

BAB 1-5.docx

by Xander Ramirez

Submission date: 18-Jul-2024 03:46AM (UTC-0700)

Submission ID: 2418643548

File name: BAB_1-5.docx (2.07M)

Word count: 7477

Character count: 47190

ABSTRAK

SOLAR CELL CLEANER OTOMATIS UNTUK MENINGKATKAN KINERJA PANEL SURYA DI AREA PENERANGAN JALAN PERIMETER BANDARA

Oleh

ADHA FEBRIANSYAH

NIT: 56192010010

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA PROGRAM SARJANA TERAPAN

Penggunaan panel surya untuk penyediaan energi terbarukan telah berkembang pesat di berbagai sektor, termasuk pada sistem penerangan perimeter bandara. Namun, penumpukan debu dan kotoran dapat terjadi dengan cepat, terutama di lingkungan bandara yang penuh aktivitas yang membuat panel surya rentan untuk terkena debu dikarenakan pesawat yang lepas landas dan mendarat menyebabkan turbulensi udara yang kuat, mengangkat debu dan partikel kecil dari permukaan tanah sehingga mengakibatkan penurunan fungsi dari panel surya yang. Tujuan penelitian ini untuk merancang sebuah alat pembersih solar cell secara otomatis yang berfungsi untuk membersihkan panel Surya. Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Research and Development* (R&D) yang merancang sistem pembersih otomatis dengan sensor debu yang mendeteksi keberadaan kotoran pada panel surya. Ketika sensor mendeteksi debu atau kotoran yang melebihi ambang batas tertentu, sistem akan secara otomatis mengaktifkan kompresor udara (penyemprot udara). Salah satu keunggulan utama dari sistem penyemprot udara adalah kemampuannya untuk melakukan pembersihan yang lebih efektif dalam menjangkau seluruh permukaan panel, termasuk area yang sulit dijangkau oleh metode konvensional, serta mengurangi resiko kerusakan panel seperti goresan yang sering terjadi dengan penggunaan wiper. Dari hasil pengujian alat ini didapatkan rata-rata tegangan sebelum dibersihkan 9,997 V dan setelah dibersihkan 11,313 V, Hal ini membuktikan bahwa metode pembersihan dengan menggunakan kompresor (penyemprot udara) lebih efektif dalam meningkatkan performa panel surya.

Kata kunci: Perimeter, Sensor debu, *Solar cell*, Kompresor.

ABSTRACT

AUTOMATIC SOLAR CELL CLEANER TO IMPROVE SOLAR PANEL PERFORMANCE IN AIRPORT PERIMETER ROAD LIGHTING AREA

By

ADHA FEBRIANSYAH

NIT: 56192010002

PROGRAM STUDY AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY APPLIED BACHELOR'S PROGRAM

The use of solar panels for renewable energy provision has grown rapidly in various sectors, including airport perimeter lighting systems. However, the accumulation of dust and dirt can occur quickly, especially in airport environments that are full of activities that make solar panels vulnerable to dust due to airplanes taking off and landing causing strong air turbulence, lifting dust and small particles from the ground resulting in a decrease in the function of solar panels. The purpose of this research is to design an automatic solar cell cleaning tool that functions to clean solar panels. This research is a type of Research And Development (R&D) that designs an automatic cleaning system with a dust sensor that detects the presence of dirt on solar panels. When the sensor detects dust or dirt that exceeds a certain threshold, the system will automatically activate the air compressor (air sprayer). One of the main advantages of the air sprayer system is its ability to perform more effective cleaning in reaching the entire surface of the panel, including areas that are difficult to reach by conventional methods, as well as reducing the risk of panel damage such as scratches that often occur with the use of wipers. From the test results of this tool, the average voltage before cleaning is 9.997 V and after cleaning 11.313 V. This proved that the cleaning method using a compressor (air sprayer) is more effective in improving the performance of solar panels.

Keywords: Perimeter, Dust sensor, Solar cell, Compressor

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permintaan energi terus tumbuh seiring dengan aktivitas manusia, termasuk dalam sektor ekonomi, kehidupan rumah tangga, industri, bisnis, dan transportasi, sementara pasokan energi dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui semakin menipis dengan berkurangnya cadangan minyak

bumi dan batu bara (Dwisari, 2023). Dengan demikian, penting untuk mencari alternatif suplai energi agar tidak bergantung pada minyak bumi dan batu bara. Energi Baru dan Terbarukan (EBT) dianggap sebagai solusi yang layak, karena tidak hanya memiliki dampak lingkungan yang minim, tetapi juga memastikan kelangsungan pasokan energi untuk masa depan (Ridlo dkk., 2020). Target pemanfaatan energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 diarahkan mencapai 23%, yang kemudian ditingkatkan minimal menjadi 31% pada tahun 2050, sementara upaya untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi dan batu bara bertujuan untuk mengurangi persentase masing-masing menjadi 20% dan 25% (Indra Cahyadi dkk., 2020). Untuk mencapai sasaran ini, diperlukan langkah-langkah dan program-program yang terperinci, yang akan diatur dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah setingkat Provinsi.

2 Ketika cadangan bahan bakar minyak dunia semakin menipis diperlukan alternatif sumber energi listrik lainnya dan sumber energi yang tidak terbatas seperti tenaga surya atau matahari diperlukan (Anugrah & Solihin, 2021). Solar cell sebagai sumber energi sehari-hari, telah diterapkan pada lampu jalan atau rumah (Azzahra dkk., 2019). Menurut Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 Tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik menandai dimulainya era pembangunan pembangkit listrik rendah emisi dan ramah lingkungan sekaligus pelarangan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) baru, namun dipastikan tidak akan mengganggu pembangkit-pembangkit yang sudah berjalan.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menghasilkan energi terbarukan dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber ramah lingkungan (Eka Suandri dkk., 2023). Negara maju dan berkembang seperti Jerman, Cina, Amerika, Jepang, dan lainnya banyak menggunakan energi surya sebagai pengganti minyak bumi (Setyono, 2021). Namun, terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi optimal kinerja dari suatu panel surya yaitu pengaruh suhu, *shading effect*, dan bahan pembuat *solar cell* itu sendiri (Malik, 2023). Salah satu contohnya adalah apabila *cover glass* yang merupakan lapisan terluar dari suatu panel surya tertutupi oleh debu atau bahan penghalang lainnya maka hal tersebut menghalangi masuknya intensitas cahaya matahari dan sangat mempengaruhi proses efek *fotolistrik* pada panel surya tersebut sehingga energi listrik yang dihasilkan tidak optimal, kejadian ini disebut dengan *shading effect* yang menyebabkan penurunan signifikan dalam daya keluaran. Semakin besar *shading* yang terjadi, semakin besar pula

penurunan daya keluaran. Sebagai contoh, *shading* setengah dari total area *solar cell* mengakibatkan penurunan daya sebesar 88.2%, sedangkan *shading* seperempat menyebabkan penurunan sebesar 75.6%. Selain itu, kenaikan suhu pada *solar cell* juga menyebabkan penurunan tegangan terbuka yang signifikan (Sri Aprillia, 2019).

Pada umumnya *solar cell* harus selalu dalam ² kondisi optimal setiap saatnya, panel surya yang rentan terkena *shading effect* akan membuat *solar cell* tidak optimal dalam menangkap energi matahari (Suwarti, 2018). Bandara SMB II Palembang telah menggunakan *solar cell* pada area penerangan jalan perimeter. Instalasi panel surya di Bandara SMB II Palembang tetap menjadi prioritas utama, dengan fokus anggaran yang diarahkan sepenuhnya pada pembangunan dan pengembangan infrastruktur panel surya ini. Hingga saat ini, upaya perawatan khusus belum dilakukan karena semua sumber daya diarahkan untuk menyelesaikan tahap awal instalasi dan memastikan fungsionalitas optimal sistem energi surya yang baru dipasang. Memang benar bahwa panel surya baru umumnya berfungsi secara optimal karena permukaannya masih bersih dan efisiensinya tinggi. Namun, penting untuk segera mempertimbangkan pemasangan *solar cell cleaner* otomatis. Alasan utamanya adalah bahwa penumpukan debu dan kotoran dapat terjadi dengan cepat, terutama di lingkungan bandara yang penuh aktivitas yang membuat panel surya rentan untuk terkena debu dikarenakan aktivitas pesawat yang lepas landas dan mendarat menyebabkan turbulensi udara yang kuat, mengangkat debu dan partikel kecil dari permukaan tanah, sementara kendaraan yang bergerak di sekitar area bandara juga berkontribusi terhadap peningkatan jumlah debu di udara.

Lokasi yang terbuka tanpa banyak penghalang juga membuat debu dan partikel mudah menumpuk di permukaan panel surya. Selain itu, faktor lingkungan seperti angin kencang yang membawa debu dari area sekitar serta cuaca kering yang sering terjadi di beberapa daerah memperparah penumpukan debu di panel surya. Serta masih kurangnya vegetasi di sekitar area perimeter membuat tanah lebih mudah terangkat oleh angin dan aktivitas kendaraan, menghasilkan lebih banyak debu yang menempel di panel surya. Kombinasi dari faktor-faktor ini membuat panel surya di area pagar perimeter bandara sangat rentan terkena debu, mengurangi efisiensi dan kinerjanya.

Pada *solar cell cleaner*, peneliti menemukan adanya pengembangan desain rancangan *automatic solar cleaning system* dengan menggunakan wiper (Wicaksono dkk., 2023). Serta desain pembersih panel surya menggunakan sensor dengan menggunakan metode *wet cleaning* (Kusuma

dkk, 2020). Penelitian literatur yang dilakukan oleh (Sri Aprillia dkk, 2019) menunjukkan semakin besar *partial shading* pada *solar cell* maka daya keluaran yang dihasilkan semakin rendah. Peneliti juga menemukan rancangan alat untuk melakukan pembersihan menggunakan penyemprot udara pada permukaan benda.

Berdasarkan hal tersebut, maka dirancanglah sebuah alat pembersih solar cell secara otomatis yang berfungsi untuk membersihkan panel *solar cell*. Untuk itu, diajukannya penelitian *Solar cell cleaner* Otomatis untuk Meningkatkan Kinerja Panel Surya di Area Penerangan Jalan Perimeter Bandara” yang diharapkan Pembuatan *solar cleaner* otomatis di bandara menawarkan sejumlah manfaat signifikan yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan lingkungan. Dengan *solar cleaner* otomatis, bandara dapat menghemat waktu dan biaya operasional dalam membersihkan panel surya.

Teknologi ini memastikan bahwa panel surya beroperasi pada kinerja optimalnya dengan pembersihan rutin dan efisien, sehingga meningkatkan produksi energi dan mengurangi dampak negatif dari akumulasi debu dan kotoran. Selain itu, untuk mendukung keberlanjutan dengan memastikan bahwa sumber energi terbarukan digunakan secara maksimal, dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil serta emisi karbon. Keamanan juga ditingkatkan dengan mengurangi risiko kecelakaan kerja yang mungkin terjadi saat membersihkan panel surya secara manual. Implementasi *solar cleaner* otomatis juga menunjukkan komitmen bandara dalam mengadopsi teknologi canggih dan inovatif. Dengan berbagai manfaat ini, pembuatan *solar cleaner* otomatis di bandara merupakan langkah strategis yang relevan dan bermanfaat.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan dapat dirumuskan, “Bagaimana meningkatkan kinerja panel surya di Area Penerangan Jalan Perimeter Bandara?”

C. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disediakan, sistem akan difokuskan pada perancangan *solar cleaner* untuk melakukan pembersihan pada panel surya guna meningkatkan kinerja panel surya di area jalan penerangan perimeter.

D. Tujuan

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penulisan proposal tugas akhir ini untuk meningkatkan kinerja dengan cara merancang *solar cell cleaner* guna meningkatkan kinerja panel surya di area penerangan jalan perimeter bandara.

E. Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang didapat dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Manfaat Teknologi
Penggunaan *solar cleaner* merupakan perpaduan antara teknologi energi terbarukan (solar), yang mendorong inovasi di kedua bidang tersebut.
2. Manfaat Keselamatan
Dengan sistem penerangan jalan yang andal, *solar cleaner* dapat meningkatkan tingkat penerangan di area perimeter bandara, meningkatkan keselamatan dan keamanan operasional.
3. Manfaat Ekonomi
Dengan menggunakan energi matahari sebagai sumber daya utama, *solar cleaner* dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional dan mengurangi biaya operasional jangka panjang.
4. Manfaat bagi civitas akademika politeknik penerbangan Palembang
pembelajaran praktis tentang aplikasi teknologi pembersih pada panel surya untuk meningkatkan efisiensi dan memberikan wawasan tentang perangkat mekanis dan elektronik. Ini juga memungkinkan proyek penelitian inovatif yang melibatkan disiplin ilmu seperti teknik elektro, teknik mesin, dan ilmu lingkungan. Selain itu, siswa mendapatkan pemahaman lebih dalam tentang energi terbarukan dan cara pemeliharaannya.

1

F. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian kali ini antara lain, sebagai berikut: **BAB 1**

PENDAHULUAN

Didalamnya mengandung latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisi tentang teori-teori yang digunakan dalam penelitian, teori penunjang, dan kajian penelitian terdahulu yang relevan sebagai perbandingan produk yang dihasilkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memaparkan mengenai metode penilitan yang digunakan, perancangan, dan langkah-langkah pembuatan produk.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan hasil dari metodologi penelitian yang dijabarkan dalam bentuk pembahasan dan pengoperasian produk.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Didapat kesimpulan menyeluruh dari hasil dan pembahasan serta saran-saran untuk perbaikan atau aspek lain yang perlu dikaji lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Pagar perimeter bandara

Pagar perimeter bandara adalah struktur pengaman yang dipasang di sekitar batas luar bandara untuk melindungi area dari akses yang tidak sah, mencegah tindakan vandalisme, dan meningkatkan keamanan umum. Pagar ini biasanya dibuat dari bahan yang kuat dan tahan lama seperti baja atau besi, yang dirancang untuk sulit ditembus atau dirusak.

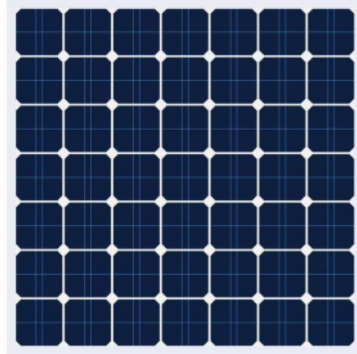


Gambar II. 1 Pagar perimeter bandara

Selain itu, pagar perimeter sering dilengkapi dengan berbagai fitur keamanan tambahan seperti kawat berduri atau kawat silet di bagian atas, sensor gerak, kamera pengawas, dan sistem deteksi intrusi. Fitur-fitur ini bertujuan untuk mendeteksi dan mencegah upaya penyusupan ke area bandara. Pagar perimeter bandara juga bisa dilengkapi dengan pencahayaan tambahan untuk meningkatkan visibilitas di malam hari, serta pintu gerbang yang dikendalikan secara elektronik untuk mengatur akses keluar masuk kendaraan dan orang. Semua elemen ini bekerja bersama untuk memastikan bahwa area bandara tetap aman dan terlindungi dari berbagai ancaman potensial.

2. *Solar Cell*

Solar cell merupakan sebuah komponen semikonduktor yang memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan arus listrik searah (DC) (Kebutuhan dkk., 2018). Ketika sinar matahari mengenai *solar cell*, *foton* yang terbawa oleh cahaya akan menyebabkan *elektron* terlepas dari struktur atomnya.



Gambar II. 2 *Solar Cell*

(Sumber : www.freepik.com)

Elektron yang terlepas akan bergerak secara bebas di dalam bidang kristal *solar cell*, menghasilkan aliran arus listrik. *Elektron*, yang merupakan partikel sub-atom bermuatan negatif, menyebabkan *solar cell* menggunakan silikon paduan yang disebut sebagai semikonduktor jenis N (*negatif*). Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui kapasitas panel surya yang diperlukan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Pujiyanto, 2022) ;

$$P \text{ panel surya} = \frac{Et}{\text{insolasi matahari}} \times 1,1$$

Dimana :

P panel surya : Kapasitas panel surya (WP)

Et : Besarnya energi (Wh)

Insolasi matahari : waktu efektif sinar matahari/hari (4 jam)

3. Jenis-jenis solar cell

a. Monocrystalline

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Kristal silikon murni yang membutuhkan teknologi khusus untuk mengirisnya menjadi kepingan-kepingan kristal silikon yang tipis. Dengan teknologi seperti ini, akan dihasilkan kepingan solar cell yang identik satu sama lain dan memiliki kinerja tinggi. Sehingga menjadi solar cell yang paling efisien dibandingkan jenis solar cell lainnya, sekitar 15% - 20%.

Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan



Gambar II. 3 Solar Cell Monocrystalline

9 mahalnya harga jenis sel surya ini dibandingkan jenis solar cell yang lain. Kelemahannya solar cell jenis ini jika disusun membentuk solar modul (panel surya) akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena solar cell seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya dan memiliki tebal 200 – 400 micro meter.

b. *Polycrystalline*

Jenis *solar cell* ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diproses dengan teknologi khusus untuk menghasilkan lapisan-lapisan tipis. Proses ini memerlukan keterampilan dan teknologi canggih untuk mengiris batangan silikon menjadi kepingan-kepingan kristal yang sangat tipis dan seragam. Dengan teknologi pengirisan ini, dihasilkan kepingan-kepingan *solar cell* yang

Sumber : (www.freepik.com)



Gambar II. 4 *Solar cell Polycrystalline*

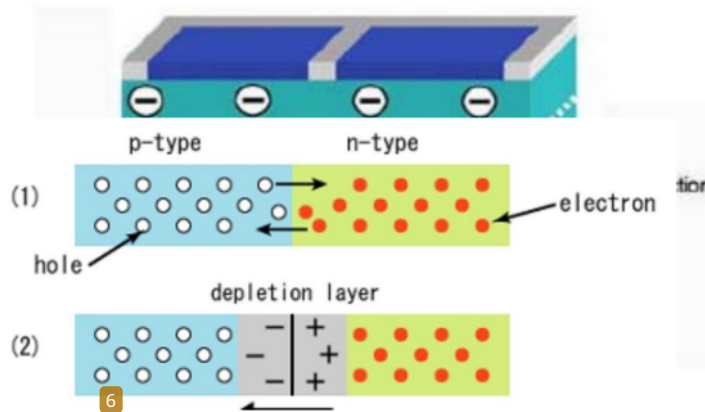
identik satu sama lain, yang masing-masing mampu mencapai kinerja optimal. Keunggulan ini membuat *solar cell* dari silikon murni menjadi salah satu pilihan paling efisien dibandingkan jenis *solar cell* lainnya, dengan efisiensi konversi energi sekitar 15% hingga 20%. Keunggulan efisiensi ini menjadikan *solar cell* berbasis silikon murni sebagai pilihan utama dalam banyak aplikasi pembangkit energi surya modern, terutama dalam sistem yang menuntut konsistensi dan performa tinggi. Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya dan memiliki bentuk persegi yang membuat susunannya rapat dan tidak ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya *monocrystalline* di atas. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding *monocrystalline*, sehingga harganya lebih murah.

3
c. *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

Jenis *solar cell* ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material *solar cell* yang tipis ke dalam lapisan dasar. *Solar cell* jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel.

4. **Prinsip kerja *solar cell***

Pada dasarnya *solar cell* terdiri dari dua jenis semikonduktor, yaitu semikonduktor tipe-n yang kelebihan *electron* yang bermuatan negatif dan semikonduktor tipe-p yang kelebihan *hole* yang bersifat positif yang muncul apabila terkena pancaran sinar matahari.



6
Gambar II. 5 *P-N junction* pada sel surya

6
Gambar II. 6 *P-N junction*

Sambungan dua semikonduktor berbeda tipe tersebut (*electron* dan *hole*) yang timbul disekitar *pn junction* bergerak berturut – turut ke arah lapisan n dan ke arah lapisan p. Sehingga pada saat *electron* dan *hole* itu melintasi *pn junction*, timbul beda potensial pada kedua ujung *solar cell* (*depletion layer*) yang menghasilkan medan listrik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.5 *Solar cell* pada dasarnya merupakan sebuah *foto dioda* yang besar dan dirancang dengan mengacu pada

gejala *photovoltaic* sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan daya yang sebesar mungkin. Silikon jenis p merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai *junction*. Bagian P ini diberi lapisan

nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif. Dibawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

5. **Solar charger controller**

Solar Charger Contoller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *over charging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan *voltase* dari panel surya.



Gambar II. 7 *Solar Charger Controller*

Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. *Solar charge controller* menetapkan teknologi *Pulse Width Modulation (PWM)* untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

6. **Baterai**

Baterai aki, atau dikenal juga sebagai baterai timbal-asam, adalah jenis baterai yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi kendaraan dan penyimpanan energi karena



Gambar II. 8 Baterai *accu*

kemampuannya dalam menyediakan arus listrik yang stabil dan besar dalam waktu singkat. Baterai ini terdiri dari sel-sel *elektro-kimia* yang berfungsi mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui reaksi oksidasi-reduksi antara *elektrolit* asam sulfat dan pelat-pelat timbal di dalamnya.

Ketika baterai mengalirkan arus, reaksi kimia antara pelat timbal dan asam sulfat menghasilkan listrik. Selama proses pengisian, reaksi tersebut berbalik, sehingga baterai dapat digunakan berulang kali. Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui kapasitas baterai yang diperlukan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Pujiyanto, 2022) :

$$Ah = \frac{Et}{Vs}$$

Keterangan :

Ah : Daya battery

Vs : tegangan battery yang digunakan (volt)

Et : Besarnya energi (Wh)

7. Kompresor

Kompresor mini 12V adalah perangkat portabel yang dirancang untuk memberikan solusi praktis dalam mengisi udara pada ban kendaraan, alat olahraga, dan berbagai peralatan inflasi lainnya.

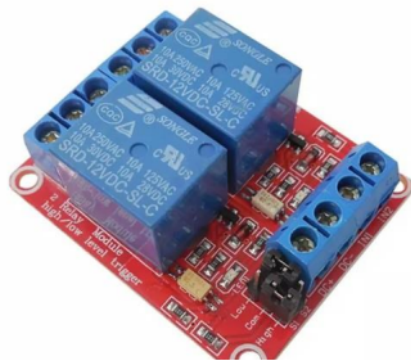


Gambar II. 9 Kompresor

Kompresor udara juga berfungsi sebagai alat pembersih yang sangat efektif, terutama dalam membersihkan area atau perangkat yang sulit dijangkau dengan metode pembersihan konvensional. Dengan tekanan udara tinggi yang dihasilkan, kompresor dapat menghilangkan debu, kotoran, dan partikel kecil lainnya dari permukaan dan celah sempit yang sering ditemukan pada peralatan elektronik, mesin, dan kendaraan. Penggunaannya sangat ideal untuk membersihkan komponen komputer, seperti keyboard dan unit CPU, serta bagian-bagian mesin yang memerlukan pembersihan menyeluruh tanpa merusak komponennya. Selain itu, kompresor udara sering digunakan di bengkel untuk membersihkan rem dan area mesin kendaraan dari debu dan kotoran yang menumpuk. Dalam industri manufaktur, kompresor udara membantu menjaga kebersihan peralatan dan area kerja, meningkatkan efisiensi dan umur peralatan. Alat ini juga sering digunakan dalam pekerjaan rumah tangga untuk membersihkan filter udara, AC, dan ventilasi. Dengan kemampuannya untuk mencapai dan membersihkan area yang sulit dijangkau, kompresor udara sebagai alat pembersih menawarkan solusi praktis dan efektif untuk berbagai kebutuhan pembersihan.

8. Relay

Relay adalah perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai saklar listrik yang dioperasikan oleh sinyal listrik eksternal. Perangkat ini memungkinkan kontrol sirkuit listrik dengan mengisolasi kontrol rendah tegangan dari sirkuit tegangan tinggi, sehingga memberikan keamanan dan efisiensi dalam sistem kontrol listrik. Relay terdiri dari dua bagian utama: kumparan elektromagnetik dan kontak mekanis. Saat arus listrik mengalir melalui kumparan elektromagnetik, medan magnet yang dihasilkan menarik sebuah lengan



Gambar II. 10 Relay

kontak, yang kemudian menghubungkan atau memutuskan sirkuit listrik yang dikontrol. Dengan demikian, relay dapat digunakan untuk menghidupkan atau mematikan peralatan listrik seperti motor, lampu, atau sistem pemanas, berdasarkan sinyal listrik yang diterima dari perangkat kontrol seperti sensor, timer, atau komputer. Relay digunakan untuk mengontrol berbagai fungsi seperti lampu depan, klakson, dan sistem pendingin. Dalam industri, relay digunakan dalam sistem otomatisasi untuk mengendalikan mesin dan proses manufaktur. Dalam rumah tangga, relay sering ditemukan dalam peralatan listrik seperti oven, mesin cuci, dan sistem HVAC. Salah satu keunggulan relay adalah kemampuannya untuk mengendalikan arus tinggi dengan menggunakan sinyal arus rendah, yang memungkinkan penghematan energi dan peningkatan keselamatan. Relay juga bisa diatur dalam berbagai konfigurasi, seperti *normally open* (NO) atau *normally closed* (NC), tergantung pada kebutuhan aplikasi. Dengan kemampuannya yang fleksibel dan efisien, relay menjadi komponen penting dalam sistem kontrol dan otomasi modern.

9. Penerapan *solar cell* di bandara

Penerapan *solar cell* di bandara adalah langkah *inovatif* yang dapat memberikan manfaat signifikan dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan meminimalkan dampak lingkungan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Mochamad Fatchu Rozi dkk., 2020) , penggunaan *solar cell* di bandara dapat



Gambar II. 11 Penerapan *solar cell* di Bandara

Sumber : (Bandar udara Ayawasi)

menjadi sumber energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. *solar cell* mampu mengubah energi matahari menjadi listrik dengan efisiensi yang terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi, dan ini memberikan peluang besar bagi bandara untuk mengurangi emisi karbon serta biaya operasional dalam jangka panjang.

B. Faktor yang mempengaruhi panel surya

1. *Shading Effect*

Shading effect pada panel surya adalah fenomena di mana bayangan yang jatuh pada permukaan panel surya mengurangi efisiensi dan *output* daya dari panel tersebut. Ketika sebagian panel surya terkena bayangan, sel-*solar cell* yang ternaungi akan menghasilkan daya lebih sedikit atau bahkan tidak menghasilkan daya sama sekali. Karena panel surya



Gambar II. 12 *shading* pada panel surya

biasanya dihubungkan secara seri, bayangan pada satu sel dapat mempengaruhi kinerja seluruh rangkaian panel, menurunkan *output* daya keseluruhan.

2. Suhu

Panel surya beroperasi secara optimal pada suhu 25°C. Peningkatan suhu panel surya akan berdampak negatif pada daya yang dihasilkannya (Iqtimal, dkk., 2018). Untuk mencapai kinerja maksimal, panel surya harus berorientasi langsung ke matahari, yaitu permukaannya harus tegak lurus dengan arah datangnya radiasi matahari. Penggunaan *reflektor* dapat meningkatkan efisiensi penangkapan sinar matahari, namun di sisi lain, *reflektor* juga menyebabkan kenaikan suhu pada panel surya (Suwarti, 2018). Suhu memainkan peran penting dalam kinerja panel surya. Ketika suhu pada panel surya meningkat, terjadi penurunan efisiensi yang signifikan, bahkan bisa mencapai 20°C di bawah kondisi optimal.

3. Bahan pembuat *solar cell*

Bahan pembuat *solar cell* juga merupakan faktor kritis dalam menentukan efisiensi dan kinerja panel surya. *Solar cell* biasanya terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon. Terdapat berbagai jenis silikon yang digunakan, termasuk silikon *monokristalin*, *polikristalin*, dan *amorf*. *Solar cell monokristalin* umumnya lebih efisien dibandingkan dengan *sel polikristalin* dan *amorf*, namun juga lebih mahal. Selain silikon, ada juga bahan lain seperti *kadmium telluride* (CdTe) dan tembaga *indium galium selenida* (CIGS) yang digunakan dalam *solar cell*. Setiap bahan memiliki karakteristik unik dalam hal efisiensi, biaya, dan aplikasi. Pemilihan bahan yang tepat sangat penting untuk memaksimalkan kinerja dan efisiensi panel surya sesuai dengan kebutuhan spesifik penggunaannya.

C. Penelitian yang Relevan

Penelitian ilmiah ini menggunakan metode penelitian sebelumnya dengan tujuan membandingkan temuan penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

1. Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan Wiper Berbasis *Mikrokontroler*. Penelitian ini dilakukan oleh Esa Apriaskar dari Universitas Negeri Semarang pada tahun 2020. Pada rancangan alat ini belum dilengkapi pelindung atau pengaman pada bagian sistem elektrikal, karena komponen-komponen alat ini terletak diluar dan tidak tahan air. Hasil studinya menunjukkan bahwa alat ini efisien dalam pembersihan solar cell, dengan selisih tegangan rata rata sekitar 44,6% dalam pengujian waktu dan 73% dalam pengujian berdasarkan kadar debu (Kusuma dkk., 2020).
2. Rancang Bangun Prototype Pembersih Solar Panel Otomatis Pada Rooftop Berbasis *Mikrokontroler*. Penelitian ini dilakukan oleh Wahyu Purnomo dari Politeknik Manufaktur Bandung pada tahun 2023. Pada rancangan alat ini belum dilengkapi sensor debu untuk membersihkan debu apabila terdapat debu diluar dari waktu aktifnya cleaner. Hasil studinya menunjukkan bahwa alat ini mengalami peningkatan efisiensi panel sebelum dan sesudah yaitu 162,93 W berbanding 180,69 W (W. Purnomo dkk., 2023)
3. Rancang Bangun Sistem Pembersih Solar Cell Otomatis Berbasis Mikrokontroler. Penelitian ini dilakukan oleh ilham dwi arirohman pada tahun 2023. Pada rancangan alat ini belum dilengkapi sensor debu untuk memaksimalkan kinerja wiper dan belum dilengkapi cover pelindung untuk pengamanan komponen elektrik. Hasil data pengujian menunjukkan selisih tegangan sebelum dibersihkan dengan perubahan sebesar 18% ketika alat bekerja berdasarkan waktu yang telah ditentukan (Andriyan et al., 2023).
4. Rancang bangun penyemprot udara otomatis berbasis *electropneumatic* menggunakan sensor infrared BF4R. Penelitian ini dilakukan oleh Adhy Purnomo pada tahun 2022. Pada rancangan alat ini menggunakan penyemprot udara untuk melakukan pembersihan debu pada permukaan benda. Hasil pengujian didapatkan waktu rata-rata pembersihan debu 18,9 detik atau penurunan sebesar 22,7% (A. Purnomo dkk., 2022).
5. Penerapan Teknologi Panel Surya Sebagai Penerangan Lampu Jalan Di Desa Binaan Um Desa Wisata Purworejo Kecamatan Ngantang. Penelitian ini dilakukan oleh Muhammad

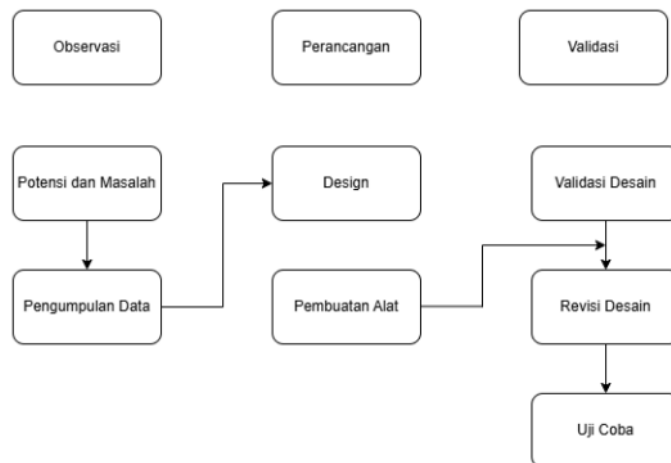
Afnan Habibi pada tahun 2022. Pada penelitian melakukan penerapan panel surya pada lampu jalan. Setiap unit PJU memiliki spesifikasi panel surya 100 WP, baterai 50 Ah dan lampu 50 watt. Kedua unit PJU Bertenaga surya ini diletakkan pada jalan penghubung antara Dusun Banjarejo dan Dusun Jeruk (Afnan Habibi et al., 2022).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Pendekatan dan Jenis Penelitian¹

Penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian dan pengembangan (R&D), metode penelitian yang disebut "penelitian dan pengembangan", yang digunakan untuk membuat dan menguji produk yang pada akhirnya akan digunakan dalam industri. Berbagai model penelitian dapat digunakan sebagai acuan dalam penelitian dan pengembangan ini (Abdullah et al., 2023). Meskipun model R&D terdiri dari sepuluh langkah berbeda, kami menyadari perlunya pendekatan yang lebih sederhana dan fleksibel yang sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan. Penyederhanaan ini telah terjadi diinformasikan oleh perubahan kebutuhan praktik penelitian dan didukung oleh wawasan dari peneliti lain. Penulis merangkum sepuluh tahapan menjadi tiga tahapan inti : Observasi, Perancangan, dan validasi. Penyesuaian ini dilakukan untuk menyempurnakan efisiensi dan efektivitas kegiatan penelitian kami sambil menjaga ketelitian ilmiah yang diperlukan (Abdullah et al., 2023). Penelitian ini dimulai dengan pendekatan terstruktur yang mencakup observasi dan validasi melibatkan tenaga profesional dari Politeknik Penerbangan Palembang dan personel bandara yang merupakan tenaga ahli yang diakui dari sektor industri.



Gambar 3.1 Conceptual Framework

Pada bagian ini juga menjelaskan tentang alur penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan alur penelitian yang dilakukan :

1. Observasi

a. Potensi dan Masalah

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi dan masalah terkait penggunaan sistem *solar cell cleaner* dalam mengoptimalkan penyerapan energi matahari di area perimeter bandara SMB II Palembang. Fokus penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis hambatan-hambatan yang mungkin timbul akibat kurangnya infrastruktur yang mendukung, seperti pemeliharaan yang tidak memadai. Masalah tambahan yang dihadapi adalah akumulasi debu dan kotoran burung pada panel surya, yang dapat mengurangi efisiensi dan efektivitas penyerapan energi matahari. Dengan demikian, penelitian ini bermaksud untuk menyelidiki potensi dampak dari masalah tersebut terhadap kinerja sistem *solar cleaner* dalam mengumpulkan energi matahari secara maksimal di area perimeter bandara.

b. Pengumpulan Data

Dari situasi di atas, langkah berikutnya adalah melakukan pengumpulan data melalui observasi di lapangan di area-bandara yang dipasang panel surya. Tujuan dari observasi ini adalah untuk mengetahui lebih mendalam apa yang menjadi permasalahan di lapangan hasil observasi ini kemudian diperbandingkan dengan teori dan literatur penunjang sehingga didapatkan kesenjangan yang menjadi cikal bakal potensi pengembangan *solar cell cleaner*. Pada saat observasi, kami mencatat bahwa panel surya belum pernah menerima perawatan rutin, dan posisi yang tinggi dari panel surya membuatnya sulit dijangkau untuk melakukan *maintenance*. Selain itu, posisi yang tinggi juga menyebabkan panel surya rentan terhadap debu dikarenakan aktivitas pesawat yang lepas landas dan mendarat menyebabkan turbulensi udara yang kuat, mengangkat debu dan partikel kecil dari permukaan tanah, sementara kendaraan yang bergerak di sekitar area bandara juga berkontribusi terhadap peningkatan jumlah debu di udara.

2. Perancangan

a. Desain (*Design*)

Dilihat dari masalah-masalah yang ada dilapangan serta informasi yang telah dikumpulkan, peneliti merancang desain alat sesuai dengan kebutuhan dan menyelesaikan masalah yang ada dilapangan. Peneliti melakukan desain 3D dengan menggunakan *software sketchup* dikarenakan tampilan yang sederhana serta cukup fleksibel karena dapat menerima atau membaca data dengan berbagai format sehingga dapat mempermudah pengguna dalam membuat desain rancangan produk (Merti, 2021). Serta untuk perancangan skematik rangkaian komponen peneliti menggunakan *software Fritzing*, *Fritzing* merupakan sebuah *software* yang bersifat *open source* untuk merancang rangkaian elektronika (Aryani dkk., 2017).

b. Pembuatan Alat

Pada tahap ini, peneliti melakukan pembuatan alat dengan mengintegrasikan berbagai komponen yang telah dipilih berdasarkan desain awal dan spesifikasi yang ditentukan

3. Validasi

a. Validasi desain

Validasi desain merupakan tahapan penting dalam proses pengembangan produk. Selama tahap ini, desain produk dinilai dan diverifikasi dengan cermat untuk memastikan bahwa itu sesuai dengan tujuan dan persyaratan (Abdullah dkk., 2023). Dalam penilaian produk mengacu pada metode skala likert dengan 5 pilihan yang berupa angka (Negeri dkk., 2019), point skala likert bernilai 1 sampai 5 dengan keterangan point 1 (sangat tidak puas), 2 (tidak puas), 3 (cukup), 4 (puas) serta 5 (sangat puas). Angka tersebut dikualitatifkan sehingga mendapatkan kesimpulan dan kevalidan. Berikut merupakan tabel kriteria jawaban angket dengan skala likert yang ditunjukkan pada Tabel III. 1 untuk kriteria kelayakan produk berikut :

Tabel III. 1. Tabel Kriteria Jawaban Angket dengan skala likert

Kriteria	Nilai Responded
Sangat Puas	5
Puas	4
Cukup	3

Kurang Puas	2
Tidak Puas	1

Sumber : (Sugiono, 2017)

Adapun instrumen validasi mengacu pada penelitian (Amalia dkk., 2020) yang akan diukur oleh para ahli dibidang program studi (prodi) Teknologi Rekayasa Bandar Udara, serta validasi ahli kelistrikan pegawai bandara SMB II Palembang. Untuk mendukung tahapan revisi produk tercantum pada Tabel III. Terlampir :

Tabel III. 2 Instrumen validasi ahli

No	Aspek Penilaian	Indikator	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	Kegunaan (<i>Usability</i>)	Penyemprotan udara berjalan dengan baik					
		Penggunaan alat mudah untuk dioperasikan.					
2	Fungsionalitas (<i>Functionality</i>)	Penggunaan <i>Solar cell cleaner</i> dalam meningkatkan kinerja panel surya					
3	Efisiensi (<i>Efficiency</i>)	Kecepatan respon alat dalam menjalankan fungsinya					
4	Kehandalan (<i>Reliability</i>)	Seberapa sering alat mengalami kerusakan atau kegagalan selama penggunaannya					

Sumber : (Amalia dkk., 2020)

1 Hasil uji coba produk dikonversi menjadi data kualitatif berdasarkan kategori penilaian yang dibentuk dengan membagi skor maksimal dari uji coba dengan jumlah kategori yang telah ditentukan. Para ahli juga diminta untuk memberikan saran dan masukan

guna memperbaiki alat tersebut, sehingga ¹ menghasilkan produk yang lebih layak dan efektif yang dapat diterapkan di area penerangan jalan perimeter bandara.

Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui skor dari kuesioner berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Abdullah dkk., 2021) sebagai berikut :

$$\text{Nilai validitas} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum ideal}} \times 100\%$$

mendapatkan kesimpulan tingkat kevalidan produk hasil pengembangan, maka dapat dilihat dari kriteria pada tabel 2.

Tabel III. 3 Kriteria persentase tanggapan responden terhadap skor ideal

<i>Criteria</i>	<i>Category</i>
84,01%-100,00%	Sangat Baik
68,01%-84,00%	Baik
52,01%-68,00%	Cukup
36,01%-52,00%	Kurang Baik
20,00%-36,00%	Tidak Baik

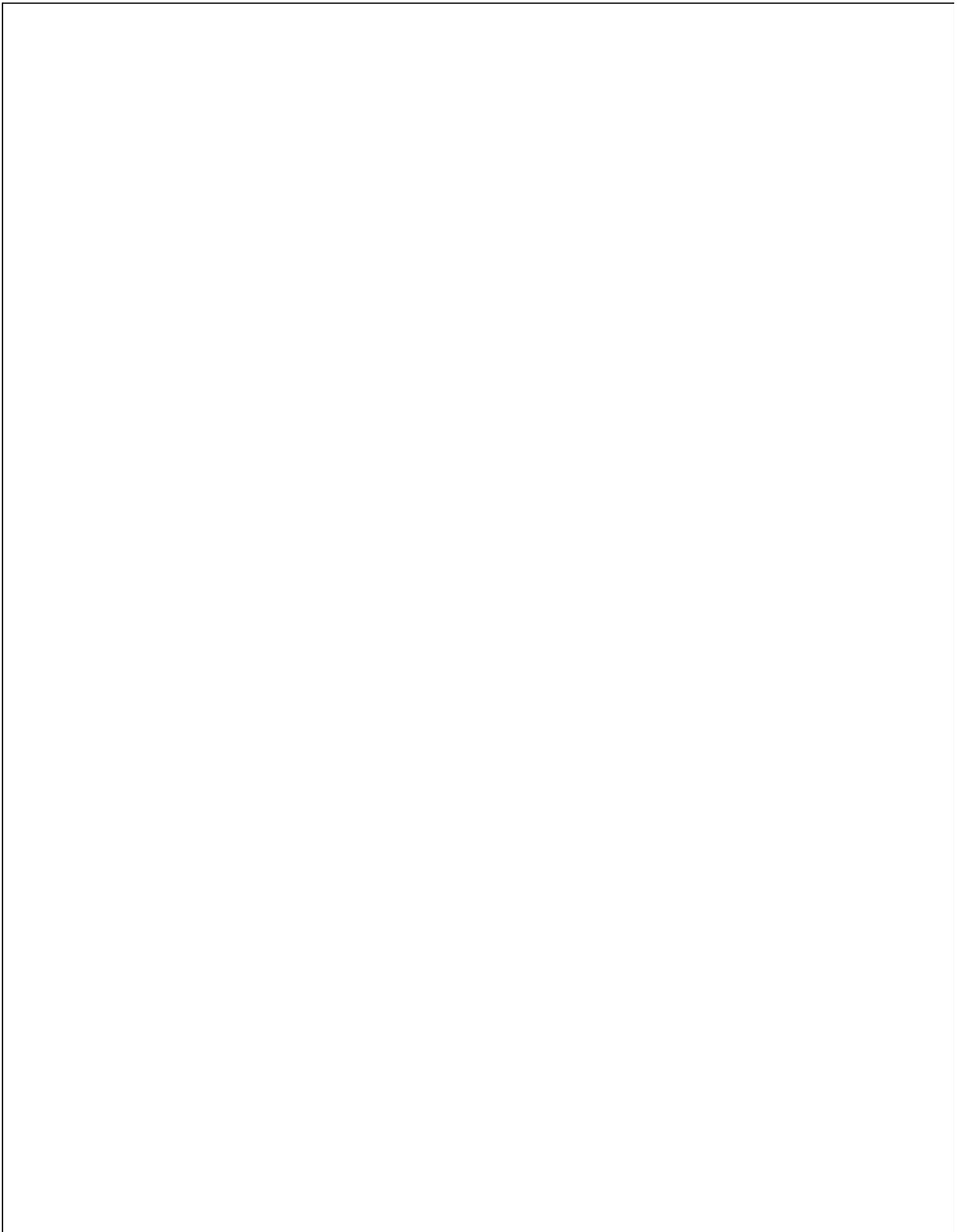
Sumber : (Yulianti, 2021)

b. Revisi Desain

Setelah desain prototype divalidasi oleh para ahli, kelemahan prototype dapat teridentifikasi. Kemudian kelemahan tersebut akan direvisi untuk meningkatkan kualitas prototype menjadi lebih baik lagi.

c. Uji coba

Tahap ini dilakukan setelah prototype mendapatkan penilaian oleh para ahli materi bahwa produk yang dibuat layak untuk diuji coba dilapangan. Uji coba prototype dilakukan bertujuan untuk mengetahui cara kerja dan fungsi prototype nantinya jika diterapkan dilapangan. pengujian *prototype solar cell cleaner* ini dilakukan dengan cara membandingkan berapa besaran tegangan dan arus yang dihasilkan dari keluaran panel surya dengan sebelum dibersihkan menggunakan kompresor dan tanpa menggunakan kompresor berdasarkan waktu (Kusuma et al., 2020).



B. Jadwal Pelaksanaan

Studi ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *solar cleaner*, sebagai pengoptimalan panel surya di area penerangan jalan di Bandara SMB II Palembang. Penelitian ini akan dilaksanakan di Politeknik Penerbangan Palembang (Gedung Prodi TRBU) dan berlangsung mulai bulan april 2024 hingga Juli 2024, meliputi tahap penyusunan proposal hingga penyusunan laporan akhir.

Berikut merupakan tabel jadwal pelaksanaan :

Tabel III. 1 Jadwal Pelaksanaan

Rincian Kegiatan	April	Mei	Juni	Juli
Pengajuan Judul				
Pencarian Materi				
Penyusunan Proposal				
Sidang Proposal				
Pelaksanaan Penelitian (Perakitan dan Validasi alat)				
Pelaksanaan Bab IV dan V				
Pelaksanaan Sidang Tugas Akhir				

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai rancangan *Solar cell cleaner* untuk meningkatkan kinerja panel surya di area penerangan jalan perimeter bandara dengan berdasarkan dari desain penelitian (*Research and Development*) R&D, dengan melakukan penyederhanaan menjadi tiga tahapan inti yaitu observasi, perancangan, dan validasi. Adapun tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. Observasi

a. Tahap Potensi Masalah

Tahap awal dalam pembuatan *prototype* ini adalah melakukan analisis kebutuhan berdasarkan *gap analysis* yang membandingkan antara hasil observasi awal dilapangan dengan teori penunjang sehingga didapatkan teori kesenjangan antara fakta dan teori dengan melakukan observasi awal di sekitar area penerangan jalan perimeter bandara.



Gambar IV. 1 Penerangan jalan perimeter bandara

1. Sistem yang berjalan saat ini

Untuk saat ini di area penerangan jalan perimeter bandara telah menggunakan panel surya pada setiap lampunya, dengan tinggi tiang lampu 4 meter dan daya lampu 100

Watt DC dengan jarak antar lampu 5 meter. Namun, posisi yang tinggi membuatnya rentan untuk terkena *shading effect* yang mengakibatkan penurunan output pada panel surya. Kondisi penumpukan debu dan kotoran dapat terjadi dengan cepat, terutama di lingkungan bandara yang penuh aktivitas menyebabkan turbulensi udara yang kuat, mengangkat debu dan partikel kecil dari permukaan tanah, sementara kendaraan yang bergerak di sekitar area bandara juga berkontribusi terhadap peningkatan jumlah debu di udara, untuk saat ini belum ada upaya khusus untuk melakukan pembersihan pada panel surya sehingga daya diterima panel surya kurang optimal. Salah satu upaya untuk mengoptimalkan kinerja panel surya dapat dilakukan dengan pembersihan pada panel surya.

2. Sistem yang diinginkan

Situasi yang berjalan saat ini menjadi acuan peneliti untuk mengembangkan suatu sistem inovasi baru yang berfokus pembersihan panel surya dengan membuat rancangan *solar cell cleaner* otomatis. Alat ini dirancang agar dapat mempermudah pembersihan serta mengoptimalkan panel surya di area penerangan jalan perimeter bandara.

b. Pengumpulan Data

Pada saat observasi, kami mencatat bahwa panel surya belum pernah menerima perawatan rutin, dan posisi yang tinggi dari panel surya membuatnya sulit dijangkau untuk melakukan *maintenance*. Selain itu, posisi yang tinggi juga menyebabkan panel surya rentan terhadap debu dikarenakan aktivitas pesawat yang lepas landas dan mendarat menyebabkan turbulensi udara yang kuat, mengangkat debu dan partikel kecil dari permukaan tanah, serta kendaraan yang bergerak di sekitar area bandara juga berkontribusi terhadap peningkatan jumlah debu di udara.

2. Perancangan

a. Desain (*Design*)

Pada tahap desain sistem pembersih panel surya, peneliti melihat penelitian yang menggunakan wiper sebagai pembersih (Kusuma dkk., 2020). Terdapat beberapa kekurangan seperti jangkauan desain wiper yang terbatas dan kekhawatiran terjadinya kerusakan pada permukaan solar cell akibat gesekan dari wiper serta memerlukan perawatan lebih sering karena keausan mekanis dan berpotensi mengalami masalah operasional seperti

tersangkut maka penelitian ini mengganti dengan sistem penyemprotan udara menggunakan kompresor. Penggunaan kompresor sebagai pembersih debu terhadap permukaan benda telah dilakukan oleh (A. Purnomo dkk., 2022).

Di sisi lain, sistem penyemprotan udara memungkinkan pembersihan yang lebih luas dan seragam tanpa kontak langsung dengan panel, mengurangi risiko kerusakan dan meminimalkan kebutuhan perawatan. Sistem penyemprotan udara juga lebih efektif dalam mengatasi berbagai jenis kotoran, termasuk debu halus dan kotoran yang menempel di permukaan, serta lebih fleksibel dalam beradaptasi dengan berbagai ukuran dan konfigurasi panel surya.

1. Perhitungan kebutuhan daya solar cell cleaner

Dalam tahap desain peneliti melakukan perhitungan kebutuhan panel surya dan baterai yang diperlukan dalam pembuatan alat ini, Berikut adalah langkah dalam menghitung kebutuhan panel surya dan baterai yang diperlukan :

Tabel IV. 1 Perhitungan Daya *Solar cell cleaner*

Komponen	Tegangan (v)	Arus (i)	Daya (W)
Esp32	3 volt	0,1 A	0,3 W
Kompresor	12 volt	0,2 A	3,6 W
Sensor debu gp2y GP2Y1010AU0F	5 volt	0,1 A	0,5 W
ldr	3 volt	0,1 A	0,3 W
Relay	5 volt	0,1 A	0,5 W
Step down	5 volt	0,1 A	0,5 W
Lampu	12	0,4 A	3 w
Jumlah	46 volt	1,1 A	7,7 W

Total kapasitas baterai :

Diketahui alat beroperasi dengan asumsi selama 2 jam dengan dengan konsumsi daya sebesar $P_{\text{solar cell cleaner}} = 7,7 \text{ W}$ dan $V_s = 12 \text{ Volt}$

$$E_t = 7,7 \text{ W} \times 2 \text{ jam} = 15,4 \text{ Wh}$$

$$Ah = \frac{E_t}{V_s}$$

$$Ah = \frac{15,4}{12}$$

$$Ah = 1,28$$

$$\approx 5 Ah$$

Menentukan kebutuhan panel surya :

$E_t = 15,4$ Wh (energi harian yang dibutuhkan)

Insolasi matahari = 4 jam (jumlah rata-rata jam matahari penuh per hari)

$$P_{\text{panel surya}} = \frac{E_t}{\text{insolasi matahari}} \times 1.1$$

$$N_{\text{panel}} = \frac{15,4}{4} \times 1.1$$

$$N_{\text{panel}} = 3,85 \text{ Wp}$$

$$N_{\text{panel}} \approx 10 \text{ WP}$$

Untuk memakai panel surya agar memenuhi kebutuhan pengecasan daya sebesar 7,7 Wh diperlukan 1 buah panel surya sebesar 10 Wp.

Waktu Operasi Berdasarkan Kapasitas Baterai :

$$T_{\text{operasi}} = E/T$$

$$= 7,7 \text{ Wh}/7,7 \text{ W}$$

$$= 1 \text{ h}$$

Dengan kapasitas baterai sebanyak 1 buah yang tersedia, *solar cell cleaner* dapat beroperasi selama 1 jam.

Waktu durasi pengecasan baterai :

Waktu operasi *solar cell cleaner* dapat dihitung dengan membagi kapasitas baterai dengan daya yang dibutuhkan ;

$$t_{\text{charging}} = \frac{ET}{P_{\text{total}} \times \text{insolasi matahari}}$$

$$t_{\text{charging}} = \frac{7,7 \text{ Wh}}{10 \text{ Wp} \times 4 \text{ h}}$$

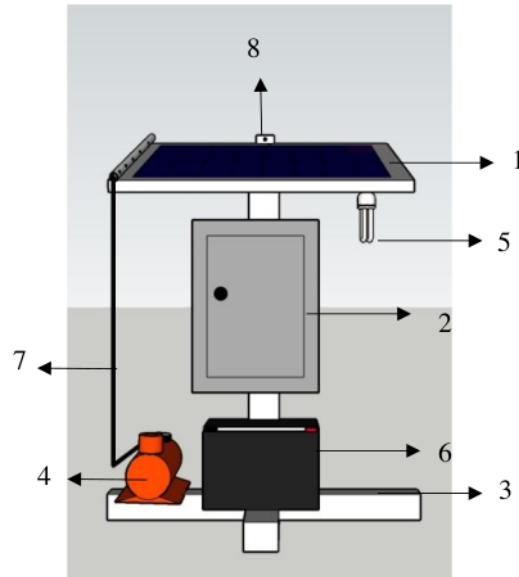
$$= 0,19 h$$

$$= 19 \text{ menit}$$

Waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai dengan kapasitas 7,7 Wh menggunakan 1 panel surya dengan daya maksimal 10 Wp adalah sekitar 19 menit.

2. Desain 3D

Berikut merupakan gambar desain 3D dari *solar cell cleaner*.



Gambar IV. 2 Desain kerangka alat

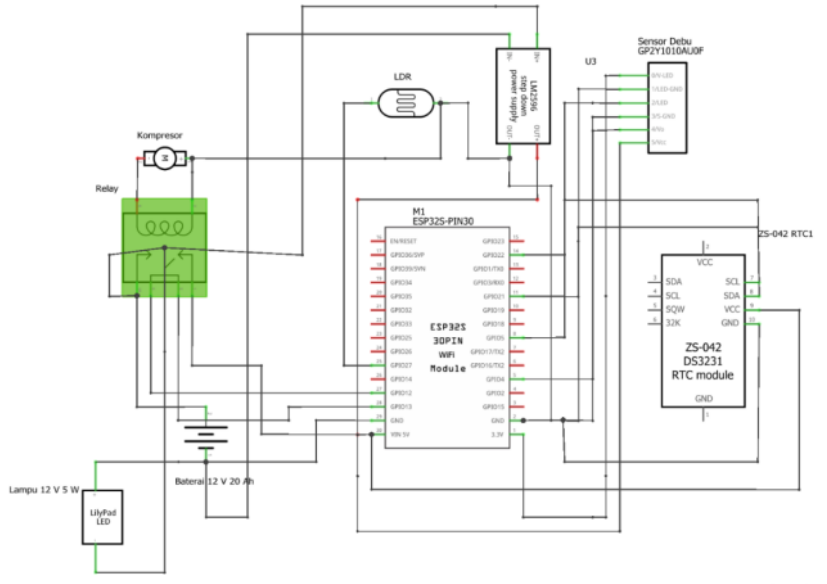
Berdasarkan hasil rancangan pembersih memiliki spesifikasi, yaitu :

No	Komponen	Spesifikasi
1.	Panel surya	10 Wp, dimensi 35 x 22 cm
2.	Box	Dimensi 20 x 30 x12 cm, bahan plat besi
3.	Kerangka	Dimensi 70 x 20 cm, hollow aluminium
4.	Kompresor	Dimensi 11 x 5 cm, tekanan 20.7 bar
5.	Lampu	3 watt dc
6.	Baterai 12 V	Dimensi 18 x 16, 5cm
7.	Selang	100 cm

8.	Sensor debu gp2y GP2Y1010AU0F	Dimensi 4,5 x 3 cm
----	----------------------------------	--------------------

3. Skema rangkaian

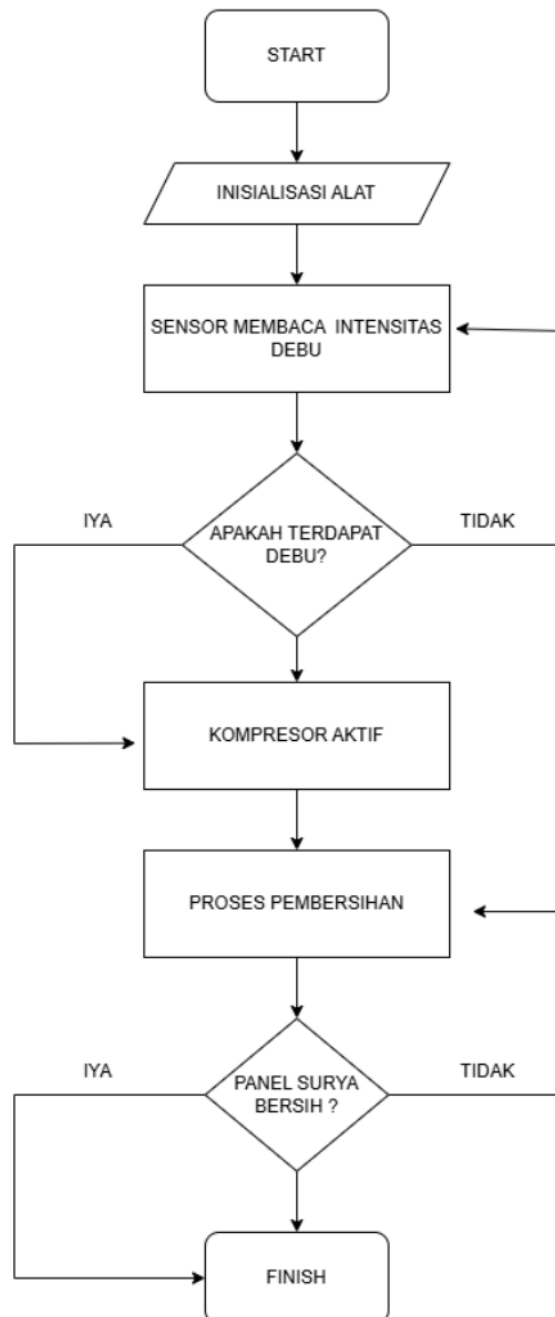
Berikut merupakan skema rangkaian dari *solar cell cleaner*



Gambar IV. 3 Skema Rangkaian Solar Cell Cleaner

4. Cara kerja alat

Berikut merupakan *flowchart* dari cara kerja *solar cell cleaner*



Gambar IV. 4 *Flowchart* cara kerja alat

- a. Proses dimulai ketika alat pembersih debu otomatis diaktifkan. Pada tahap ini, sistem menyalakan semua komponen dan mempersiapkan diri untuk operasi. Sistem melakukan inisialisasi untuk memastikan bahwa semua komponen bekerja dengan benar. Sensor debu, kompresor, dan perangkat keras lainnya diuji untuk kesiapan. Jika semua komponen berfungsi dengan baik, alat beralih ke mode pemantauan.
- b. Jika tidak terdapat debu: sensor mendeteksi bahwa tingkat debu berada di bawah ambang batas yang ditentukan. Dalam hal ini, sistem akan menunggu beberapa saat sebelum membaca kembali intensitas debu untuk memastikan tidak ada akumulasi debu yang baru. Siklus pemantauan ini berlanjut sampai debu terdeteksi.
- c. Jika terdapat debu: ketika sensor mendeteksi debu yang melebihi ambang batas, sistem akan segera mengirimkan sinyal untuk mengaktifkan kompresor atau sistem pembersih lainnya.
- d. Setelah mendeteksi adanya debu, kompresor diaktifkan. Kompresor menghasilkan aliran udara yang kuat untuk membersihkan debu dari area yang terdeteksi.
- e. Aliran udara dari kompresor terus bekerja untuk menghilangkan debu selama durasi tertentu atau hingga sensor mendeteksi bahwa tingkat debu sudah turun di bawah ambang batas. Proses ini memastikan area yang terkena debu dibersihkan secara efektif.
- f. Setelah periode pembersihan awal, sensor memeriksa kembali tingkat debu.
- g. Jika belum bersih: sensor masih mendeteksi debu, kompresor tetap beroperasi, dan proses pembersihan berlanjut. Sistem akan terus membersihkan dan memantau secara berkala sampai tidak ada lagi debu yang terdeteksi.
- h. Jika sudah bersih: sensor mendeteksi bahwa area sudah bersih dan tingkat debu berada di bawah ambang batas, sistem akan menghentikan kompresor dan pembersihan dianggap selesai, setelah area bersih, alat kembali ke mode siaga.

b. Pembuatan Alat

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam pembuatan *solar cell cleaner*

1. Pembuatan kerangka alat

Pembuatan kerangka ini dirancang untuk menempatkan semua komponen utama alat pembersih panel surya (*solar cleaner*), termasuk panel surya, solar charge controller (SCC), baterai, dan kompresor.



Gambar IV. 5 Kerangka alat

Tujuan utama dari pembuatan kerangka adalah untuk menyusun komponen-komponen ini dalam tata letak yang terorganisir dan efisien, sehingga mempermudah pengoperasian, penyimpanan, dan perawatan alat. Dengan kerangka yang dirancang secara optimal, semua elemen dapat terintegrasi dengan baik, memungkinkan akses yang mudah untuk pemeliharaan rutin dan perbaikan, serta memastikan kestabilan dan keselamatan selama operasional.

2. Pembuatan instalasi saluran angin

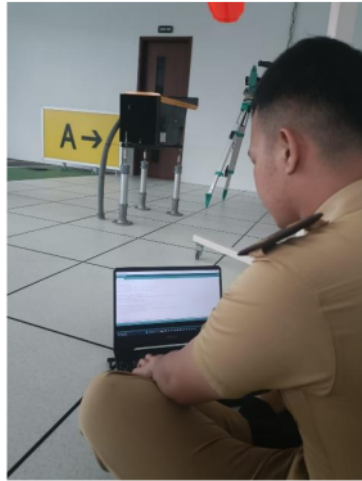


Gambar IV. 6 Pembuatan instalasi saluran angin

Instalasi saluran angin ini dirancang secara khusus untuk mengarahkan aliran udara secara efisien ke permukaan panel surya, dengan tujuan membersihkan debu, kotoran, dan partikel lainnya yang dapat menumpuk dan mengurangi efisiensi penyerapan cahaya matahari. Sistem ini menggunakan mekanisme pengaliran udara terkontrol yang memungkinkan pembersihan rutin dan efektif, menjaga permukaan panel tetap bersih dan optimal dalam memaksimalkan produksi energi listrik dari sinar matahari.

3. Pembuatan pemrograman

Pada tahap ini, dilakukan pembuatan program untuk alat pembersih panel surya (*solar cleaner*) yang bertujuan untuk mengendalikan



Gambar IV. 7 Pemrograman solar cell cleaner

operasional alat tersebut. Program ini dirancang untuk mengotomatisasi fungsi-fungsi pembersihan, mengoptimalkan pola gerak, mengatur penggunaan energi. Dengan menggunakan algoritma, program ini akan memastikan pembersihan yang efisien dan aman, meminimalkan penggunaan penyemprotan udara, serta meningkatkan umur dan efisiensi panel surya melalui perawatan yang konsisten.

4. Pemasangan Komponen



Gambar IV. 8 Pemasangan Komponen

Pada tahap ini, dilakukan perakitan komponen *solar cleaner* dimulai dengan perencanaan dan persiapan untuk memastikan kualitas dan kesesuaian komponen seperti panel surya, box pvc, baterai, sensor debu, dan kompresor.

3. Validasi

a. Validasi desain

Pengujian dilakukan pada sistem alat untuk mengetahui kinerja semua komponen alat sesuai dengan standar, serta untuk mengevaluasi kinerja dan kehandalan alat yang diharapkan. Setiap proses diuji secara menyeluruh untuk mengidentifikasi kemungkinan kesalahan yang dapat terjadi.

Tabel IV. 2 Penilaian Validator 1.

ASPEK	RATA-RATA SCORE
Kegunaan	60%
Fungsionalitas	100%
Efisiensi	80%
Kehandalan	80%
TOTAL RATA-RATA	80%

Berdasarkan penilaian validator I didapatkan hasil rata-rata 80%, yang berarti alat ini dinilai baik oleh validator. Meskipun dari segi kegunaan kurang optimal, alat ini sudah menunjukkan performa yang solid dan dapat diandalkan dalam penggunaan praktis.

Tabel IV. 3 Penilaian Validator 2

ASPEK	RATA-RATA SCORE
Kegunaan	80%
Fungsionalitas	80%
Efisiensi	60%
Kehandalan	100%
TOTAL RATA-RATA	80%

Berdasarkan penilaian validator II didapatkan hasil rata-rata 80%, yang berarti alat ini dinilai baik oleh validator. Meskipun dari segi efisiensi kurang optimal, alat ini sudah menunjukkan performa yang solid dan dapat diandalkan dalam penggunaan praktis.

Tabel IV. 4 Total Penilaian

ASPEK	RATA-RATA SCORE
-------	-----------------

Kegunaan	70%
Fungsionalitas	90%
Efisiensi	70%
Kehandalan	90%
TOTAL RATA-RATA	80%

Berdasarkan hasil analisis validasi ahli materi yang dilakukan oleh kedua validator diperoleh sebesar 80% dan dari nilai tersebut *solar cell cleaner* dikatakan layak digunakan.

b. Revisi Desain

Hasil validasi atau pemeriksaan terhadap *prototype Solar cell cleaner* oleh ahli materi akan mengidentifikasi kekurangan atau kelemahan yang ada. Berdasarkan temuan dari ahli materi, dilakukan perbaikan atau penambahan yang relevan untuk mengatasi hal-hal yang menjadi perhatian dari mereka.

1. Saran dan masukan oleh ahli materi 1 :

“Untuk tahap pengembangan alat, penyemprotan udara yang dihasilkan dibuat lebih stabil dan merata.”

2. Saran dan masukan oleh ahli materi 2 :

“untuk *prototype solar cell cleaner* dengan penyemprot udara harus disesuaikan dengan tiang penerangan yang ada di perimeter bandara. Dan juga sensor yang dapat mengatur fungsi penyemprotan udara sesuai kebutuhan secara otomatis”

c. Uji Coba Produk

Pada pengujian *solar cell cleaner* bertujuan untuk membandingkan berapa besaran tegangan dan arus yang dihasilkan dari keluaran panel surya dengan menggunakan kompresor dan tanpa menggunakan kompresor berdasarkan waktu. Berikut merupakan analisa data dari pengujian semua sistem.

Tabel IV. 5 Pengujian kecepatan pembersihan debu

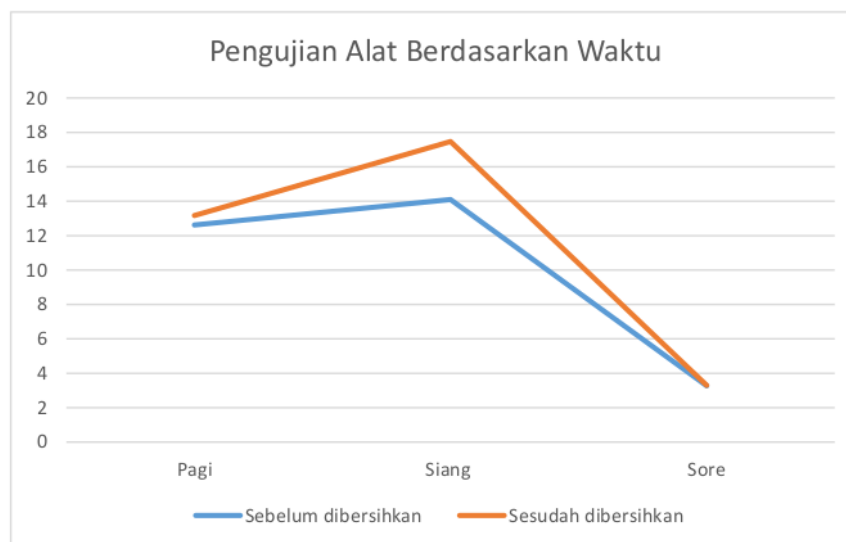
Intesitas	Kadar Debu	Kecepatan pembersihan (waktu)
Rendah	5 gram	15 detik
Sedang	10 gram	25 detik

Tinggi	15 gram	35 detik
--------	---------	----------

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kompresor mampu membersihkan debu secara efisien dengan waktu pembersihan yang proporsional terhadap jumlah debu. Untuk 5 gram debu dengan waktu pembersihan adalah 15 detik, sementara untuk 10 gram dan 15 gram debu, masing-masing memerlukan 25 detik dan 35 detik.

Tabel IV. 6 Pengujian alat berdasarkan waktu

waktu	Tegangan Sebelum dibersihkan	Tegangan Setelah dibersihkan	Selisih
Pagi (09.00 WIB)	12,62 V	13,17 V	0,55 V
Siang (13.00 WIB)	14,10	17,47	3,37 V
Sore (17.00 WIB)	3,27 V	3,30 V	1,18 V



Pengujian dilaksanakan di samping Asrama Charlie Politeknik Penerbangan Palembang dengan kondisi cuaca cerah dan suhu mencapai 31°C. Data pengujian menunjukkan bahwa tegangan panel surya sebelum dan sesudah dibersihkan selalu menunjukkan selisih tegangan dengan rata-rata selisih 13,16%. Pada penelitian (Kusuma dkk., 2020) juga dilakukan

pengujian berdasarkan waktu dengan menggunakan wiper sebagai pembersih dengan selisih sebesar 6,25% sehingga dari penelitian ini dapat diketahui bahwa metode pembersihan dengan menggunakan kompresor (penyemprot udara) dinilai lebih efektif dalam meningkatkan performa panel surya. Selama pengujian, peneliti menghadapi beberapa kendala khususnya pada sensor debu yang kurang sensitif dalam mendeteksi debu. Selain itu, kompresor yang digunakan untuk penyemprotan udara masih perlu dioptimalkan dimana upaya yang telah dilakukan adalah penambahan tabung udara. Masalah ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kualitas komponen dan desain. Untuk itu desain solar cell cleaner perlu ditinjau kembali dalam penelitian selanjutnya agar dapat berfungsi lebih maksimal. Hasil perhitungan dan pengujian diketahui diperlukan daya sebesar 7,7 W untuk membersihkan debu sebanyak 15 gram dalam waktu 35 detik. Mengingat bahwa satu kali pengoperasian memakan daya 7,7, maka pengembangan selanjutnya apabila alat bekerja sesuai sensor maka perlu diperkirakan kembali spesifikasi solar panel dan baterai.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Peneliti berhasil membuat sebuah rancangan prototipe *solar cell cleaner* yang dapat membersihkan panel surya dengan menggunakan penyemprot debu (kompresor) menggunakan *Research And Development (R&D)* sebagai metode penelitian. Alat ini mampu membersihkan debu secara otomatis ketika sensor mendeteksi adanya partikel debu di permukaan panel surya. Proses validasi desain telah dilakukan oleh *asisten manager EMF, supervisor EMF*, dan juga dosen Politeknik Penerbangan Palembang. Hasil validasi menunjukkan tanggapan positif dan persetujuan bahwa prototipe *solar cell cleaner* ini memenuhi harapan, dengan potensi penerapan di bandara. Uji coba dilakukan dengan membandingkan tegangan panel surya sebelum dan sesudah dibersihkan untuk menentukan apakah ada selisih dalam daya yang diterima. *Solar cell cleaner* masih dalam tahap pengujian sistem, sehingga kami berharap dapat melanjutkan penelitian ini hingga implementasi secara menyeluruh samapai dapat digunakan dalam skala industri. Peneliti juga terus melakukan penyempurnaan dan pembaruan seperti monitoring dan kontrol jarak jauh sesuai dengan kebutuhan industri dimasa yang akan datang.

B. Saran

Untuk lebih meningkatkan kinerja *solar cell cleaner*, beberapa saran pengembangan dapat dipertimbangkan:

1. Peningkatan akurasi dan sensitivitas sensor: Sensor deteksi debu merupakan komponen kritis yang menentukan kapan sistem pembersihan harus diaktifkan. Pengembangan lebih lanjut pada teknologi sensor dapat meningkatkan akurasi dan sensitivitas dalam mendeteksi berbagai jenis kotoran pada panel surya. Sensor yang lebih canggih dapat mengidentifikasi partikel debu, kotoran, dan polutan dengan lebih cepat dan tepat, sehingga penyemprotan udara dapat dilakukan hanya ketika benar-benar diperlukan, mengoptimalkan penggunaan energi dan meningkatkan efisiensi pembersihan.
2. Integrasi dengan sistem pemantauan dan kontrol terpadu: mengintegrasikan *solar cell cleaner* dengan sistem pemantauan dan kontrol yang lebih cerdas dapat memberikan manfaat tambahan. Sistem ini dapat dilengkapi dengan kemampuan untuk menganalisis data lingkungan, seperti tingkat polusi udara, curah hujan, dan pola cuaca, untuk memprediksi kapan panel surya kemungkinan besar akan terkontaminasi. Dengan demikian, sistem kontrol dapat memprogram jadwal pembersihan yang lebih efisien dan tepat waktu, meminimalkan intervensi yang tidak perlu dan memastikan panel surya tetap bersih sepanjang waktu.
3. Optimasi desain dan komponen penyemprot: pengembangan lebih lanjut dalam desain dan material penyemprot dapat meningkatkan jangkauan dan efektivitas pembersihan. Penggunaan material yang tahan lama dan desain yang dapat menghasilkan aliran udara yang lebih kuat dan merata dapat meningkatkan kemampuan alat dalam membersihkan panel surya secara menyeluruh. Selain itu, meminimalkan hambatan udara dan mengurangi kebisingan operasi juga dapat membuat alat lebih efisien dan ramah lingkungan.

BAB 1-5.docx

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	3%
2	jurnal.unsil.ac.id Internet Source	3%
3	123dok.com Internet Source	2%
4	download.garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	1%
5	repository.poliupg.ac.id Internet Source	1%
6	www.scribd.com Internet Source	1%
7	journal.unj.ac.id Internet Source	1%
8	repository.uhn.ac.id Internet Source	1%
9	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	1%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography Off

BAB 1-5.docx

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44
