

SKRIPSI

***PROTOTYPE* SISTEM PEMBERSIH OTOMATIS PANEL SURYA
BERBASIS ESP32**

Disusun dan diajukan oleh:

JEFRIANTO MANURUN

D041 19 1112



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PROTOTYPE SISTEM PEMBERSIH OTOMATIS PANEL SURYA
BERBASIS ESP32**

Disusun dan diajukan oleh:

Jefrianto Manurun

D041191112

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas

Hasanuddin

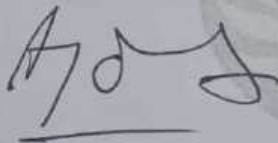
Pada Tanggal 17 November 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

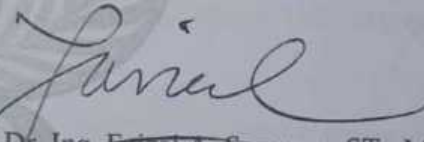
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. A. Ejah U. Salam, S.T., M.T.

NIP 19720908 199702 2 001



Prof. Dr. Ing. Fatzal A. Samman, ST., MT

NIP 19750605 200212 1 004

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.

NIP 19691026 199412 2 0



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jefrianto Manurun

NIM : D041191112

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

PROTOTYPE SISTEM PEMBERSIH OTOMATIS PANEL SURYA BERBASIS ESP32

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 17 November 2023



Optimized using
trial version
www.balesio.com

Yang Menyatakan



Jefrianto Manurun

METERAI TEMPEL
A1CAKX707096002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul: "Prototype Sistem Pembersih Otomatis Panel Surya Berbasis Esp32". Penulis menyadari bahwa hanya oleh karena penyertaan Tuhan Yesus Kristus sajalah penulis dapat melalui segala bentuk rintangan dan kendala dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis juga tak melupakan jasa pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan dan doa dalam penyusunan tugas akhir sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Martinus Luther Pabiba dan Ibu Anita Sambara'. Saudara-saudara ku, Mikel Tampang, Nelson Sampeala' dan Novselio Pabiba beserta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa dan dukungan dalam bentuk apapun sehinggapenulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Ibu Dr. A. Ejah Umraeni Salam, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama dan bapak Prof. Dr. Ing. Faizal Arya Samman, ST., MT selaku Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan terhadap penelitian yang dilakukan.
3. Bapak Muh. Anshar, S.T., M.Sc(Research)., Ph.D. dan Ibu Ida Rachmaniar Sahali, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang memberikan saran, koreksi dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir penulis.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. dan Bapak Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T. selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh dosen pengajar serta pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, kemudahan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.



an seperjuangan di Kendali dan Laboratorium Sistem Kendali dan
si. Ade, Kurniawati, Afdal, Juansen, Gabriel, Gery, Fadhil
inurrahman, Faridh, Rafi, Mukhlis, Abdul Salam, Fariz, Hasbih,

Arya, Haekal, dan Ibni yang selalu memberikan bantuan, doa dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Seluruh teman-teman "TR19GER" yang telah menjadi rekan seperjuangan, memberikan banyak pengalaman, cerita dan motivasi kepada penulis. Jangan pernah takut dan ragu melihat masa depan, semua akan baik saja jika kita bersama.
8. Keluarga CYNOSURE dan GROUND'21 yang telah memberikan pengalaman, cerita, dan doa selama penulis berada di Kampus Teknik Universitas Hasanuddin.
9. Keluarga "MIZKA FAMILY", Juan, Gabriel, Briel, Dennis, Jendri, Riskal, Sinta, Zilpa, Ayu, Agil, Fitman, Richard, Gery, Edo, dkk yang telah menjadi tempat penulis untuk terus bertumbuh bersama di dalam Tuhan Yesus.
10. Teman-teman KKN 109 Universitas Hasanuddin terkhususnya desa wisata Bungaeja Maros, Abi, Anjes, Andhika, Carmilia, Dhika, Dheli, Faizah dan Sherin atas kebersamaan dan pengalaman yang luar biasa bersama penulis selama melakukan pengabdian pada masyarakat.
11. Teman-teman Kerja Praktek di PT PLN UP2B Makassar Selatan, Afdal, Gery dan Faridh yang selalu menemani berbagi cerita dan pengalaman disaat menjalankan kerja praktek.
12. Teman-teman dari Politeknik Negeri Ujung Pandang, Alfian dan Angga yang telah memberi saya bantuan, inspirasi dan tenaga dalam proses pengerjaan penelitian ini.
13. Teman-teman saya di grup WACANA, Alfian, Yudi, Gusto dan Marcel yang senantiasa menemani dan berbagi cerita dikala sedih dan sepi melanda penulis. Begitu juga dengan teman-teman pada grup mabar ZETA, Yudi, Gusto, Gyan, Edward, Bram dan Elvan yang selalu ada ketika penulis hendak mengistirahatkan pikiran dari pengerjaan tugas akhir dengan cara mabar game Bersama.



yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini namun
isebutkan satu persatu pada kesempatan ini.

nyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas
arena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang

membangun dari berbagai pihak guna dijadikan bahan evaluasi untuk meningkatkan kualitas kedepannya. Akhir kata, semoga skripsi ini membawa inspirasi bagi para pembaca untuk mencapai hal yang lebih baik.

Gowa, 17 Agustus 2023



Jefrianto Manurun



ABSTRAK

JEFRIANTO MANURUN. *Prototype Sistem Pembersih Otomatis Panel Surya Berbasis Esp32* (dibimbing oleh A. Ejah Umraeni Salam dan Faizal Arya Samman)

Peningkatan populasi serta kualitas hidup manusia selalu dibarengi dengan peningkatan konsumsi energi yang semakin banyak juga. Selama ini pengadaan kebutuhan listrik manusia ditopang dengan mengandalkan batu bara dan minyak bumi sebagai bahan bakar pada pembangkit-pembangkit untuk menghasilkan listrik. Disisi lain kedua bahan bakar tersebut merupakan penyumbang gas CO₂ terbesar dan tidak dapat diperbaharui. Untuk mengatasi masalah tersebut, beberapa negara sedang mengampanyekan penggunaan energi baru terbarukan salah satunya energi surya atau energi matahari menggunakan panel surya. Panel surya sendiri memerlukan perawatan secara berkala agar mendapatkan output yang maksimal. Salah satunya adalah pembersihan panel dari debu dan kotoran yang dapat menghalangi cahaya matahari. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah *prototype* sistem kontrol dan *monitoring* pembersih otomatis pada panel surya yang dapat membersihkan panel secara otomatis ketika dibutuhkan dan juga *monitoring* output dan beberapa parameter lainnya menggunakan mikrokontroller ESP32. Mikrokontroller akan mengatur pembacaan sensor, menggerakkan aktuator dan menampilkan hasil pembacaan sensor sebagai bentuk *monitoring*. *Prototype* ini menggunakan 2 aktuator yaitu motor DC sebagai penggerak dan juga pompa DC sebagai pompa air untuk membersihkan panel. Kedua aktuator akan bekerja ketika tombol *virtual pin* pada aplikasi *Blynk* diaktifkan atau ketika efisiensi panel turun menjadi 8%. Hasil dari pengujian sensor mendapatkan rata-rata error yaitu 3,10% untuk solar power sensor, sebesar 4,02% untuk current sensor ACS712, sebesar 2,20% untuk voltage sensor DC 0-25V sedangkan water level sensor memiliki rata-rata persentase kesalahan sebesar 7,67%. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan mendapatkan, rata-rata waktu pembersihan 1 cycle adalah 8,42 detik dengan rata-rata penggunaan air sebanyak 266,83 ml dan konsumsi energi sebesar $\pm 0,0462$ Wh. Setiap nilai sensor dapat di-monitoring melalui LCD pada box kontrol secara *offline* dan pada aplikasi *blynk* secara *online*.

Kata kunci: Panel Surya, *Blynk*, Sensor, *Monitoring*



ABSTRACT

JEFRIANTO MANURUN. *Prototype Sistem Pembersih Otomatis Panel Surya Berbasis Esp32* (Supervised by A. Ejah Umraeni Salam and Faizal Arya Samman)

The increase in population and the quality of human life always followed by increasing of energy consumption as well. So far, the provision of electricity needs for humans has been supported by relying on coal and petroleum as fuel in power plants to produce electricity. On the other hand, these two fuels are the largest contributors of CO₂ gas and cannot be renewed. To overcome this problem, several countries are campaigning for the use of new and renewable energy, one of which is solar energy using solar panels. Solar panels themselves require regular maintenance to get maximum output. One of them is cleaning the panels from dust and dirt that can block sunlight. This research aims to design a prototype of automatic cleaning control and monitoring system for solar panels that can clean the panels automatically when needed and also monitor output and several other parameters using the ESP32 microcontroller. The microcontroller will regulate sensor readings, drive the actuator and display the sensor reading results as a form of monitoring. This prototype uses 2 actuators, a DC motor as a driver and also a DC pump as a water pump to clean the panels. Both actuators will work when the virtual pin button in the Blynk application is activated or when the panel efficiency drops to 8%. The results of sensor testing show an average error of 3.10% for the solar power sensor, 4.02% for the ACS712 current sensor, 2.20% for the 0-25V DC voltage sensor while the water level sensor has an average percentage error of 7.67%. The overall system test results show that the average cleaning time for 1 cycle is 8.42 seconds with an average water usage of 266.83 ml and energy consumption of ± 0.0462 Wh. Each sensor value can be monitored via the LCD on the control box and in the online Blynk application.

Keywords: Solar Panel, Blynk, Sensor, Monitoring



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitiann.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Pengaruh Debu Pada Panel Surya.....	6
2.2. Intensitas Radiasi Matahari	6
2.3. Soiling Losses	7
2.4. Shading effect.....	8
2.5. Kerusakan Panel Surya.....	8
2.5.1. Micro Cracks	9
2.5.2. Snail Trail.....	9
2.5.3. Hotspot	10
2.5.4. Delaminasi.....	11
2.6. Penelitian terdahulu.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1. Alur Penelitian	13
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian	14
3.3. Spesifikasi Umum Alat	14
3.4. Spesifikasi Teknis Alat.....	15
3.4.1. Panel Surya.....	17
. ESP32.....	18
. SCC PWM.....	19
. Sensor Tegangan 0-25V	20



3.4.5.	Sensor Arus ACS712.....	20
3.4.6.	Sensor Water Level	20
3.4.7.	DIY Solar Power Meter	20
3.4.8.	Sensor Limit Switch	21
3.4.9.	Baterai 12V	21
3.4.10.	Motor Driver L298N	22
3.4.11.	Pompa DC	22
3.4.12.	Motor DC	23
3.4.13.	LCD M1632	23
3.4.14.	Blynk Iot.....	24
3.4.15.	Kabel Jumper.....	24
3.4.16.	Pulley dan Belt	25
3.5.	Rancangan Penelitian	25
3.5.1.	Diagram Blok Perkabelan.....	25
3.5.2.	Desain Alat.....	28
3.5.3.	Flowchart Alur Sistem.....	30
		30
3.6.	Teknik Pengumpulan Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1.	Hasil Perancangan Alat	32
4.2.	Hasil Kalibrasi Sensor	34
4.2.1.	Solar Power Sensor (W/M ²).....	35
4.2.2.	Current Sensor (A)	35
4.2.3.	Voltage Sensor (V).....	36
4.2.4.	Water Level Sensor (ml).....	37
4.3.	Pengujian Aktuator.....	38
4.4.	Hasil Pengujian Sistem Kerja Alat	38
4.4.1.	Jumlah Debu.....	39
4.4.2.	Jumlah Air, Waktu Sistem Berjalan serta Konsumsi Daya.	42
4.5.	Hasil Pengujian Sistem Monitoring.....	44
4.5.1.	Pengujian Sistem Monitoring Secara Offline	44
4.5.2.	Pengujian Sistem Monitoring Secara Online	45
BAB V PENUTUP		47
5.1.	Kesimpulan	47
	Saran	48
	AN.....	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1: Soiling Losses (Sumber: ratedpower.com)	7
Gambar 2: Shadding Effect (Sumber: mysolarquotes.co.nz)	8
Gambar 3: Micro Cracks (sumber: sinovoltaics.com)	9
Gambar 4: Snail Trail (Sumber: pv-manufacturing.org)	10
Gambar 5: Hotspot (Sumber: winaico.com)	11
Gambar 6: Delaminasi (Sumber researchgate.net)	12
Gambar 7: Flowchart Alur Penelitian	13
Gambar 8: Diagram Perkabelan	26
Gambar 9: Wiring Komponen	26
Gambar 10: Wiring Komponen Panel	27
Gambar 11: Desain Rangka Panel	28
Gambar 12: Desain Wiper Cart	29
Gambar 13: Flowchart Alur Sistem	30
Gambar 14: Hasil Rangka Panel	32
Gambar 15: Spesifikasi Panel	33
Gambar 16: Hasil Wiper Cart	33
Gambar 17: Hasil Kontrol Box	34
Gambar 18: Debu 1 ml	39
Gambar 19: Debu 2,5 ml	39
Gambar 20: Debu 3 ml	39
Gambar 21: Debu 4 ml	39
Gambar 22: Debu 6 ml	39
Gambar 23: Grafik Arus Output Sebelum dan Sesudah Pembersihan	41
Gambar 24: Grafik Bangkitan Daya Setelah Pembersihan Panel	42
Gambar 25: Monitoring Offline (LCD)	45
Gambar 26: Monitoring Online (Blynk)	46



DAFTAR TABEL

Tabel 1: Alat dan Bahan.....	15
Tabel 2: Solar Power Sensor	35
Tabel 3: Current Sensor	35
Tabel 4: Voltage Sensor	36
Tabel 5: Water Level Sensor.....	37
Tabel 6: Pengujian Aktuator	38
Tabel 7: Jumlah Debu	40
Tabel 8: Jumlah Air, Waktu Sistem Berjalan serta Konsumsi Daya	42



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Foto Alat.....	52
Lampiran 2: Foto Pengerjaan dan Pengambilan Data.....	53
Lampiran 3: Kode Program.....	54



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan populasi serta kualitas hidup manusia selalu dibarengi dengan peningkatan konsumsi energi yang semakin banyak juga. Hampir seluruh kegiatan manusia saat ini tidak terlepas dari penggunaan energi. Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama dalam penggerak kehidupan manusia. Banyak aktivitas manusia yang memerlukan adanya pasokan listrik untuk dapat berjalan. Selama ini pengadaan kebutuhan listrik manusia ditopang dengan mengandalkan batu bara dan minyak bumi sebagai bahan bakar pada pembangkit-pembangkit untuk menghasilkan listrik. Namun, sebagaimana yang kita ketahui, penggunaan kedua bahan bakar tersebut merupakan penyumbang besar dari emisi CO₂ dan merupakan barang yang tidak bisa diperaharui, sehingga mengakibatkan kelangkaan dan harganya yang semakin mahal (Kementrian PUPR RI, 2019). Hal ini mendorong banyak negara untuk mengampanyekan peralihan penggunaan listrik yang berasal dari energi tak terbarukan menjadi energi terbarukan seperti air, angin ataupun matahari. Data dari tahun 2018 menyebutkan bahwa penggunaan EBT atau Energi Baru Terbarukan untuk pembangkit listrik di Indonesia masih tergolong minim yaitu sebesar 14% dari total pembangkit listrik atau sebesar 8,8 GW. Kecilnya angka tersebut, membuat pemerintah terus mendorong penggunaan sumber energi listrik yang bersih agar target bauran EBT 2025 sebesar 23% dapat tercapai (National Energy Council, 2019).

Salah satu sumber energi yang dimanfaatkan manusia untuk memperoleh energi listrik secara bersih adalah melalui sinar matahari. Energi listrik dari matahari dapat dihasilkan melalui panel surya atau *solar panel*. Panel surya dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik ketika cahaya matahari mengenai permukaannya. Semakin besar intensitas radiasi cahaya matahari yang mengenai permukaan panel surya, energi listrik yang dihasilkan akan lebih besar (Hasyim 2012). Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi listrik memiliki banyak peluangnya bagi negara tropis seperti Indonesia, mengingat cahaya matahari yang tersedia hampir sepanjang tahun. Pemanfaatan listrik dari panel



surya ini biasanya digunakan sebagai energi listrik alternatif maupun cadangan untuk penerangan jalan umum, gedung, rumah dan lainnya.

Panel surya sendiri memiliki tingkat efisiensi dari konversi energi menjadi energi matahari yang berkisar antara 10-25%, namun masih dapat berkurang oleh karena faktor lain. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dari panel surya adalah pengaruh suhu, *shadding effect* maupun bahan dan proses pembuatan panel surya itu sendiri (Eko Prasetyo Wibowo, 2018). Faktor-faktor di atas tidak hanya mengurangi efisiensi dari panel surya, tapi juga dapat merusak kemampuan panel surya secara keseluruhan. *Shadding effect* sendiri adalah keadaan dimana *cover glass* yang adalah lapisan terluar dari panel surya dalam keadaan tertutup sehingga menghalangi atau mengurangi intensitas cahaya yang dapat masuk dan diterima sel surya. Selain tertutup karena bayangan bangunan maupun pohon, *shadding effect* juga dapat terjadi karena benda seperti debu, dedaunan maupun kotoran burung. Selain mengurangi efisiensi produksi listrik, jika sel surya dibiarkan terlalu lama dalam keadaan terhalang cahaya, akan menimbulkan efek *hot spots* atau titik panas pada sel yang terhalang, mengakibatkan panel surya meleleh dan bahkan menimbulkan kebakaran (TJ. Nicole, 2020). Masalah lain yang dapat timbul pada panel surya adalah *microcracks* atau retakan mikro yang adalah keadaan dimana terjadi retakan berukuran mikro pada permukaan panel surya. Retakan dapat terjadi pada saat proses pembuatan, pengantaran, pemasangan dan saat perawatan. Beberapa penyebab lainnya adalah adanya benda-benda asing pada permukaan panel yang menggores kaca pelindung dan juga proses pembersihan panel yang tidak profesional. *Microcracks* akan menimbulkan banyak masalah baru seperti *snail trail*, korosi dan penurunan efisiensi dari panel surya (Dolara Alberto, 2014).

Dengan banyaknya masalah yang dapat timbul, perawatan secara teratur guna meningkatkan efisiensi dari panel surya haruslah dilakukan, salah satunya adalah proses pembersihan. Namun, instalasi panel surya yang biasanya dilakukan di atas gedung-gedung tinggi, atap rumah dan juga di atas tiang lampu jalan



bukan sulitnya akses untuk melakukan pembersihan secara berkala panel surya sering terlupakan. Selama ini, pembersihan panel surya selalu dilakukan dengan cara manual menggunakan berbagai peralatan seperti tangga dan

alat pembersih. Cara ini dianggap kurang efektif karena selain memakan waktu, biaya dan tenaga lebih, keselamatan kerja para petugas juga dipertaruhkan, mengingat lokasi panel surya yang berada di ketinggian. Selain itu, jika pembersihan dilakukan oleh seseorang yang tidak profesional, di khawatirkan panel surya tidak bersih secara menyeluruh atau bahkan mengalami kerusakan. Untuk itu, dibutuhkan suatu sistem teknologi yang akan membersihkan permukaan panel surya secara otomatis demi perawatan dan peningkatan efisiensi dari output daya tanpa perlu dibersihkan secara manual lagi.

Penelitian sejenis pernah dilakukan oleh Muhammad Rizal Wira Kusuma, dkk pada tahun 2020 dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan Wiper Berbasis Mikrokontroler”. Penelitian ini hanya menggunakan motor servo sebagai penggerak *wiper* sehingga ada beberapa lokasi permukaan panel surya yang tidak terjangkau untuk dibersihkan (Muhammad Rizal Wira Kusuma, 2020). Penelitian lainnya dilakukan oleh Ovina Ambar Sari, dkk pada tahun 2022 dengan judul “Sistem Kendali Pembersih Panel Surya Menggunakan Rolling Brush Dan Wiper Dengan Metode Terjadwal”. Penelitian ini bekerja menggunakan RTC agar terus bekerja di waktu-waktu yang telah ditentukan, namun pembersihan dirasa tidak efektif dan terlalu berlebihan jika terus dilakukan setiap hari, termasuk pada musim hujan. Selain penggunaan air dan daya yang berlebihan, sistem kerja yang terlalu sering berpotensi mengganggu kinerja dari panel surya itu sendiri (Ovina Ambar Sari, 2022).

Melangkah dari permasalahan di atas, dibutuhkan suatu alat yang dapat membersihkan panel surya secara otomatis. Perancangan prototype ini akan penulis lakukan pada penelitian berjudul “Prototype Sistem Pembersih Otomatis Panel Surya Berbasis Esp32”. Konsep dari alat ini sendiri adalah membandingkan masukan dari sensor cahaya dan sensor arus untuk kemudian memutuskan keadaan dari aktuator menggunakan mikrokontroler Esp32.

1.2. Rumusan Masalah



Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan di latar belakang, maka rumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang *prototype* pembersih panel surya otomatis?

2. Bagaimana kinerja dari *prototype* yang telah dibuat?
3. Apa dampak yang diberikan *protortype* terhadap efisiensi dan besar output dari panel surya?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis cara merancang *prototype* pembersih panel surya otomatis.
2. Menganalisis dan mengukur kinerja dari *prototype* yang dibuat.
3. Menganalisis dan mengukur sejauh mana manfaat dari *prototype* yang telah dibuat terhadap efisiensi dan besar output dari panel surya.

1.4. Manfaat Penelitiann

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkandapat diaplikasikan dalam instalasi PLTS skala kecil maupun besar agar meningkatkan efisiensi dari PLTS.
2. Bagi Universitas Hasanuddin, penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan sistem pembersih panel surya otomatis berbasis sep32.
3. Bagi peneliti, penelitian ini dapat bermanfaat untuk menambah wawasan dan sebagai sumber data dalam pembuatan alat pembersih panel surya otomatis berbasis sep32.

1.5. Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian hanya akan dilakukan di lokasi yang telah ditentukan.
2. Fokus dari alat ini adalah untuk membersihkan permukaan panel surya.
3. Mikrokontroler yang akan digunakan adalah esp32.
4. Solar power sensor sebagai pengukur radiasi matahari.
5. Panel diasumsikan bekerja pada kondisi 100% tanpa adanya kerusakan.
6. Percobaan akan dilakukan dengan menggunakan debu buatan.



k menggunakan sistem pengisian wadah air secara otomatis.

in sistem panel surya pada keadaan normal hanyalah pengisian baterai.

9. Pembebanan dari sistem pembersih panel hanya terjadi ketika sistem sedang bekerja.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum mengenai keseluruhan laporan penelitian ini, maka akan dikemukakan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah, serta sistematika penulisan

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori penunjang yang digunakan untuk mendukung serta menunjang jalannya penelitian.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Berisi tahapan dalam penyelesaian penelitian yang meliputi spesifikasi alat serta flowchart cara kerja alat, lokasi serta tempat dilakukannya penelitian, alat dan bahan yang digunakan, perancangan fisik serta sistem kerja alat dan teknik pengumpulan data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai sistem kerja dari alat dan hasil pengujian yang dilakukan beserta analisis hasil pengujian.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari laporan penelitian yang terdiri dari kesimpulan mengenai penelitian dan saran yang diberikan kepada para pembaca untuk pengembangan selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengaruh Debu Pada Panel Surya

Solar panel atau panel surya adalah suatu alat yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya terdiri dari sel-sel surya (Photovoltaic Cells) yang disusun seri dan paralel yang merupakan lapisan-lapisan tipis dari bahan semikonduktor. Cahaya matahari yang datang dan menyinari permukaan panel akan ditangkap oleh sel surya dan dikonversi menjadi energi listrik (Wahab Dewi Sinaga & Prabowo Yani, 2018). Namun proses ini dapat terganggu karena beberapa faktor, salah satunya adalah karena adanya debu dan kotoran yang menempel pada permukaan panel surya menghalangi cahaya yang masuk ke sel surya. Debu ialah nama umum untuk sejumlah partikel padat kecil dengan diameter kurang dari 500 mikrometer. Di atmosfer Bumi, debu berasal dari sejumlah sumber: loess yang disebarkan melalui angin, letusan gunung berapi, pencemaran (Agus Sulistiyo dan Suryono, 2016).

Solar panel selalu membutuhkan pembersihan dan maintenance yang secara berkala harus dilakukan agar output panel selalu optimal. Pembersihan pada panel surya dapat dilakukan menggunakan penggosok berbahan busa halus dan sabun non-abrasive maupun dengan alat-alat otomatis yang sudah banyak dikembangkan.

2.2. Intensitas Radiasi Matahari

Bumi mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk elips dengan matahari berada pada salah satu pusatnya. Karena lintasan bumi terhadap matahari berbentuk elips maka jarak antara bumi dan matahari adalah tidak konstan. Perbedaan jarak merupakan salah satu yang menyebabkan intensitas radiasi matahari yang diterima atmosfer bumi menjadi berbeda. Intensitas radiasi matahari merupakan jumlah energi yang diterima oleh suatu permukaan per satuan luas dan dapat dihiutng pula dalam per satuan waktu. Dengan adanya satuan waktu berarti dalam pengukuran ini termasuk pula lama penyinaran atau lama matahari bersinar u hari. Selain itu besarnya intensitas radiasi di permukaan bumi tergantung si lintang lokasi, ketebalan awan, topografi dan musim. Pengaruh adanya atmosfer dapat menyebabkan penerimaan radiasi matahari di permukaan



bumi bervariasi, dari 40% di daerah basah dengan banyak awan sampai 80% di daerah gurun yang kering. Di Indonesia yang memiliki iklim tropis maka intensitas radiasi matahari dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu musim, letak geografis dan ketinggian tempat (Tulus B. Sitorus dkk, 2014).

2.3. Soiling Losses

Soiling losses mengacu pada hilangnya daya yang diakibatkannya salju, kotoran, debu dan partikel lain yang menutupi permukaan modul PV. Debu merupakan lapisan tipis yang menutupi permukaan susunan surya, dan partikel debu yang diameternya tergantung lokasi dan lingkungannya. Debu dihasilkan dari berbagai sumber seperti polusi oleh angin, letusan gunung berapi, pejalan kaki, dan pergerakan kendaraan di antaranya banyak lainnya. Akumulasi debu dari waktu ke waktu memperburuk keadaan efek mengotori. Faktanya, banyaknya debu yang menumpuk di permukaan modul PV mempengaruhi keseluruhan energi yang dikirimkan dari modul PV secara harian, bulanan, musiman dan tahunan dasar. Berdasarkan laporan yang ditulis oleh Christian Schill di tahun 2022 melalui *World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC)*, estimasi kerugian daya yang hilang dari panel surya akibat dari soiling losses pada tahun 2018, adalah sebesar 3-4% dari total energi tahunan (Christian Schill, 2022). Sanaz Ghazi pada tahun 2014 menyelidiki pola distribusi debu di berbagai belahan dunia dinilai dan menemukan bahwa Timur Tengah dan Afrika Utara mempunyai debu terburuk zona akumulasi di dunia (Mohammad Reza Maghami dkk, 2014).



Gambar 1: Soiling Losses (Sumber: ratedpower.com)



2.4. Shading effect

Efek Shading merupakan kondisi dimana panel surya tertutup oleh bayangan. Pengaruh efek shading ini akan mengurangi konversi cahaya menjadi energi listrik karena solar pv tidak terpapar sinar matahari dengan maksimal.

Solusi untuk mengatasi efek shading ini, antara lain:

1. Mengatur posisi solar pv, baik antara posisi horizontal maupun vertikal, serta mengatur sudut kemiringan solar pv terhadap penyangganya.
2. Melakukan simulasi dengan Helioscope untuk mengetahui potensi shading di sekitar lokasi.
3. Menggunakan tracker agar solar pv dapat terpapar secara maksimal. Apabila lokasi pemasangan sangat tidak memungkinkan untuk solusi yang lain.
4. Menggunakan mikroinverter untuk menghindari minimnya energi matahari yang terserap. Selain itu, mikroinverter bersifat modular sehingga dapat menambah kapasitas sistem solar pv.

Shading ini bisa berasal dari pohon, bangunan, atau bahkan bayangan dari barisan panel surya yang lainnya (Bobvila,2022).



Gambar 2: Shadding Effect (Sumber: mysolarquotes.co.nz)

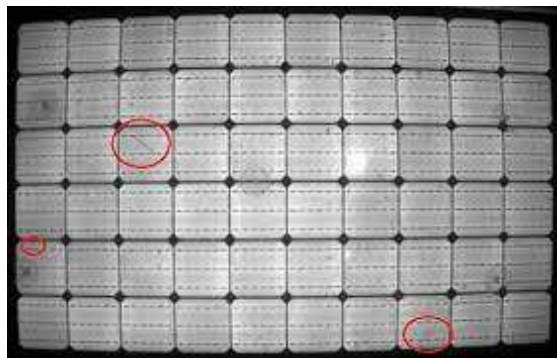
2.5. Kerusakan Panel Surya

Kerusakan pada panel surya dapat disebabkan oleh banyak hal seperti kegagalan dalam proses manufaktur, proses pengiriman, proses perawatan dan juga dapat disebabkan oleh alam. Berikut beberapa kerusakan yang dapat terjadi pada panel surya.



2.5.1. Micro Cracks

Micro cracks atau retakan mikro adalah suatu keadaan dimana permukaan panel surya mengalami retakan dengan ukuran yang kecil (micro) yang disebabkan oleh berbagai macam hal. Terdapat berbagai macam bentuk dan ukuran retakan mikro pada sel surya tergantung pada cara pembentukannya. Misalnya retakan mikro berbentuk garis disebabkan oleh goresan, dan umumnya terjadi pada saat fabrikasi sel. Jenis cacat ini juga dapat disebabkan oleh penggergajian wafer atau pemotongan laser, yang merambat dan menyebabkan terlepasnya atau pecahnya bagian dalam material butiran di dalam sel surya. Sebaliknya, retakan mikro berbentuk bintang terbentuk akibat tumbukan titik tajam yang menimbulkan beberapa retakan garis yang cenderung saling bersilangan (Said Amirul Anwar, 2014). Retakan micro dapat menyebabkan masalah seperti pengurangan output. Bahkan beberapa penelitian percaya bahwa micro crack dapat membawa masalah lain yang terkait, seperti jejak siput, pemutusan sel-sel surya dan bahkan kerusakan total pada panel surya.



Gambar 3: Micro Cracks (sumber: sinovoltaics.com)

2.5.2. Snail Trail

Dalam beberapa tahun terakhir, semakin banyak masalah keandalan yang dialami berbagai teknologi fotovoltaik (PV). Salah satunya adalah terkait perubahan warna garis seperti jejak siput atau jejak cacing yang ditemukan di



permukaan panel surya. Fenomena yang disebut “Jejak Siput” (juga dikenal sebagai bekas cacing) telah diamati pada modul fotovoltaik yang terkena sinar luar ruangan, yang tampak seperti jalur yang berwarna kecoklatan

pada permukaan sel surya terutama di sekitar tepi sel dan/atau area retakan mikro. Adanya retakan mikro dianggap sebagai penyebab utama pembentukan jejak siput, dengan faktor lain seperti kelembaban dan oksigen. Pendapat berbeda dari Canadian solar Inc., mereka melaporkan bahwa jejak siput tidak mempengaruhi kinerja panel surya yang sebenarnya. Mereka telah menemukan beberapa bukti bahwa bahan tambahan seperti kaca frits silver paste dan aditif peroksida dalam EVA (etilen vinil asetat) adalah penyebab utama terbentuknya jejak siput. Mereka menyarankan cara untuk menghindari jejak siput dalam produsen modul surya perlu memilih jenis silver paste baru untuk digunakan dengan bahan tambahan yang mengandung polimer enkapsulasi (Han-Chang Liu dkk, 2015).



Gambar 4: Snail Trail (Sumber: pv-manufacturing.org)

2.5.3. Hotspot

Hot spot PLTS adalah titik panas yang muncul pada modul surya yang disebabkan bayangan parsial yang menutup sebagian area modul surya. Hot Spot PLTS terjadi ketika ada bayangan parsial atau bayangan yang menghalangi sampainya sinar matahari pada suatu bagian di modul surya. Bisa jadi ada bayangan daun yang menutup hanya 20%, 30%, atau 50% dari area di modul surya. Keadaan seperti ini menyebabkan tidak semua modul surya menerima sinar matahari dan mengakibatkan adanya Hot Spot. Titik panas muncul karena sebagian area modul surya menghasilkan energi yang lebih rendah daripada area lain atau dapat dikatakan ketika suatu wilayah di modul

1 menerima beban yang lebih besar daripada beban lainnya. Kondisi but yang kemudian menyebabkan panel surya mengalami hot spot pada rapa bagian tertentu. Apabila benar terjadi maka solusi untuk menghindari



titik panas muncul di modul surya dapat menggunakan bypass diode dan micro inverter (pasangpanelsurya, 2022).



Gambar 5: Hotspot (Sumber: winaico.com)

2.5.4. Delaminasi

Delaminasi adalah pengelupasan yang terjadi pada lapisan enkapsulasi yang terletak didalam panel surya. Delaminasi mengakibatkan berkurangnya transmisi sinar matahari, menurunnya produksi listrik, dan menyebabkan hotspot. Enkapsulasi atau laminasi adalah komponen penyusun panel surya yang terletak diantara sel surya dan kaca pelindung. Laminasi berbentuk lembaran yang dibuat dari bahan ethylene-vinyl acetate (EVA). Keberadaan laminasi dipakai untuk menghindari terjadinya kerusakan sel surya. Laminasi juga berfungsi untuk mengisolasi tegangan yang dihasilkan sel surya agar tidak berpindah ke lapisan lain didalam panel surya. Lapisan laminasi bisa mengalami pengelupasan (delaminasi) yang terjadi diantara kaca pelindung dengan laminasi dan diantara laminasi dengan sel surya.

Kecacatan komponen ini terjadi karena kualitas yang kurang baik pada perekat yang sensitif sinar matahari dan bisa juga karena kelembaban. Pengelupasan atau delaminasi yang tidak diperbaiki bisa menyebabkan koneksi internal rusak, seperti rusaknya busbar dan celah percikan listrik. Apabila dibiarkan tanpa penanganan, delaminasi bisa berakibat pada rambatan percikan listrik ke bahan-bahan konduktor lain di sekitarnya (pasangpanelsurya, 2022).





Gambar 6: Delaminasi (Sumber researchgate.net)

2.6. Penelitian terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu telah mencoba mengembangkan teknologi pembersih panel surya dengan sistem pembersihan yang berbeda-beda, selain yang telah dicantumkan pada latar belakang, berikut beberapa penelitian lain yang juga meneliti sistem pembersih ini. Aripin Triyanto dan Heri Kusnandi mengembangkan ide dengan judul “Rancang dan Bangun Sistem Pembersih Permukaan Panel Surya Otomatis dengan Sistem Elektromekanis Cerdas” yang dilakukan pada tahun 2023 (Aripin & Heri, 2023) dan juga penelitian Hussein A. Mohammed pada tahun 2018 dengan judul “Smart system for dust detecting and removing from solar cells” (Hussein A. Mohammed, 2018).

Masing masing penelitian menggunakan metode dan komponen yang berbeda dalam pembuatan alat pembersih otomatis ini. Beberapa komponen yang paling sering dijumpai adalah mikrokontroler baik Arduino ataupun esp32, motor DC ataupun motor servo, pompa DC dan RTC untuk pembersihan yang terjadwal. Setiap penelitian yang dilakukan terdapat kekurangan dan kelebihan masing-masing yang harus terus dikembangkan.

