

**PERANCANGAN *SOLAR CELL CLEANER* OTOMATIS  
BERBASIS TEKANAN UDARA DI AREA PENERANGAN  
JALAN PERIMETER BANDARA**

**TUGAS AKHIR**

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan  
Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara  
Program Sarjana Terapan

Oleh:

**ADHA FEBRIANSYAH**

**NIT. 56192010002**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN**

**POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG**

**JULI 2024**

**PERANCANGAN *SOLAR CELL CLEANER* OTOMATIS  
BERBASIS TEKANAN UDARA DI AREA PENERANGAN  
JALAN PERIMETER BANDARA**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**ADHA FEBRIANSYAH**

**NIT. 56192010002**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN**

**POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG**

**JULI 2024**

## ABSTRAK

# PERANCANGAN SOLAR CELL CLEANER OTOMATIS BERBASIS TEKANAN UDARA DI AREA PENERANGAN JALAN PERIMETER BANDARA

Oleh

**ADHA FEBRIANSYAH**

**NIT: 56192010002**

## 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. 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**

### **DESIGN OF AN AUTOMATIC SOLAR CELL CLEANER BASED ON AIR PRESSURE IN THE 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.*

## PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “PERANCANGAN *SOLAR CELL CLEANER* OTOMATIS BERBASIS TEKANAN UDARA DI AREA PENERANGAN JALAN PERIMETER BANDARA” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-1, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang.



Nama : ADHA FEBRIANSYAH  
NIT : 56192010002

PEMBIMBING I



Ir. DIRESTU AMALIA, S.T., MS.ASM  
Penata (III/c)  
NIP. 19831213 201012 2 003

PEMBIMBING II



THURSINA ANDAYANI, M.Sc.  
Penata Muda Tk. 1 (III/b)  
NIP. 19860703 202203 2 002

KETUA PROGRAM STUDI



Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si.  
Pembina (IV/a)  
NIP. 19810306 200212 1 001

## PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “PERANCANGAN *SOLAR CELL CLEANER* OTOMATIS BERBASIS TEKANAN UDARA DI AREA PENERANGAN JALAN PERIMETER BANDARA” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-1, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana Terapan pada tanggal 24 Juli 2024.

KETUA



WAHYUDI SAPUTRA, S.Si.T., M.T

Pembina (IV/a)

NIP. 19821107 200502 1 001

SEKRETARIS



THURSINA ANDAYANI, M.Sc.

Penata Muda Tk.1 (III/b)

NIP. 19860703 202203 2 002

ANGGOTA



FITRI MASITO, S.Pd., MS.ASM

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19830719 200912 2 001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ADHA FEBRIANSYAH

NIT : 56192010002

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa TA berjudul “ PERANCANGAN *SOLAR CELL CLEANER* OTOMATIS BERBASIS TEKANAN UDARA DI AREA PENERANGAN JALAN PERIMETER BANDARA” merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang.

Palembang, 24 Juli 2024  
Yang Membuat Pernyataan



ADHA FEBRIANSYAH

## PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir program sarjana terapan yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut :

Febriansyah, A. (2024): PERANCANGAN *SOLAR CELL CLEANER* OTOMATIS BERBASIS TEKANAN UDARA DI AREA PENERANGAN JALAN PERIMETER BANDARA, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh TA haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang.

*Dipersembahkan kepada*  
*Ayahanda Dedi (Alm) dan Ibunda Mardalena serta Kakak saya Ari kurniawan*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kemudahan bagi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat waktu yang telah ditentukan. Tugas akhir **PERANCANGAN SOLAR CELL CLEANER OTOMATIS BERBASIS TEKANAN UDARA DI AREA PENERANGAN JALAN PERIMETER BANDARA**, disusun guna memenuhi salah satu syarat lulus pada Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan 1 Politeknik Penerbangan Palembang.

Dalam penyusunan Tugas akhir ini penulis mendapat begitu banyak bantuan baik moral maupun materi dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan limpahan berkah dan rahmatnya serta selalu memberikan perlindungan kepada hamba-Nya;
2. Kedua Orang Tua yang telah memberikan doa, restu, dan bantuan serta dukungan penuh kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Bapak Sukahir, S.Si.T., M.T., selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang;
4. Ir. M.Indra Martadinata, S.ST., M.Si selaku ketua program studi sarjana terapan teknologi rekayasa bandar udara;
5. Ibu Ir. Direstu Amalia, S.T., MS.ASM selaku Pembimbing 1;
6. Ibu Thursina Andayani, M.Sc selaku Pembimbing 2;
7. Bapak Al Muzani selaku *Assitant Manager of Electrical Mechanical Facility* Bandara SMB II Palembang;
8. Bapak Agung Jaya Kusuma selaku *OJT Instructure* pembimbing *Runway and Airfield Supervisor*;
9. Seluruh personil divisi *Electrical Mechanical Facility (EMF)* Bandara SMB II Palembang;
10. Seluruh rekan-rekan Taruna TRBU 01 Politeknik Penerbangan Palembang.

11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis sangat menerima kritik dan saran yang positif dengan tujuan untuk membangun sehingga penulis dapat melengkapi dan menyempurnakan tugas akhir ini. Semoga Tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Palembang, 24 Juli 2024



ADHA FEBRIANSYAH

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	ii
<i>ABSTRACT</i> .....	iii
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PENGESAHAN PENGUJI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	v
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan .....	4
E. Manfaat .....	4
F. Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Deskripsi Teori.....	6
1. Pagar Perimeter Bandara .....	6
2. <i>Solar Cell</i> .....	7
3. Jenis-Jenis <i>Solar Cell</i> .....	8
4. Prinsip Kerja <i>Solar Cell</i> .....	10
5. <i>Solar Charger Controller</i> .....	11
6. Baterai.....	12
7. Kompresor .....	13

8. <i>Relay</i> .....	14
9. Penerapan <i>Solar Cell</i> di Bandara .....	16
B. Faktor yang Mempengaruhi Panel Surya .....	17
1. <i>Shading Effect</i> .....	17
2. Suhu .....	17
3. Bahan Pembuat <i>Solar Cell</i> .....	18
C. Penelitian Relevan .....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	21
A. Pendekatan dan Jenis Penelitian .....	21
1. Observasi .....	22
2. Perancangan .....	23
3. Validasi .....	23
B. Jadwal Pelaksanaan .....	26
BAB IV .....	27
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	27
1. Observasi .....	27
2. Perancangan .....	29
3. Validasi .....	38
BAB V .....	42
SIMPULAN DAN SARAN .....	42
A. Kesimpulan .....	42
B. Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	44
LAMPIRAN .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Pagar Perimeter Bandara .....	6
Gambar II. 2 <i>Solar Cell</i> .....	7
Gambar II. 3 <i>Solar Cell</i> Monocrystalline .....	8
Gambar II. 4 <i>Solar Cell</i> Polycrystalline .....	9
Gambar II. 5 P-N Junction Pada Sel Surya .....	10
Gambar II. 6 P-N Junction .....	11
Gambar II. 7 Solar Charger Controller .....	12
Gambar II. 8 Baterai Accu .....	12
Gambar II. 9 Kompresor .....	13
Gambar II. 10 <i>Relay</i> .....	15
Gambar II. 11 Penerapan <i>Solar Cell</i> Di Bandara .....	16
Gambar II. 12 Shading Pada Panel Surya .....	17
Gambar IV. 1 Penerangan Jalan Perimeter Bandara .....	27
Gambar IV. 2 Desain Kerangka Alat .....	31
Gambar IV. 3 Skema Rangkaian <i>Solar Cell</i> Cleaner .....	32
Gambar IV. 4 Flowchart Cara Kerja Alat .....	33
Gambar IV. 5 Kerangka Alat .....	35
Gambar IV. 6 Pemasangan Komponen .....	37

## DAFTAR TABEL

Tabel III. 1 Tabel Kriteria Jawaban Angket Dengan Skala Likert .....	24
Tabel III. 2 Instrumen Validasi Ahli .....	24
Tabel III. 3 Kriteria Persentase Tanggapan Responden Terhadap Skor Ideal .....	25
Tabel IV. 1 Perhitungan Daya <i>Solar Cell Cleaner</i> .....	29
Tabel IV. 2 Penilaian Validator 1. ....	38
Tabel IV. 3 Penilaian Validator 2 .....	38
Tabel IV. 4 Total Penilaian .....	39
Tabel IV. 5 Pengujian Kecepatan Pembersihan Debu .....	40
Tabel IV. 6 Pengujian Alat Berdasarkan Waktu .....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Kondisi penerangan jalan perimeter bandara .....	48
Lampiran B Pengujian Solar cell cleaner .....	49
B. 1 Pengujian pada pagi hari .....	49
B. 2 Pengujian Pada Siang Hari .....	50
B. 3 Pengujian Pada Sore Hari .....	51
Lampiran C Validasi .....	52
C. 1 Validasi oleh pihak bandara .....	52
C. 2 Lembar Angket Validator 1 .....	53
C. 3 Lembar angket validator 2 .....	56
C. 4 Validasi Desain Solar Cell Cleaner .....	59
Lampiran D Cek Similarity .....	60
Lampiran E Cv Validator .....	61
Lampiran F Lembar Bimbingan .....	62
F. 1 lembar pembimbing 1 .....	62
F. 2 Lembar Pembimbing 2 .....	63

## DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	NAMA	HALAMAN
RUEN	Rencana Umum Energi Nasional	13
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap	13
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya	14
Panel surya	Kapasitas Panel Surya	20
Et	Besarnya Energi	20
Insolasi Matahari	Waktu Efektif Sinar Matahari	20
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>	25
Ah	Daya Battery	26
Vs	Tegangan Battery Yang Digunakan	26
NO	<i>Normally Open</i>	28
NC	<i>Normally Close</i>	29

# **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% (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.

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 (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), 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 (Hais, 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 yang signifikan (Aprillia, 2019).

Pada umumnya *solar cell* harus selalu dalam 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 (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 (Purnomo dkk., 2022).

Berdasarkan hal tersebut maka dirancanglah sebuah alat pembersih *solar cell* secara otomatis yang berfungsi untuk membersihkan panel surya. Untuk itu, diajukannya penelitian “Perancangan *Solar Cell Cleaner* Otomatis Berbasis Tekanan Udara di Area Penerangan Jalan Perimeter Bandara” yang diharapkan Pembuatan *solar cell cleaner* otomatis di bandara menawarkan sejumlah manfaat signifikan yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan lingkungan. Dengan *solar cleaner* otomatis, bandara dapat menghemat waktu 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 mendukung langkah-langkah strategis pemerintah dalam mengikuti revolusi industri digunakan secara maksimal (Purwanto dkk., 2021.). Keamanan juga ditingkatkan dengan mengurangi risiko kecelakaan kerja yang mungkin terjadi saat membersihkan panel surya secara manual. Keamanan dan keselamatan penerbangan memegang fungsi yang teramat besar dan strategis bagi pelaksanaan penerbangan (Masito dkk., 2022). Dengan melakukan penerapan *solar cleaner* otomatis juga dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan di area penerangan jalan perimeter bandara. 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 peningkatan kinerja panel surya melalui perancangan *solar cell cleaner*?”

### **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 sivitas 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.

## **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.

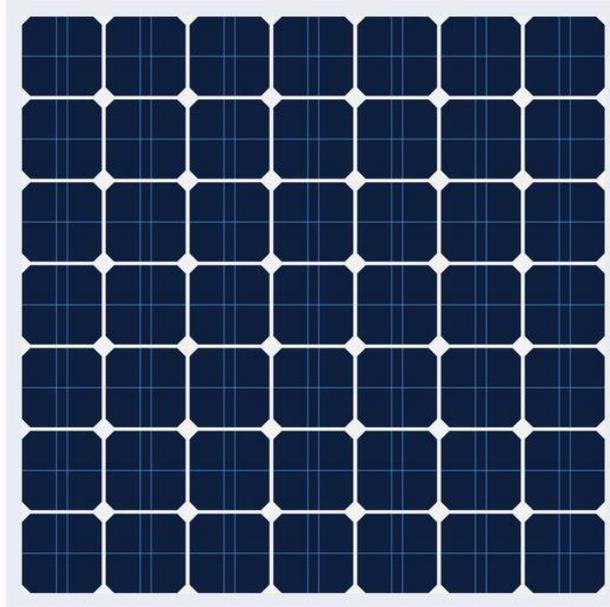


**Gambar II. 1** Pagar perimeter bandara

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) (Lusiana 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.vecteezy.com](http://www.vecteezy.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) :

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

- Keterangan :
- 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%.



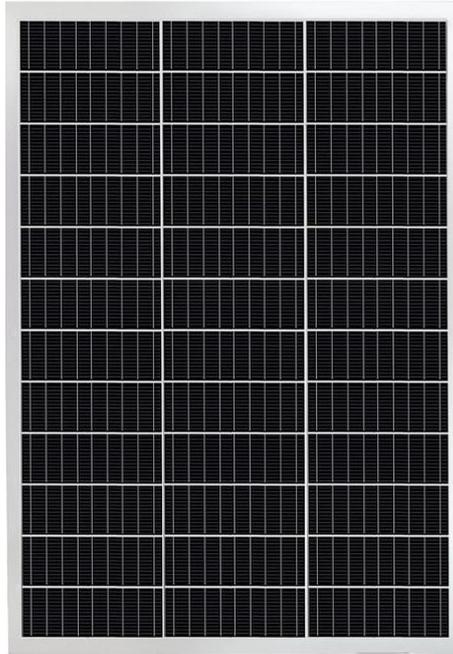
**Gambar II. 3** *Solar cell Monocrystalline*

(Sumber : [www.cambridgengineeringser-vices.com](http://www.cambridgengineeringser-vices.com))

Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan 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.



**Gambar II. 4** *Solar cell Polycrystalline*

*Sumber : (id.es-siysolarpower.com)*

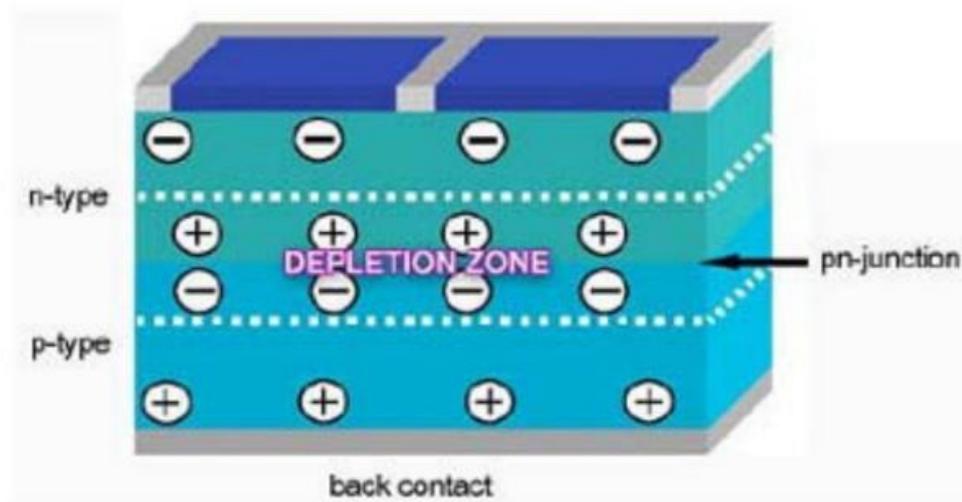
Dengan teknologi pengirisan ini, dihasilkan kepingan-kepingan *Solar cell* yang identik satu sama lain, yang masing-masing mampu mencapai kinerja optimal. Keunggulan ini membuat *Solar cell* dari silikon murni menjadi salah satu pilihan paling efisien dibandingkan jenis *Solar cell* lainnya, dengan efisiensi 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.

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.

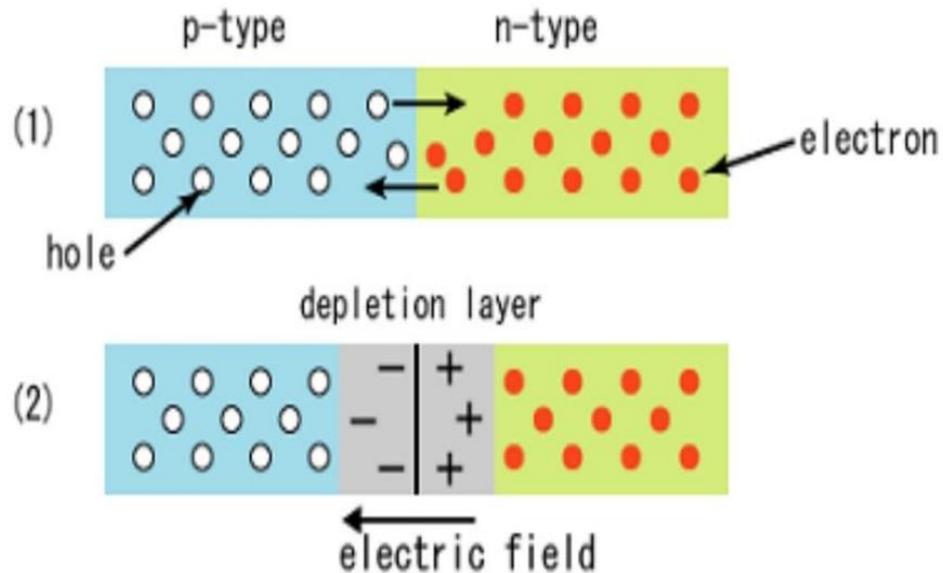


**Gambar II. 5** P-N junction pada sel surya

Sumber : (Mahobia dkk., 2016)

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.



**Gambar II. 6** *P-N junction*

*Sumber :* (Mahobia dkk., 2016)

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 charge controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* memiliki fungsi utama untuk mengatur pengisian daya ke baterai agar tidak terjadi *overcharging*, yaitu kelebihan pengisian ketika baterai sudah penuh, yang dapat merusak baterai. Selain itu, alat ini juga berfungsi untuk mengontrol kelebihan *voltase* yang datang dari panel surya agar tidak melebihi batas aman yang ditentukan. Dengan demikian, *Solar Charge Controller* memastikan bahwa arus yang masuk ke baterai selalu berada pada tingkat yang optimal, menjaga umur baterai lebih panjang, serta melindungi

perangkat elektronik yang terhubung dari potensi kerusakan akibat lonjakan daya.



**Gambar II. 7 Solar Charger Controller**  
(Sumber : [www.dinomarket.com](http://www.dinomarket.com))

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 kemampuannya dalam menyediakan arus listrik yang stabil dan besar dalam waktu singkat.



**Gambar II. 8 Baterai accu**  
Sumber : ([www.walmart.com](http://www.walmart.com))

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 (Pujianto, 2022) :

$$Ah = \frac{Et}{Vs} \quad (2)$$

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

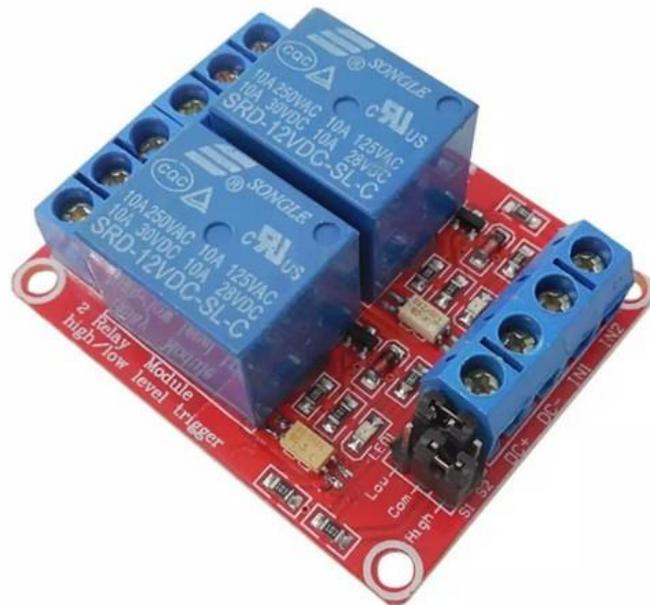
Sumber : ([www.tokopedia.com](http://www.tokopedia.com))

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 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.



**Gambar II. 10** Relay

Sumber : ([www.tokopedia.com](http://www.tokopedia.com))

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 otomatisasi 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 (Rozi dkk., 2020), penggunaan *solar cell* di bandara dapat menjadi sumber energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.



**Gambar II. 11** Penerapan *Solar cell* di Bandara

*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



**Gambar II. 12** *shading* pada panel surya

daya sama sekali. Karena 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 (Suwanti, 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 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 menggunakan wiper sebagai pembersihnya. 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 (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 dkk., 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% (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 (Habibi dkk., 2022).