dilakukan oleh Yahdi Mustaqim [10] hampir sama dengan penelitian yang sebelumnya yaitu menggunakan PLC, namun yang membedakannya ialah pada penelitian ini digunakan *control Outseal PLC* sebagai kendali pada prototipe pembersih panel surya. Terdapat tiga blok sistem dalam perancangan sistem yaitu sistem *input*, proses, dan *output*. Sistem ini dapat bekerja setelah pembacaan tegangan oleh sensor tegangan dan pembacaan waktu oleh *real time clock (RTC) DS3231* pada panel surya. Selanjutnya data tegangan dan waktu tersebut diolah dalam *outseal PLC mega V.3. slim*. Jika tegangan dan waktu berada pada batas bawah (dibawah 12V) maka akan mentrigger pergerakan motor DC, sehingga dapat membersihkan panel surya. Hasil pengujian memiliki rata-rata waktu pembersihan sebesar 45.47 detik dengan kecepatan penggerak sebesar 3.28 cm/detik. Tegangan yang diperoleh setelah pembersihan yaitu sebesar 12.75 V, sedangkan sebelum dibersihkan sebesar 11.90 V.

Penelitian Jamaludin Purba, dkk [11] tidak menggunakan aki motor sebagai catu daya pada panel surya, melainkan menggunakan *power bank* karena dinilai lebih ekonomis. Perancangan sistem dibuat dengan kendali otomasi arduino, yang mana alat akan bekerja saat dihidupkan, *water pump* akan mengalirkan air, dan klik *push botton* maka akan membersihkan panel surya. Selain itu, digunakan sensor jarak sebagai untuk membalikkan arah *driver* agar bergerak ke arah yang berlawanan. Alat yang dibuat memiliki waktu pembersihan sebesar 30 detik, dengan bergerak maju selama 15 detik dan bergerak mundur selama 15 detik. Adapun daya yang dibutuhkan alat ini sebesar 24 Watt. Debit air yang diperlukan selama satu kali pembersihan sebesar $98,571 \text{ cm}^3$, dan percepatan robot sebesar 3,75 cm/s.

Penelitian Samir, dkk [12] bertujuan untuk meningkatkan efisiensi panel surya dengan merancang dan menerapkan mekanisme pembersihan debu semi otomatis.

Studi ini menemukan bahwa model eksperimental menunjukkan peningkatan efisiensi sekitar 7%. Sistem pembersihan panel menggunakan sikat yang digerakkan oleh motor DC. Waktu pengoperasian sikat dikontrol oleh nilai yang telah ditentukan sebelumnya. Rangka yang membawa sikat pembersih ini digerakkan sepanjang panel surya dalam arah horizontal dan sebaliknya. Prinsip kerja penelitian yaitu dimulai dengan catu daya DC ke Arduino. Waktu dan intensitas cahaya matahari ditentukan berdasarkan nilai yang telah ditentukan sebelumnya. Penggerak motor ini memberikan daya ke motor DC yang dipasang pada kedua tepi panel dalam posisi *horizontal*. Motor akan mulai bergerak, dan porosnya dihubungkan ke kedua rangka logam. Poros tersebut berakselerasi ke arah depan, dan sikat pembersih yang terpasang akan mulai membersihkan permukaan panel. Setelah membersihkan panel, sikat dan seluruh sistem akan bergerak ke arah depan dan belakang. Setelah panel selesai disikat, keluarannya akan ditampilkan di LCD dan dibandingkan dengan keluaran kondisi debu panel dengan dan tanpa debu. Panel yang digunakan berkapasitas 160 Watt. Pengujian dilakukan dari pukul 08.00 hingga 16.00 dan diperoleh kesimpulan bahwa nilai tegangan menurun jika ada debu dibandingkan setelah panel dibersihkan.

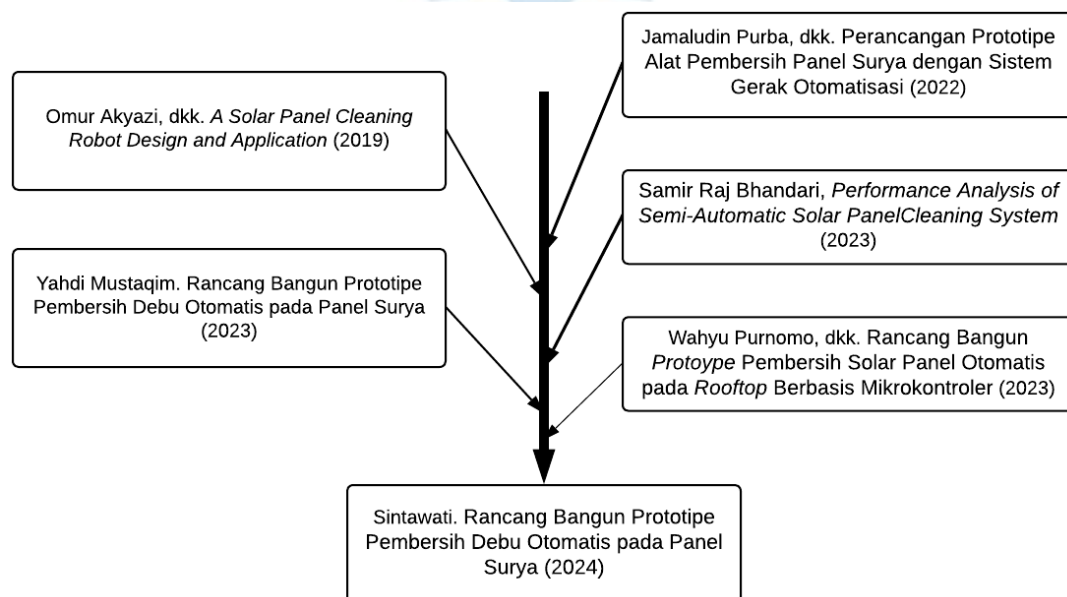
Penelitian yang dilakukan oleh Wahyu Purnomo, dkk [6] bermula dari PT. Insvire menghadapi masalah di mana proses pembersihan panel surya masih dilakukan secara manual dengan bantuan kanebo, yang menyebabkan efisiensi rendah dan membutuhkan waktu yang lama. Perancangan konsep sistem dibuat dengan sensor, *mikrokontroler*, serta *aktuator*. Sensor yang digunakan ialah sensor *pyranometer*, yang berfungsi sebagai *input* untuk mengukur intensitas cahaya matahari yang selanjutnya intensitas cahaya tersebut disimpan dalam baterai. Baterai tersebut digunakan sebagai sumber tegangan perangkat. Intensitas yang terserap digunakan sebagai input Arduino Uno, yang kemudian *output* pada Arduino akan menggerakkan motor dan pompa air. Sehingga air akan mengalir untuk membersihkan polutan di panel surya. Sistem dapat bekerja saat daya yang diserap oleh panel lebih rendah daripada yang dideteksi oleh *pyranometer*, sistem akan beroperasi dengan cara mikrokontroler mengirimkan instruksi kepada *driver* motor untuk mengaktifkan motor penggerak dan pompa dengan bantuan *wiper*.

Data pengujian diambil dari pengujian panel surya yang belum dibersihkan dan setelah dibersihkan, untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan. Hasil pengujian yang dilakukan pada panel surya 100 Wp sebelum dibersihkan sebesar 162,93W, dan setelah dibersihkan menjadi 180,69W.

Berdasarkan beberapa literatur penelitian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa telah banyak penelitian terkait pembersih panel surya otomatis. Namun, terdapat perbedaan pada penelitian yang akan dilakukan yaitu menggunakan logika *fuzzy logic*, untuk mengendalikan *output* atau pergerakan kecepatan motor DC dengan beberapa kondisi. Selain itu, terdapat beberapa persamaan dengan penelitian sebelumnya diantaranya, digunakan RTC (*Real Time Clock*), Arduino Mega dan sensor tegangan. RTC digunakan untuk mengetahui waktu, sensor tegangan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan panel surya, dan Arduino mega sebagai mikrokontroler.

Gambar 1.1 merupakan hubungan dari beberapa penelitian yang dijadikan sebagai acuan referensi dalam pembuatan proposal.

Rancang Bangun Prototipe Pembersih Debu Otomatis pada Panel Surya



Gambar 1. 1 Hubungan Penelitian.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa hal seperti berikut:

- a. Bagaimana rancang bangun prototipe pembersih debu otomatis pada panel surya dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic*?
- b. Bagaimana kinerja dari prototipe pembersih debu otomatis panel surya dengan metode *Fuzzy Logic*?

1.4 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan

- a. Merancang dan mengimplementasikan prototipe pembersih debu dengan menggunakan metode *Fuzzy logic* pada panel surya.
- b. Menganalisis kinerja sistem dengan metode *Fuzzy Logic* pada prototipe pembersih panel surya.

1.4.2 Manfaat

Pada penelitian ini terdapat dua manfaat yang dicapai yaitu :

- a. Manfaat akademis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pedoman dalam mendukung kemajuan ilmu pengetahuan di bidang teknik elektro, terutama dalam pengembangan sistem kontrol untuk prototipe pembersih panel surya menggunakan metode *Fuzzy logic control*.

- b. Manfaat praktis

Penerapan penelitian ini dapat diimplementasikan pada sistem pembersih debu di PLTS (pembangkit listrik tenaga surya). Sehingga dapat digunakan dan dimanfaatkan sebagai rujukan untuk memudahkan pekerjaan manusia khususnya dalam pengoptimalan penyerapan energi matahari dari polutan, dan menghindari kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerja.

1.5 Batasan Masalah

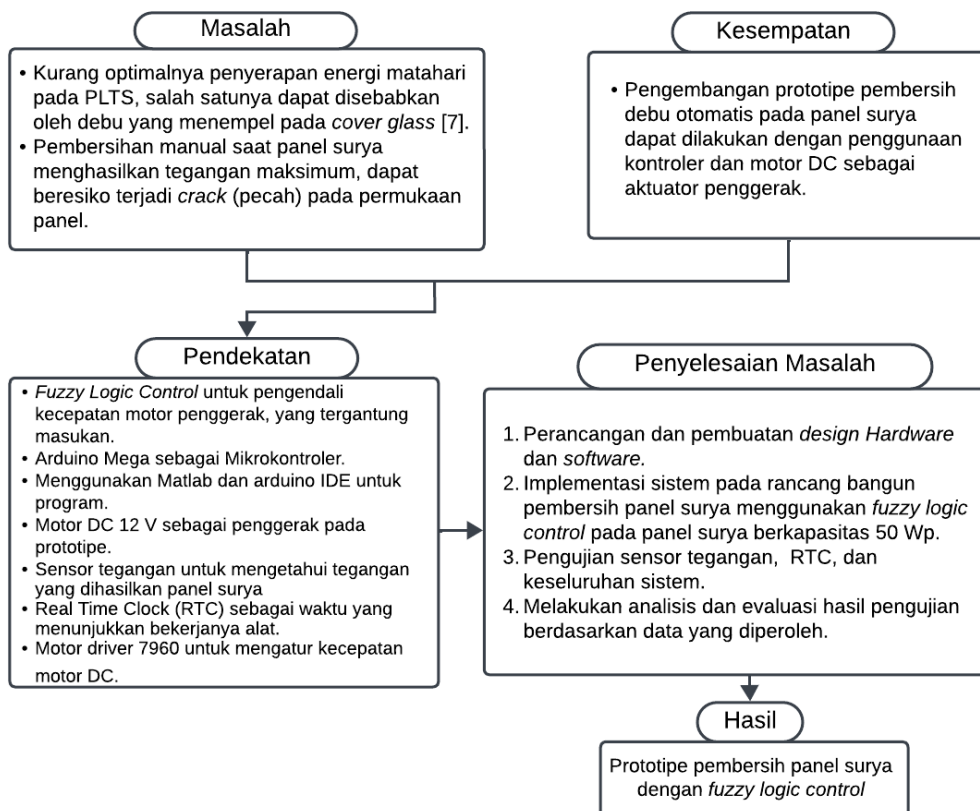
Berhubung ruang lingkup masalah ini sangat luas, perlu diterapkan batasan yang lebih spesifik dan terarah dalam penelitian ini untuk memperoleh hasil yang

lebih fokus. Oleh karena itu, berikut adalah beberapa batasan yang akan diterapkan dalam penelitian ini:

- a. Panel surya yang akan digunakan berkapasitas 50 Wp.
- b. Data yang diambil dari penelitian ini merupakan hasil dari pengujian.
- c. Penelitian ini hanya membahas terkait *Cleaning Solar Panel* dan tidak melakukan pengukuran daya yang diperlukan oleh sistem.
- d. Pengujian keseluruhan sistem akan dilakukan saat kondisi matahari cerah.
- e. Polutan berupa pasir silika digunakan sebagai penurun tegangan pada panel surya yang akan diuji.

1.6 Kerangka Berpikir

Penelitian tugas akhir ini memiliki kerangka berpikir seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.2



Gambar 1. 2 Kerangka berpikir.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi menjadi enam bab dengan masing-masing bab dibagi menjadi beberapa sub bab:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan yang mencakup latar belakang, tinjauan penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, serta penjelasan tentang sistematika penulisan. Latar belakang penelitian bertujuan untuk memberikan gambaran tentang kondisi dan kebutuhan yang menjadi dasar penelitian ini. Permasalahan yang akan diteliti menjadi fokus dalam proposal ini. Tujuan penelitian adalah hasil yang diharapkan dari penelitian, sedangkan manfaat penelitian adalah dampak yang akan dihasilkan dari penelitian tersebut.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini berisi tentang teori dasar yang digunakan dalam penelitian, maka sebelum melakukan penelitian perlu adanya penguasaan teori yang berkaitan dan menunjang dalam rancang bangun prototipe pembersih debu pada panel surya menggunakan metode *Fuzzy Logic Control*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan rancang bangun dan analisis hasil pembersihan rancang bangun prototipe pembersih debu pada panel surya menggunakan metode *Fuzzy Logic Control*.