

**PROTOTYPE PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERBASIS  
MIKROKONTROLEL DENGAN *FUZZY LOGIC CONTROL***

**(Tesis)**



**Oleh**

**RIKO RAKHMAT**

**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

**PROTOTIPE PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERBASIS  
MIKROKONTROLEL DENGAN *FUZZY LOGIC CONTROL***

**Oleh  
RIKO RAKHMAT**

**Tesis**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

**Pada**

**Program Pascasarjana Magister Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRACT

### PROTOTYPE OF AUTOMATIC SOLAR PANEL CLEANER BASED ON MICROCONTROLLER WITH FUZZY LOGIC CONTROL

By

**RIKO RAKHMAT**

Solar energy is one of the New Renewable Energy (EBT) which is used specifically to meet electrical energy needs by converting it using a device often called a solar panel. Solar panels are generally arranged in PLTS in open areas so they have the potential to be exposed to dirt such as dust which can accumulate over a certain period of time. This can cause a reduction in the efficiency of sunlight irradiance on the surface of the solar panel. To optimize the cleaning and maintenance process, a microcontrol-based automatic solar panel cleaning prototype was designed with a fuzzy logic control system. The method used is the mamdani method. The sensors used as input are voltage sensors and light intensity sensors with fuzzy membership degrees for light intensity: low (0-100 lux), medium (80-200 lux), and high (180-260 lux) as well as fuzzy membership degrees for voltage. : low (0-17.56 V), medium (10-19.76 V) and high (17.56-19.76 V). The degrees of fuzzy membership for the output in the form of duty cycle values are off (0-25%) and on (25-75%). The critical point value of 25% is proven by the output duty cycle test results for off conditions of 24.75% and 24.81% and on 25.83% and 25.62%.

**Keywords:** Arduino, Fuzzy, Solar Panel, Voltage Sensor, Light Intensity Sensor

## ABSTRAK

### PROTOTIPE PEMBERSIH PANEL SURYA OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLEL DENGAN *FUZZY LOGIC CONTROL*

Oleh

**RIKO RAKHMAT**

Energi matahari merupakan salah satu Energi Baru Terbarukan (EBT) yang dimanfaatkan khususnya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dengan melakukan konversi energi menggunakan alat yang sering disebut panel surya. Panel surya umumnya disusun di PLTS pada area terbuka sehingga berpotensi terkena kotoran seperti debu yang dapat menumpuk dalam waktu tertentu. Hal ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi iradiasi sinar matahari terhadap permukaan panel surya. Untuk mengoptimalkan proses pembersihan dan pemeliharaan maka dirancang prototipe pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontrol dengan sistem *fuzzy logic control*. Metode yang digunakan ialah metode mamdani. Sensor yang digunakan sebagai input ialah sensor tegangan dan sensor intensitas cahaya dengan derajat keanggotaan *fuzzy* untuk intensitas cahaya: rendah (0-100 lux), sedang (80-200 lux), dan tinggi (180-260 lux) serta derajat keanggotaan *fuzzy* untuk tegangan: rendah (0-17,56 V), sedang (10-19,76 V) dan tinggi (17,56-19,76 V). Derajat keanggotaan *fuzzy* untuk output berupa nilai *duty cycle* ialah off (0-25 %) dan on (25-75 %). Nilai titik kritis 25 % dibuktikan dengan hasil uji output *duty cycle* kondisi off 24,75 % dan 24,81 % serta on 25,83 % dan 25,62 %.

**Kata Kunci:** Arduino, *Fuzzy*, Panel Surya, Sensor Tegangan, Sensor Intensitas Cahaya

Judul Tesis : **PROTOTYPE PEMBERSIH PANEL SURYA  
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLEL  
DENGAN FUZZY LOGIC CONTROL**

Nama Mahasiswa : **Riko Rakhmat**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2025031006**

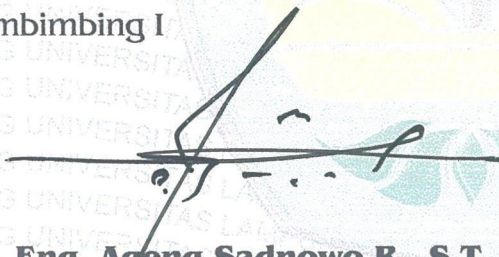
Program Studi : **Magister Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**

**MENYETUJUI**

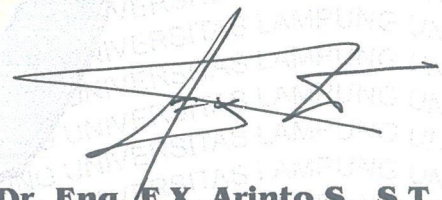
**1. Komisi Pembimbing**

Pembimbing I



**Dr. Eng. Ageng Sadnowo R., S.T., M.T.**  
NIP 19690228 199803 1 001

Pembimbing II



**Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.**  
NIP 19691219 199903 1 002

**2. Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro**



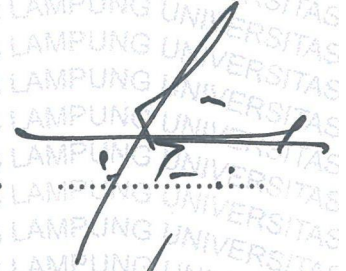
**Misfa Susanto, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 19710525 199903 1 001

**MENGESAHKAN**

**1. Komisi Penguji**

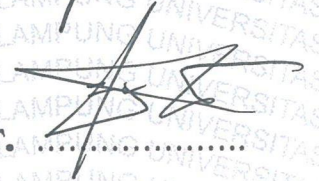
**Ketua Komisi Penguji  
(Pembimbing I)**

**: Dr. Eng. Ageng S. R., S.T., M.T.**



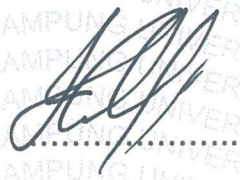
**Sekretaris Komisi Penguji  
(Pembimbing II)**

**: Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.**



**Anggota Komisi Penguji  
(Penguji I)**

**: Dr. Eng. Ir. Helmy F., S.T., M.Sc.**



**Anggota Komisi Penguji  
(Penguji II)**

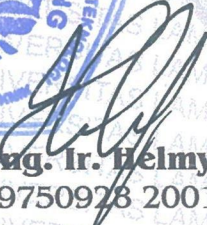
**: Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

**NIP 19750923 200112 1 002**



**3. Direktur Program Pascasarjana**

**Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.**

**NIP 19640326 198902 1 001**



**Tanggal Lulus Ujian Tesis : 6 Juni 2024**



## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa sesungguhnya tesis yang saya susun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik pada Progam Pascasarjana Magister Teknik Elektro seluruhnya adalah benar merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis ini, saya kutip dari hasil penulisan orang lain yang sumbernya dituliskan dengan jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah.

Tesis dengan judul “Prototipe Pembersih Panel Surya Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan *Fuzzy Logic Control*” dapat diselesaikan berkat bimbingan dan motivasi dari pembimbing-pembimbing saya, yaitu:

1. Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T.
2. Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T.

Saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, khususnya kedua dosen pembimbing dan Bapak/ Ibu Dosen Progam Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan dan motivasi.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis yang saya buat ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 Mei 2024



Riko Rakhmat  
NPM.2025031006

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Way Kanan, Lampung, pada tanggal 26 Juni 1993. Penulis merupakan anak ke-3 dari 4 bersaudara, dari pasangan Bapak Mat Jum,S.Pd.I dan Ibu Ratna Sari.

Penulis pertama kali mengenyam pendidikan di TK Pertiwi Baradatu. Penulis melanjutkan tingkat sekolah dasar di SD Negeri 1 Gunung Katun Kec. Baradatu lulus tahun 2004. Sekolah Menengah Pertama diselesaikan di SMP Negeri 2 Baradatu Kec. Baradatu, lulus tahun 2007. Sekolah Menengah Kejuruan diselesaikan di SMK Negeri 2 Bandar Lampung, lulus tahun 2010. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Institut Teknologi Sumatera pada Program Studi Fisika tahun 2012 melalui jalur Ujian Seleksi Masuk PTN (USM PTN) yang diselenggarakan oleh ITB.

Selama menimba ilmu di Institut Teknologi Sumatera penulis aktif mengikuti organisasi kemahasiswaan internal kampus yakni Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) dan Mahasiswa Peradaban Islam (Madani).

Pada Tahun 2018, Penulis menyelesaikan program studi S1 Fisika dengan menulis sebuah skripsi yang berjudul: “Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Perilaku Lalat Rumah (*Musca Domestica*)”.

Pada Tahun 2019, Penulis mulai bekerja di Institut Teknologi Sumatera sebagai Tenaga Kependidikan pada unit kerja Laboratorium Program Studi Fisika dibawah UPT Laboratorium Terpadu Institut Teknologi Sumatera.

Pada Tahun 2020 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Program Pascasarjana Teknik Elektro Universitas Lampung. Dan pada tahun 2022 penulis melakukan



penelitian pada bidang mikrokontroler dengan judul tesis “Prototipe Pembersih Panel Surya Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan *Fuzzy Logic Control*” dibawah bimbingan Bapak Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T.

Bandar Lampung, 01 Juni 2024  
Penulis

**RIKO RAKHMAT**



## **PERSEMBAHAN**

Dengan Ridho Allah SWT, teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW

Karya Tulis ini kupersembahkan untuk:

**Ayah dan Ibuku Tercinta**

*Mat Jum, S.Pd.I. dan Ratna Sari.*

**Keluarga Tersayang**

*Keluarga Besar Bapak Mat Jum*

**Dosen Teknik Elektro**

*Yang selalu membimbing, mengajarkan, memberikan saran, baik secara akademis maupun non akademis*

**Teman- teman kebanggaanku**

*Rekan – rekan Jurusan Teknik Elektro*

**Sahabat-sahabatku**

*Yang selalu membantu, memberikan semangat, mendukung menuju keberhasilan, serta berbagi cerita suka duka dalam berkeluh kesah*

**Keluarga Besar Magister Teknik Elektro 2020**

*Yang selalu memberi semangat, dukungan dalam proses yang sangat panjang, dan selalu berdiri bersama dalam perjuangan menuju kesuksesan*

**Almamaterku**

*Universitas Lampung*

**Bangsa dan Negaraku**

*Republik Indonesia*

Terima kasih untuk semua yang telah diberikan kepadaku. *Jazzakallah Khairan.*



**MOTTO**

*"Cobalah untuk selalu mensyukuri segala nikmat dan karunia yang telah Allah berikan kepadamu hari ini."*

*"Perjalanan Yang Singkat Untuk Waktu Yang Panjang"*

*— Riko Rakhmat*

## SAN WACANA

### *Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Syukur Alhamdulillahirobbilalamin, Penulis haturkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis dengan mempersembahkan judul tesis **“Prototipe Pembersih Panel Surya Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan *Fuzzy Logic Control*”** dengan sebaik-baiknya.

Shalawat beriring salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam Nabi Muhammad SAW, sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari ajal menjemput.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bimbingan, motivasi dan bantuan baik moral maupun materi oleh banyak pihak. Untuk itu dengan sepuh ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Bapak Misfa Susanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama tesis sekaligus dosen pembimbing akademik yang banyak memberikan waktu, ide pemikiran dan semangat serta motivasi bagi penulis.

7. Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua tesis, yang telah banyak memberikan waktu, pengalaman, motivasi dan pemikiran bagi penulis.
8. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M,Sc, selaku dosen penguji utama sekaligus yang telah banyak memberikan kritik, saran dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.
9. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T., selaku dosen penguji kedua yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang bermanfaat bagi penulis.
10. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
11. Seluruh Tenaga Pendidik Program Studi Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Seluruh teman-teman Program Studi Magister Teknik Elektro Unila angkatan 2020 untuk kebersamaan yang telah dijalani. Tiada kata yang dapat penulis utarakan untuk mengungkapkan perasaan senang dan bangga menjadi bagian dari angkatan 2020.
13. Kedua orang tua, ayah dan ibu yang selalu menyayangi, mendidik, membimbing, berkorban serta mendoakan penulis. Sumbahan dan puja yang selalu memberi arahan, susi dan rani yang selalu mengingatkan, istri yang selalu sabar mendampingi selama penulis melakukan penelitian ini.
14. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi isi maupun cara penyajiannya. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir

kata sedikit harapan penulis semoga karya sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Allahumma Aamiin.

***Wassalamu'alaikum Wr. Wb.***

Bandar Lampung, 01 Juni 2024

Penulis,

Riko Rakhmat

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>MENGESAHKAN.....</b>	<b>v</b>
<b>SURAT PERNYATAAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>vii</b>
<b>SAN WACANA.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xvii</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Hipotesis.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Konsentrasi Debu.....	7
2.3 Arduino Uno.....	8
2.4 Sensor Tegangan.....	9
2.5 Sensor Cahaya.....	10
2.6 Sensor Tegangan.....	11
2.7 Fuzzy Logic.....	12

<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	14
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.4 Perancangan Sistem.....	16
3.1.1 Diagram Alir Sistem Kerja Alat.....	16
3.1.2 Perancangan Sistem Rangkaian.....	18
3.1.3 Skema Rangkaian Alat Pembersih.....	20
3.1.4 Perancangan Sistem Mekanik.....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Pengukuran Panel Surya.....	23
4.1.1 Pengaruh Posisi Lampu UV terhadap Panel surya.....	24
4.1.2 Pengaruh Debu dan Jarak Terhadap Kinerja Panel Surya.....	28
4.1.3 Hubungan Intensitas Cahaya terhadap Tegangan Output Panel Surya.....	33
4.1.4 Hubungan Kepadatan Debu terhadap Tegangan Output Panel Surya.....	33
4.2 Pembahasan.....	34
4.2.1 Perancangan Sistem Fuzzy Logic Control.....	34
4.2.2 Menentukan Nilai Minimum.....	39
4.2.3 Menentukan Nilai Tengah.....	42
4.2.4 Menentukan Nilai Atas.....	43
4.2.5 Prototipe Alat.....	44
4.2.6 Data Hasil Pengujian Alat.....	45
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>57</b>
5.1 Simpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>61</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 4.1. Pengaruh Posisi Lampu UV terhadap Permukaan Panel Surya tanpa Debu.....	27
Tabel 4.2 Pengukuran Tegangan Output Panel Surya secara Berulang.....	28
Tabel 4.3 Tegangan output berdasarkan perubahan jarak dan masa debu.....	29
Tabel 4.4 Pengaruh Perubahan Jarak terhadap Intensitas Cahaya dan Tegangan Output Panel surya.....	32
Tabel 4.5 Pembuktian Rule Fuzy pada Nilai minimum/Titik Kritis.....	41
Tabel 4.6 Pembuktian Rule Fuzy pada Nilai Tengah.....	42
Tabel 4.7 Pembuktian Rule Fuzy pada Nilai Atas.....	43
Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Alat.....	44

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Arduino Uno.....	8
Gambar 2.2 Sensor Tegangan.....	9
Gambar 2.3 Skematik INA 219.....	10
Gambar 2.4 Konfigurasi Pin INA 219.....	10
Gambar 2.5 Sensor Cahaya.....	11
Gambar 2.6 Sensor ultrasonic HC-SR04.....	11
Gambar 2.7 Tahapan operasional Sistem logika fuzzy.....	12
Gambar 3.1 Blok diagram konsep prototipe pembersih panel surya otomatis.....	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	16
Gambar 3.3 Diagram Alir Sistem Kerja Alat.....	17
Gambar 3.4 Diagram Blok Sistem Rangkaian.....	19
Gambar 3.5 Skema Rangkaian Perangkat keras.....	20
Gambar 3.6 Blok Diagram Mekanik.....	22
Gambar 4.1 Pengukuran massa debu menggunakan neraca analitik.....	23
Gambar 4.2 Panel Surya Monokristalin 55 watt.....	24
Gambar 4.3 Rangkaian Lampu UV Sejajar terhadap Panel Surya (0°).....	25
Gambar 4.4 Rangkaian Lampu UV Diagonal terhadap Panel Surya (45°).....	25
Gambar 4.5 Rangkaian Lampu UV Melintang terhadap Panel Surya (90°).....	26
Gambar 4.6 Pengaruh Posisi Lampu UV terhadap Permukaan Panel Surya tanpa Debu 25 .....	27
Gambar 4.7 Rangkaian Panel Surya dan lampu UV.....	28
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Tegangan output berdasarkan perubahan jarak dan masa debu.....	30
Gambar 4.9 Pengujian Panel Surya dengan debu (a). 2,5 gram (b). 5 gram (c).	

7,5 gram (d). 10 gram (e). 12,5 gram (f) 15 gram.....	31
Gambar 4.10 Pengukuran Intensitas Cahaya dan Tegangan Output Panel Surya..	32
Gambar 4.11 Derajat Keanggotaan Variabel Fuzzy Tegangan Output.....	34
Gambar 4.12 Derajat Keanggotaan Variabel Fuzzy Intensitas Cahaya.....	35
Gambar 4.13 Derajat Keanggotaan Fuzzy Duty Cycle Motor DC (%).....	36
Gambar 4.14 Area Fuzzy Rules yang terjadi implikasi.....	37
Gambar 4.15 Pembuktian Rule Fuzy pada Nilai minimum/Titik Kritis.....	41
Gambar 4.16 Hasil Pengujian Alat pada Nilai minium/Titik Kritis.....	42
Gambar 4.17 Pembuktian Rule Fuzy pada Nilai Tengah.....	43
Gambar 4.18 Pembuktian Rule Fuzy pada Nilai Atas.....	44
Gambar 4.19 Prototipe Alat.....	45
$\alpha_8$ ; (i). $\alpha_9$	46

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan energi telah berkembang dan meningkat sesuai dengan kemajuan teknologi masa kini. Dalam berbagai aspek kehidupan, manusia sangat bergantung dengan sumber energi alam diantaranya ialah energi matahari. Energi matahari merupakan salah satu sumber energi alam yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam kehidupan semisal untuk membangkitkan energi listrik dari energi matahari dengan suatu perangkat yang disebut panel surya. Panel surya dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Semakin besar cahaya yang mengenai permukaannya, energi listrik yang didapat akan semakin besar.

Jika terdapat partikel lain yang menutupi permukaan panel surya maka akan mengurangi penyerapan cahaya yang secara langsung mengenai permukaan panel surya tersebut, sehingga energi listrik yang dihasilkan akan menurun mengakibatkan kerja panel surya tidak maksimal. Hal inilah yang kemudian menjadi permasalahan dalam proses pemasangan panel surya disuatu tempat tertentu. Salah satu permasalahan tersebut ialah polusi udara yang membawa partikel debu menjadi faktor penyebab debu terakumulasi. Partikel debu tersebut terbawa angin menutupi permukaan panel surya dalam jumlah periode tertentu terakumulasi menumpuk terdistribusi di permukaan panel surya[1]. Kondisi ini menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan agar kondisi panel surya dapat terawat dengan baik dan kebersihan permukaan panel surya dapat terjaga. Dengan perawatan dan kebersihan panel surya terjaga maka proses penyerapan energi radiasi matahari lebih maksimal sehingga energi matahari yang diubah menjadi listrik memiliki nilai efisiensi maksimal[2].

Perawatan dan pembersihan berkala perlu dilakukan untuk menjaga permukaan

panel surya tetap bersih. Dampak yang ditimbulkan oleh faktor debu yang terdapat pada permukaan panel surya adalah berkurangnya nilai konversi fotovoltaik[3]. Solusi untuk masalah perawatan dan pembersihan permukaan dapat dilakukan secara manual oleh tenaga manusia setiap kali ada debu di permukaan panel surya. Namun, tingkat kesulitan dalam membersihkan permukaan, luas susunan, tebalnya debu pada panel surya membutuhkan solusi dan metode yang dapat memudahkan dalam proses pembersihan panel surya untuk jangka waktu panjang[4]. Sistem pembersihan pada panel surya yang ada saat ini kebanyakan masih menggunakan cara konvensional yaitu dengan cara menyikat atau membersihkan menggunakan tenaga manusia sepenuhnya, hal ini memiliki kekurangan seperti adanya resiko kecelakaan kerja pada manusia yang disebabkan tingginya susunan panel surya, membutuhkan banyak biaya untuk membayar tenaga manusia, dan membutuhkan banyak waktu dalam pengerjaan[5].

Semua kekurangan ini menjadi tidak efektif jika terus diterapkan pada sistem pembersihan panel surya, oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat menggantikan tenaga kerja manusia tersebut agar dapat membersihkan panel surya secara efektif. Alat tersebut harus dirancang memiliki kemampuan untuk menyiram dan menyikat permukaan panel surya yang bekerja secara otomatis[6]. Alat ini dirancang untuk mengatasi kesulitan yang timbul pada mekanisme pembersihan panel surya yang masih konvensional dan tidak efektif sehingga dapat meningkatkan efisiensi daya serap sinar matahari terhadap panel surya. Pembersihan konvensional juga memiliki beberapa kerugian seperti kerusakan panel jika saat proses pembersihan tidak dilakukan secara benar seperti menginjak permukaan panel surya saat proses pembersihan dilakukan karena jangkauan permukaan panel surya yang dipasang terlalu luas dan jangkauan alat pembersih manual terbatas[7]. Alat pembersih panel surya yang dirancang ini merupakan sistem pembersih otomatis menggantikan sistem pembersihan konvensional yang lebih efisien sehingga kondisi kebersihan panel surya dapat terjaga dan dapat meningkatkan efisiensi daya serap sinar matahari terhadap panel surya. Dengan efisiensi daya sinar matahari yang diserap meningkat maka panel surya dapat menghasilkan daya energi yang maksimal dan jumlah energi

yang hilang dapat diminimalisir[8].

## **1.2 Rumusan Masalah**

Sebagai rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara merancang sistem kontrol penggerak untuk menyapu permukaan modul panel surya?
2. Bagaimana cara merancang pendeteksi tingkat kekotoran pada panel surya berdasarkan kondisi intensitas dan tegangan output?
3. Apakah pengaruh nilai output daya yang dihasilkan terhadap kondisi permukaan modul panel surya?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Merancang sistem kontrol penggerak untuk menyapu permukaan modul panel surya.
2. Merancang pendeteksi tingkat kekotoran pada panel surya menggunakan sensor tegangan dan sensor intensitas cahaya.
3. Mengamati pengaruh nilai output tegangan yang dihasilkan terhadap kondisi permukaan modul panel surya.

## **1.4 Manfaat penelitian**

1. Dapat Merancang sistem kontrol penggerak alat pembersih panel surya secara otomatis.
2. Dapat mendeteksi tingkat kekotoran permukaan panel surya menggunakan sensor tegangan dan intensitas cahaya yang terintegrasi dengan mikrokontroler
3. Mengetahui pengaruh nilai output daya yang dihasilkan terhadap kondisi permukaan modul panel surya.

## **1.5 Batasan Masalah**

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah seperti yang di bawah ini:

1. Pendeteksian tegangan output panel surya hanya diamati dengan melihat pengaruh jumlah debu terhadap pancaran lampu UV sebagai sumber cahaya yang bersifat tetap .
2. Nilai input menggunakan sensor tegangan dan sensor intensitas cahaya.
3. Prototipe ini di rancang menggunakan arduino uno.

### **1.6 Hipotesis**

Penurunan tegangan output panel surya sangat dipengaruhi oleh tingkat intensitas cahaya yang diterima panel surya. Selama kondisi permukaan panel surya dalam kondisi bersih maka intensitas cahaya akan mengenai permukaan panel surya secara maksimal sehingga menghasilkan tegangan output yang maksimal. Saat permukaan panel surya terhalang oleh debu maka intensitas cahaya yang mengenai permukaan panel surya tidak akan maksimal sehingga terjadi penurunan tegangan output yang dihasilkan oleh panel surya.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan penulisan dan pemahaman mengenai materi penelitian ini, maka tulisan ini akan dibagi menjadi lima, yaitu:

#### **BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab ini memuat latar belakang perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJUAN PUSTUKA**

Pada bab ini membahas tentang teori-teori dasar yang mendukung penelitian ini, yang diambil dari berbagai sumber ilmiah yang digunakan dalam laporan penelitian ini.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang

digunakan dalam penelitian, metode penelitian yang digunakan, serta pelaksanaan dan pengamatan penelitian.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini menjabarkan data hasil penelitian dan pembahasan hasil data yang telah diperoleh dari penelitian ini.

#### **BAB V KESIMPULAN**

Pada bagian bab terakhir ini menjelaskan kesimpulan yang berdasarkan hasil data dan pembahasan yang mengacu pada tujuan penelitian.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian diperlukan beberapa referensi penelitian sebelumnya yang menjadi tambahan literasi dalam melaksanakan penelitian berikutnya yakni tentang alat pembersih panel surya otomatis. Berikut beberapa penjelasan terkait penelitian terdahulu yang digunakan sebagai literasi dalam penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan[9] menjelaskan pembersih panel surya menggunakan aktuator piezoelektrik. Aktuator piezoelektrik bergerak secara linear horizontal terhadap permukaan panel surya digunakan untuk menggerakkan wiper yang terpasang pada aktuator. Tekanan antara wiper, solar panel dan aktuator mendorong wiper untuk menyapu lapisan debu dipermukaan panel surya. Penelitian lain[10] menjelaskan tentang alat pembersih panel surya yang bekerja berdasarkan tingkat intensitas debu dan beroperasi pada waktu tertentu yakni pukul 06.00 WIB dan 18.00 WIB. Alat ini dilengkapi dengan sensor debu untuk membaca tingkat intensitas debu, modul RTC untuk mengatur waktu, motor servo untuk penggerak wiper, dan pompa air untuk menyemprotkan air kepermukaan panel surya sebelum dan selama proses pembersihan. Peneliti lain[11] melakukan penelitian tentang *solar brush* yang merupakan sistem pembersihan robot untuk panel surya atau sering disebut *Robot solar brush*. Robot ini beroperasi di atas solar panel pada posisi datar dengan sistem nirkabel dan daya dapat diisi ulang. Memiliki sikat pembersih yang menyapu debu dan beratnya hanya 2,5 kg. Penelitian lainnya[12] menjelaskan tentang sistem pembersih secara otomatis dengan mencuci dan membilas panel surya, yang terdiri dari reservoir untuk konsentrat sabun. Ada juga filter sedimen yang mengandung softener. Sistem tersebut juga memiliki

katup anti-siphon, untuk mencegah backwashing ke dalam sistem. Sistem terdiri dari pengontrol yang secara otomatis melakukan siklus cuci dan bilas. Pemrograman pengontrol dapat diubah sesuai kebutuhan. Penelitian lain[13] melakukan pembersihan panel surya dengan cara memonitoring kondisi permukaan panel surya menggunakan kamera yang diintegrasikan dengan Raspberry PI. Alat tersebut secara otomatis berkala pada waktu tertentu akan membersihkan panel surya dan dapat dikontrol secara manual oleh pengguna untuk melakukan pemantauan dan pembersihan permukaan panel surya.

Melihat dari beberapa penelitian tersebut[9][10][11][12][13] terkait dengan sistem pembersih permukaan panel surya, maka muncul ide untuk membuat rancang bangun atau prototipe alat pembersih otomatis yang membersihkan permukaan panel surya menggunakan kain sebagai pembersihnya dan penyemprotan air ke permukaan solar panel sebagai pencuci. Rancangan teknologi yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan sensor cahaya dengan membaca intensitas cahaya yang ditangkap terhadap tegangan output yang dihasilkan. Dari pembersih otomatis ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam pembersihan panel surya.

Rancangan ini bekerja berdasarkan sistem elektronik yang dikendalikan berdasarkan perintah dari mikrokontroler yang dilengkapi dengan sensor tegangan DC dan untuk desain kerangka alat ini digunakan bahan besi *hollow* yang bergerak secara horizontal menggunakan roda yang digerakkan dengan motor dc. Selain itu, terdapat kain *microfiber* yang berfungsi untuk menyapu kotoran pada permukaan panel surya yang berputar secara bersamaan digerakkan dengan motor servo. Alat didesain agar dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan kondisi permukaan panel surya, semakin tinggi konsentrasi debu maka pada titik tertentu akan dapat mengaktifasi kerja alat secara otomatis sehingga motor akan menggerakkan kain untuk menyapu permukaan panel surya sehingga kondisi kebersihan permukaan panel surya dapat terjaga dan panel surya dapat bekerja menghasilkan energi listrik secara maksimal.

## 2.2 Konsentrasi Debu

Debu merupakan salah satu material yang sering disebut sebagai partikel yang

melayang di udara dengan ukuran 1 mikron sampai 500 mikron  $\mu\text{m}$ [14]. Berasal dari material padat dan dapat terlihat atau tidak terlihat, mengambang atau menetap. Untuk mengevaluasi dampak pengendapan debu pada panel surya, pertama-tama perlu ditentukan berapa banyak debu yang terakumulasi pada panel. Tingkat konsentrasi debu dapat berpengaruh terhadap kinerja modul panel surya dalam menghasilkan energi. Panel surya kehilangan energi ketika panel surya ditempatkan di lokasi berdebu[15]. Dalam konsentrasi debu yang rendah (0-0,15 mg/m<sup>3</sup>), panel surya masih dapat bekerja dengan baik tetapi dalam kondisi debu yang sedang (0,15-0,25 mg/m<sup>3</sup>) hingga tinggi (>0,25 mg/m<sup>3</sup>) maka energi yang dihasilkan tidak maksimal[16]. Hal ini akan mengakibatkan kinerja panel surya tidak maksimal dalam menghasilkan energi listrik.

### 2.3 Arduino Uno

Arduino adalah sebuah platform komputasi fisik *open source* berbasis Rangkaian input / output sederhana (I/O) yang mengimplementasikan bahasa *Processing*. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan obyek interaktif mandiri atau dapat dihubungkan ke perangkat lunak pada komputer. IDE (Integrated Development Environment) Arduino bersifat *open source*.



Gambar 2.1. Arduino Uno

Adapun data sheet arduino uno sebagai berikut:

Mikrokontroler: Arduino UNO

Tegangan operasi: 5 V

Tegangan input (*recommended*): 7 – 12 V

Tegangan input (limit): 6 – 20 V

Pin digital I/O: 14 (6 diantaranya pin PWM)

Pin analog input: 6

Arus DC per pin I/O: 40 mA

Arus DC untuk pin 3.3 V : 150 mA

Flash memory: 32 Kb dengan 0.5 Kb digunakan untuk bootloader

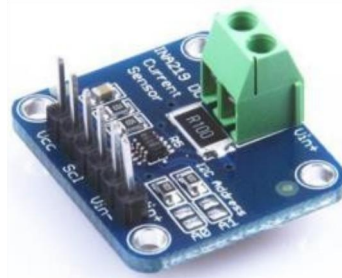
SRAM: 2 KB

EEPROM: 1 KB

Kecepatan pewaktu: 16 Mhz

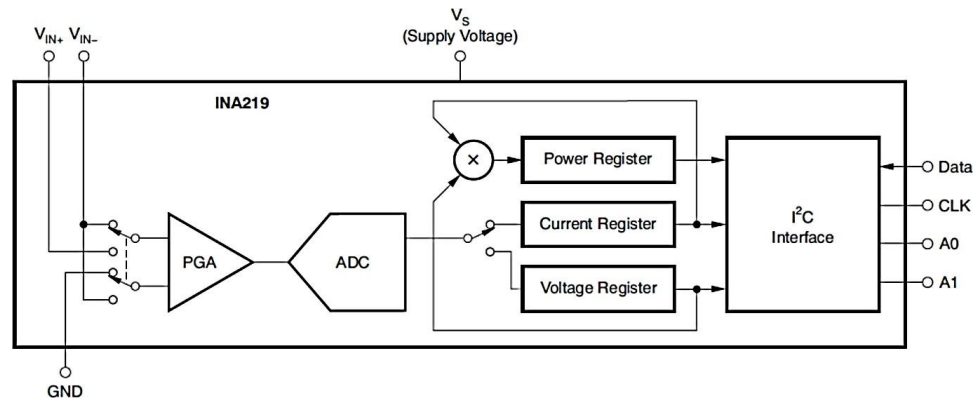
## 2.4 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah suatu alat yang mengukur tegangan pada alat elektronik. Sensor tegangan umumnya berupa sebuah rangkaian pembagi tegangan atau yang biasa disebut *voltage divider*. Sensor ini didasarkan pada prinsip redaman resistensi dan dapat membuat tegangan input dari terminal berkurang sampai seperlima dari tegangan asli.



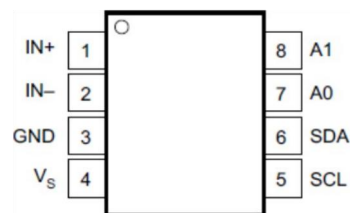
Gambar 2.2 Sensor Tegangan

INA219 merupakan modul sensor yang dapat memonitoring tegangan pada suatu rangkaian listrik. INA 219 didukung dengan *interface* I2C atau SMBUS-COMPATIBLE dimana peralatan ini mampu memonitoring tegangan *shunt* dan suplai tegangan bus, dengan konversi program *times* dan *filtering*. INA 219 memiliki sebuah amplifier input maksimum adalah  $\pm 320\text{mV}$  ini berarti dapat mengukur arus hingga  $\pm 3,2\text{A}$ . Dengan internal data 12 bit ADC, resolusi pada kisaran 3.2A adalah 0,8 mA. Dengan gain internal yang ditetapkan pada minimum  $\text{div}8$ , maks saat ini adalah  $\pm 400\text{mA}$  dan resolusi 0,1 mA. INA 219 mengidentifikasi tegangan *shunt* pada bus 0 – 26 V.



Gambar 2.3. Skematik INA 219

Dalam Gambar 2.3 skematik INA 219 memiliki Pin I/O data, clock, analog 0, analog 1, Vin +, Vin -, *ground*, dan suplai tegangan. Berikut gambar yang menjelaskan pin I/O dari INA.



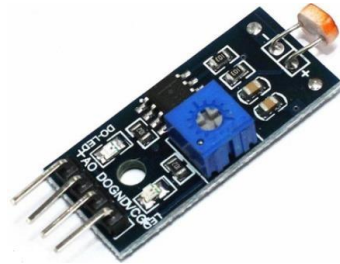
Gambar 2.4. Konfigurasi Pin INA 219

Pin IN + dan IN – merupakan pin positif dan negatif input dari tegangan *shunt* dimana pin positif dihubungkan dengan hambatan shunt sedangkan yang negatif dihubungkan dengan *ground*. Pin SCL dan SDA adalah pin *serial bus clock line* dan *serial bus data line*. pin A0 dan A1 merupakan *address* dari pin analog input[17].

## 2.5 Sensor Cahaya

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. *Photo-sensitive Light Intensity Sensor* merupakan sebuah modul sensor 3 (tiga) pin untuk mengukur tingkat intensitas cahaya yang terdiri dari dua bagian utama yaitu sensor cahaya menggunakan komponen elektronika LDR (Light Dependent Resistor) yang peka terhadap cahaya dan pembanding tegangan/*voltage comparator* LM393 yang membandingkan nilai hambatan

yang berubah sesuai intensitas cahaya yang diterima, dideteksi dalam bentuk tingkat tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan/*voltage divider circuit*) dan keluarannya berupa nilai analog pada pin Analog I/O.



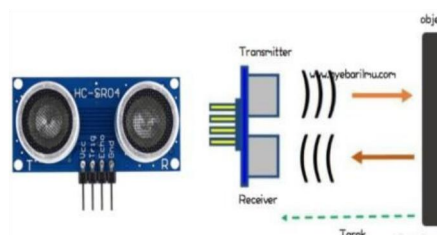
Gambar 2.5. Sensor Cahaya

Spesifikasi Modul *Photosensitive*

1. Sensitivitas alat dapat diatur dengan memutar Trimpot
2. Tegangan Kerja 3-5 Volt
3. Output Analog A0
4. Menggunakan Pembanding IC LM393 Comparator yang Stabil
5. Mendeteksi *Brightnerss* dan Intesitas Cahaya Sekitar

## 2.6 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang berfungsi untuk merubah besaran fisis (suara) menjadi besaran listrik maupun sebaliknya yang dikonversi menjadi jarak. Konsep dasar dari sensor ini yaitu memanfaatkan prinsip pemantulan gelombang suara ultrasonik (gelombang suara yang memiliki frekuensi tinggi yaitu pada kisaran 40 kHz) yang dapat diaplikasikan untuk menghitung jarak benda dengan frekuensi yang ditentukan sesuai dengan sumber *oscillator*.



Gambar 2.6. Sensor ultrasonik HC-SR04

Berikut spesifikasi sensor jarak ultrasonik

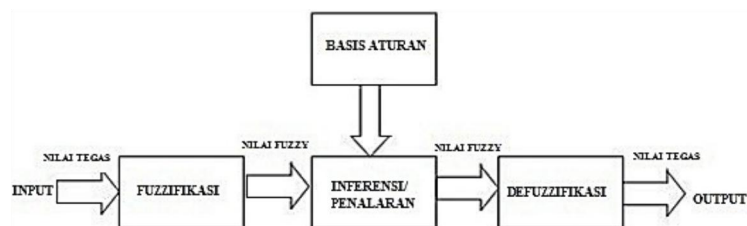
- 1) Jarak pengukuran antara 3 cm sampai 3 m.

- 2) Input *trigger-positive* TTL pulse, 2 $\mu$ s min, 5 $\mu$ s tipikal.
- 3) Echo hold off 750 $\mu$ s dari fall of trigger pulse.
- 4) *Delay before next measurement* 200 $\mu$ s.
- 5) Burst indicator LED menampilk aktifitas sensor.

Sensor jarak mendeteksi jarak obyek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonic selama 200 $\mu$ s kemudian mendeteksi pantulannya[18].

## 2.7 Fuzzy Logic

Kata “*Fuzzy*” secara bahasa memiliki arti kabur atau samar. Logika fuzzy memiliki nilai keanggotaan antara 0 dan 1. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan dalam fuzzy logic controller, yaitu metode Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno. Ketiga metode ini telah terbukti efektif ketika diimplementasikan dalam sistem. Namun, pada proyek akhir ini digunakan metode mamdani dalam pelaksanaannya. Hal ini dikarenakan metode mamdani mudah diaplikasikan dan tidak terlalu banyak informasi awal dari sistem serta dikenal sederhana sehingga mudah untuk sistem yang memiliki sifat non linier. Metode mamdani juga dapat mempermudah pekerjaan karena penarikan kesimpulan pada metode ini sesuai dengan naluri manusia[19]. Dalam sistem logika fuzzy terdapat beberapa tahapan operasional meliputi:



Gambar 2.7. Tahapan operasional Sistem logika fuzzy

### 2.7.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses pengambilan nilai input berupa nilai tegas (*crisp*) dan menentukan derajat keanggotaan dari input sehingga dapat dikelompokkan pada himpunan fuzzy yang sesuai. Pada tahap ini nilai input *crisp* akan dikonversi menjadi nilai fuzzy dan dikelompokkan pada himpunan fuzzy tertentu.

### 2.7.2 Basis Aturan

Basis aturan merupakan kumpulan suatu aturan yang terdiri dari IF-THEN yang mana anteseden dan konsekuennya berupa variable linguistik. Kumpulan aturan fuzzy tersebut merupakan relasi input-output dari sebuah sistem.

### 2.7.3 Inferensi

Sistem inferensi fuzzy adalah penarikan kesimpulan dari aturan atau kaidah fuzzy yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy yang berbentuk IF-THEN, dan penalaran yang memiliki masukan dan keluaran berupa nilai tegas (*crisp value*).

### 2.7.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi yaitu proses mengubah output fuzzy menjadi nilai tegas (*crisp*) sesuai dengan fungsi keanggotaan yang ditentukan. Dalam penelitian ini menggunakan *Weighted Average method*, proses defuzzifikasi ini berbeda dari yang sebelumnya. Dimana proses ini hanya dapat digunakan jika keluaran fungsi keanggotaan dari beberapa proses fuzzy mempunyai bentuk yang sama. Metode ini direpresentasikan dalam rumus pada persamaan 5.

$$Z = \frac{\int \alpha_i \cdot z_i (\text{momen})}{\sum \alpha_i (\text{luas daerah})} \quad (2.1)$$

Dimana:

Z = defuzzifikasi

= alpha predikat

= output inferensi.



### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan perancangan tugas akhir ini dilaksanakan dari bulan Agustus 2022 sampai Mei 2024, bertempat di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung dan Laboratorium Instrumentasi Institut Teknologi Sumatera.

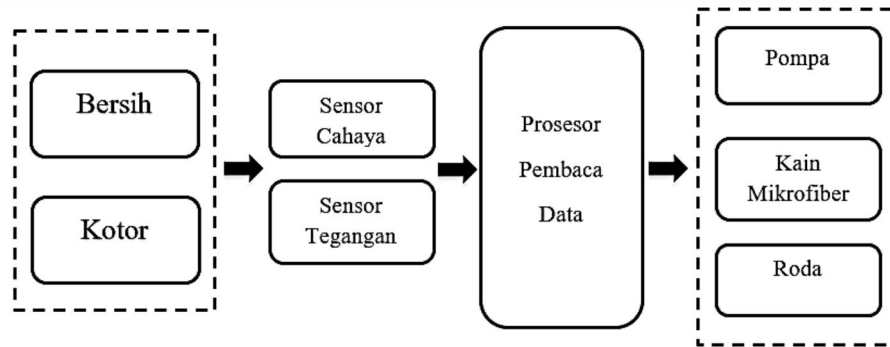
#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. 1 Unit Laptop Asus
2. *Software* GUI
3. 2 Buah *Project Board*
4. 1 Buah Arduino Uno
5. 1 Sensor Cahaya LDR LM393
6. 1 Sensor Tegangan INA 219
7. 1 Sensor Ultrasonik HCSR04
8. Neraca Timbang Analitik
9. Light Meter LX-105
10. 1 Buah Multimeter
11. Panel Surya 55 Wp
12. Lampu UV 30 Watt

#### 3.3 Metode Penelitian

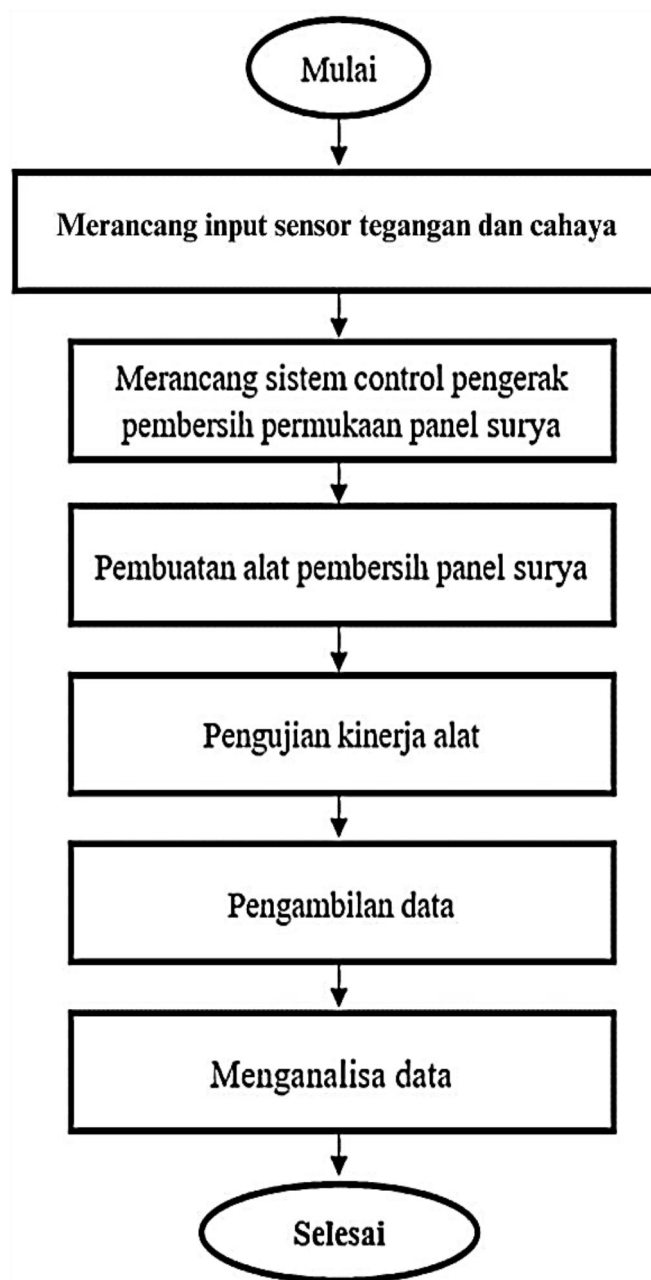
Pada penelitian ini dilakukan konsep rancangan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Blok diagram konsep prototipe pembersih panel surya otomatis

Pada Gambar 3.1. secara sederhana, konsep dari rancangan pembersih otomatis dibangun dari tiga blok utama. Pertama adalah pembacaan kondisi bersih dan kotor menggunakan sensor cahaya dan tegangan. Kedua, prosesor sebagai tempat mengkalkulasi data intensitas dan tegangan yang terdeteksi oleh kedua sensor tersebut, kemudian hasil perhitungan menjadi dasar untuk mengaktifkan pompa, motor pada kain, dan motor pada roda. Pada bagian ketiga, adalah bagian output yang akan mengeksekusi proses pembersihan permukaan panel surya.

Dalam penelitian ini akan dirancang sistem elektik dan mekanik pada sistem rangkaian kontrol motor penggerak roda dan motor penggerak sistem pembersih berdasarkan kondisi yang terbaca sesuai dengan metodologi yang digunakan berikut ini seperti yang terlihat pada Gambar 3.2. Pada Gambar 3.2, diagram alir dari metode penelitian ini pada tahap awal penulis merancang input sensor tegangan dan cahaya untuk membaca data tegangan output panel surya dan intensitas cahaya yang mengenai permukaan panel. Kemudian merancang sistem kontrol penggerak motor sebagai output kerja alat yang akan menggerakkan motor pada pompa, kain, dan roda serta menentukan posisi untuk meletakkan motor-motor tersebut. Tahap selanjutnya dilakukan pembuatan alat pembersih panel surya secara keseluruhan dengan merangkai seluruh bagian komponen. setelah seluruh komponen terpasang maka dilakukan pengujian alat untuk mengetahui kinerja alat. Setelah alat dapat beroperasi dengan baik maka dilakukan pengambilan data dan hasil data tersebut dianalisa untuk kemudian diambil kesimpulan.



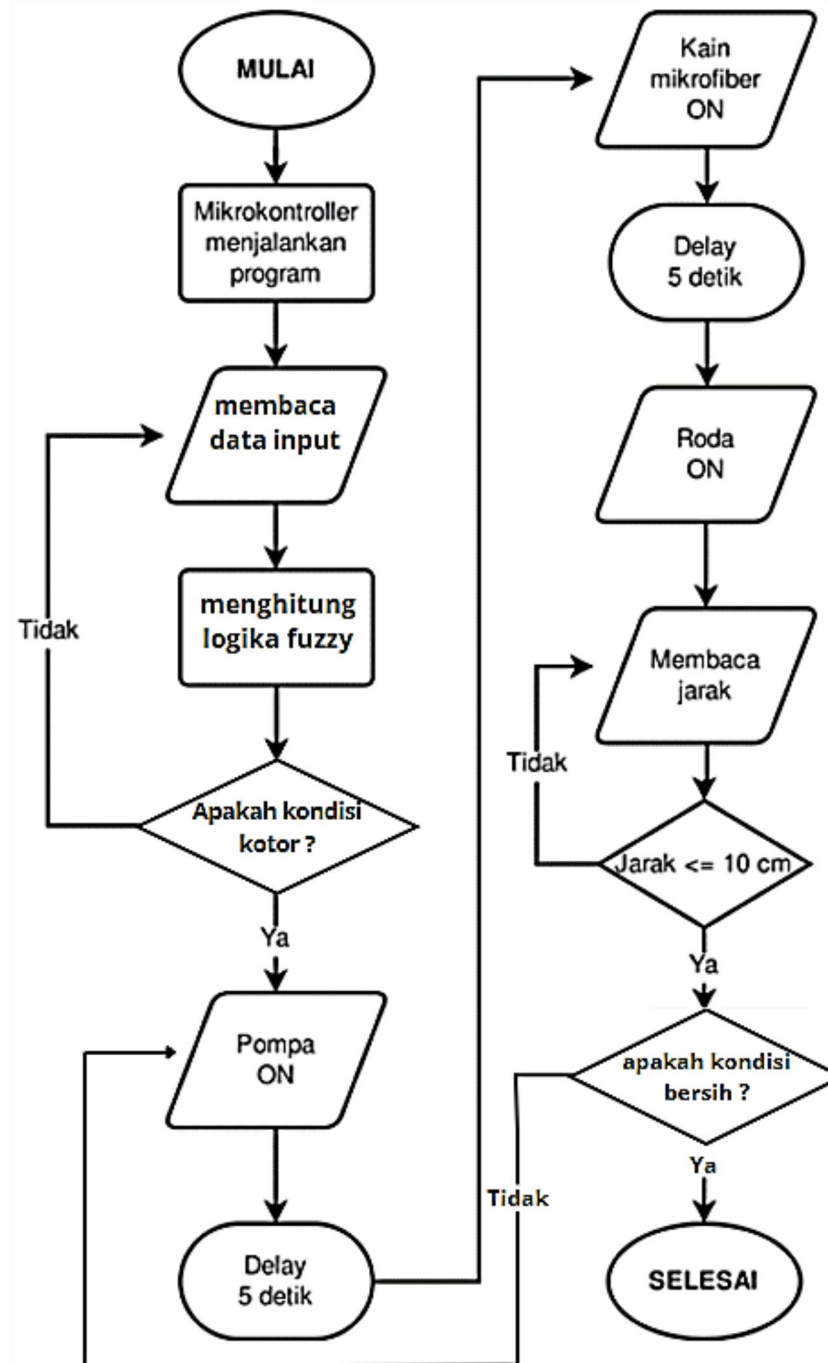
Gambar 3.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian

### 3.4 Perancangan Sistem

#### 3.1.1 Diagram Alir Sistem Kerja Alat

Pada Gambar 3.3 diagram Alir sistem yang dibuat dalam penelitian ini dimulai dengan mikrokontrol menjalankan program sistem dengan membaca data input berupa nilai intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor cahaya dan tegangan output panel surya yang terdeteksi oleh sensor

tegangan, lalu dijadikan nilai input *crisp*. Nilai tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan logika fuzzy untuk menentukan kondisi permukaan panel surya bersih atau kotor. Pengendalian gerak putar motor pembersih panel surya berdasarkan hasil defuzzikasi. Pengontrolan pergerakan motor dilakukan menggunakan mikrokontroler sesuai dengan *fuzzy rule* yang telah dibuat.

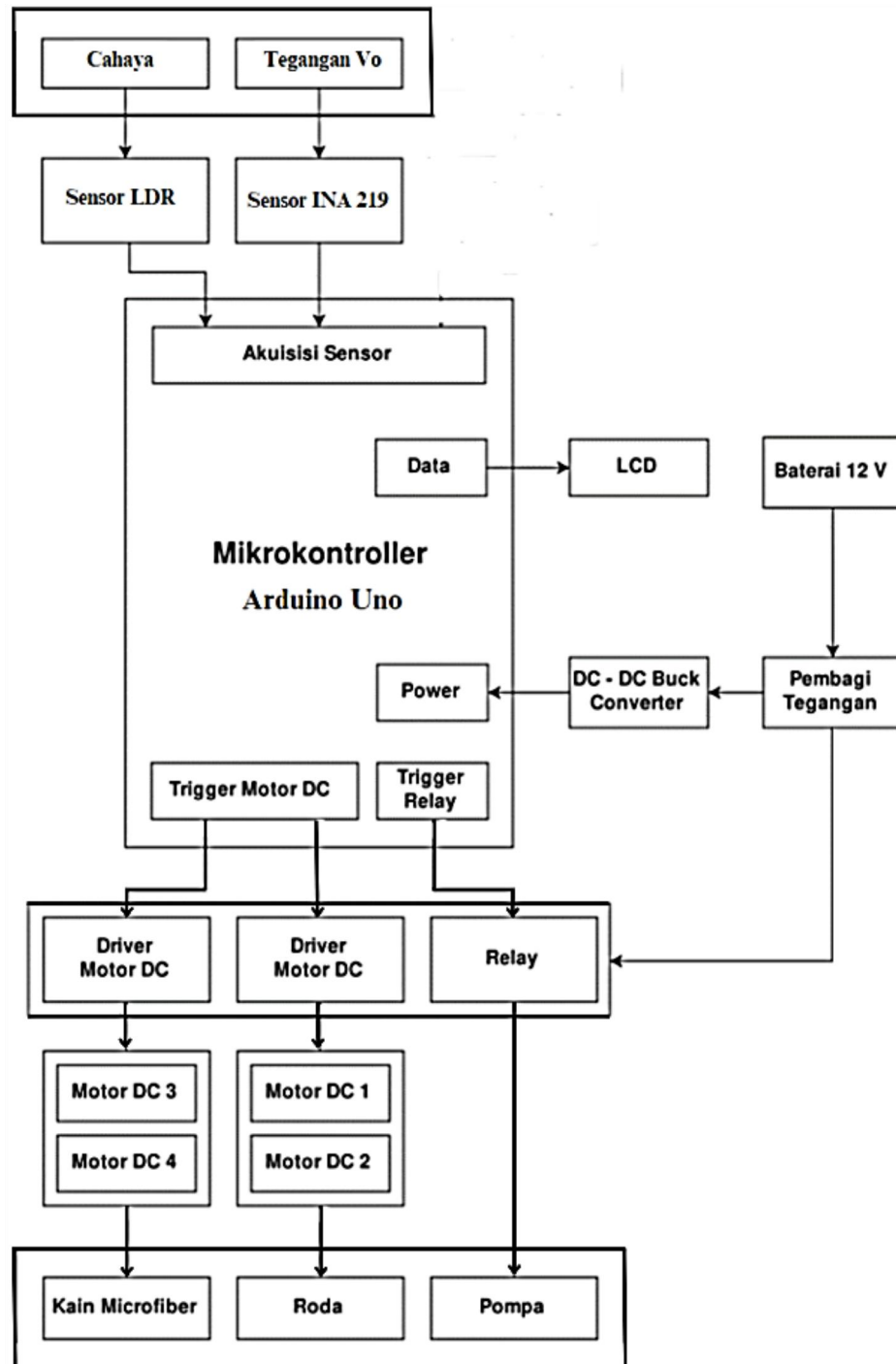


Gambar 3.3. Diagram Alir Sistem Kerja Alat

Selanjutnya jika terdeteksi intensitas cahaya tinggi atau sedang dan tegangan output rendah maka terindikasi permukaan panel surya tertutupi oleh sesuatu semisal debu sehingga sistem akan menghidupkan pompa selama 5 detik untuk membasahi permukaan panel surya, kemudian kain mikrofiber akan mulai berputar membersihkan permukaan panel surya dengan jeda waktu 5 detik roda motor penggerak alat kondisi *on* mulai bergerak linear menyapu seluruh permukaan. Saat alat bekerja, sensor ultrasonik akan membaca jarak alat terhadap ujung panel jika jarak kurang dari 10 cm maka roda, motor mikrofiber, dan pompa akan dalam kondisi *off*. Sistem akan membaca permukaan panel surya, jika terdeteksi sudah bersih maka alat akan berhenti dan jika terdeteksi kotor maka alat akan kembali beroperasi.

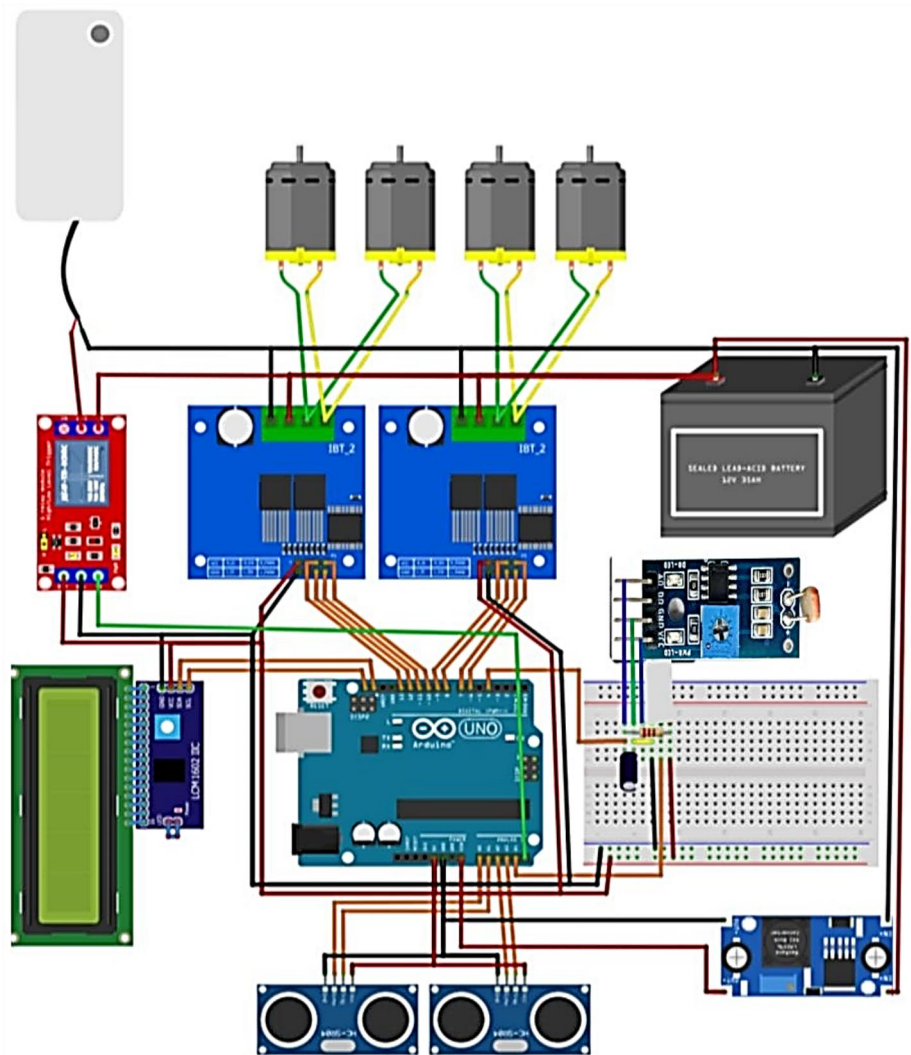
### **3.1.2 Perancangan Sistem Rangkaian**

Secara umum pada sistem rangkaian ini terbagi 2 yakni sistem mekanik dan elektrik. Pada sistem elektrik terdiri atas inputan berupa sensor cahaya, sensor tegangan dan sensor ultrasonik (jarak) yang diakuisisi sehingga menghasilkan data berupa sinyal analog yang kemudian sinyal tersebut masuk ke pin input analog Arduino untuk diubah menjadi sinyal digital pada bagian ADC. Hasil tersebut berupa data digital yang diolah untuk mengeksekusi perintah sesuai kondisi yang dirancang. Eksekusi perintah berupa tindakan yang dilakukan oleh alat tersebut untuk menggerakkan motor driver baik itu untuk memutar roda maupun kain microfiber dan pompa air. Data tersebut juga ditampilkan pada layar LCD untuk memudahkan pengguna dalam pengoperasian



Gambar 3.4. Diagram Blok Sistem Rangkaian

### 3.1.3 Skema Rangkaian Alat Pembersih



Gambar 3.5. Skema Rangkaian Perangkat keras

Pada Gambar 3.5 desain skema rangkaian dibuat menggunakan *software fritzing*. Pada rangkaian tersebut terdapat mikrokontroler Arduino uno menggunakan ATmega328P sebagai pengendalinya. Mikrokontroler tersebut memiliki 14 *port input* maupun *output* digital dan juga 6 port input maupun output analog. Perancangan hardware ini terdiri dari perancangan rangkaian sensor LDR sebagai pembaca intensitas cahaya, port V-LED sebagai sumber tegangan untuk LED dihubungkan ke tegangan sumber setelah melalui rangkaian *low pass filter* (LPF). Rangkaian filter tersebut dibentuk dengan resistor 150 Ohm dan kapasitor 220 uF untuk meloloskan

sinyal dengan frekuensi rendah. Port LED-GND digunakan sebagai *port ground* untuk LED, sedangkan port LED ke port digital (D12) arduino. S-GND berfungsi sebagai *ground*, V0 sebagai data analog hasil pembacaan sensor yang masuk ke port A0 arduino yang terhubung ke kaki analog sensor LDR, dan VCC sebagai sumber tegangan utama yang masuk ke port VCC arduino.

Perancangan rangkaian 1 channel relay pada perangkat yang dibuat menggunakan relay jenis NO (*Normally Open*). Relay ini digunakan sebagai *switch* pompa air. Penambahan rangkaian pompa yang menggunakan sumber tegangan DC dimaksudkan untuk menyiramkan air kepermukaan panel surya. Untuk menggerakkan alat penyapu permukaan panel surya, digunakan 2 motor penggerak roda dan 2 motor penggerak kain *microfiber* yang dihubungkan ke serial port digital 3 (D3) arduino.

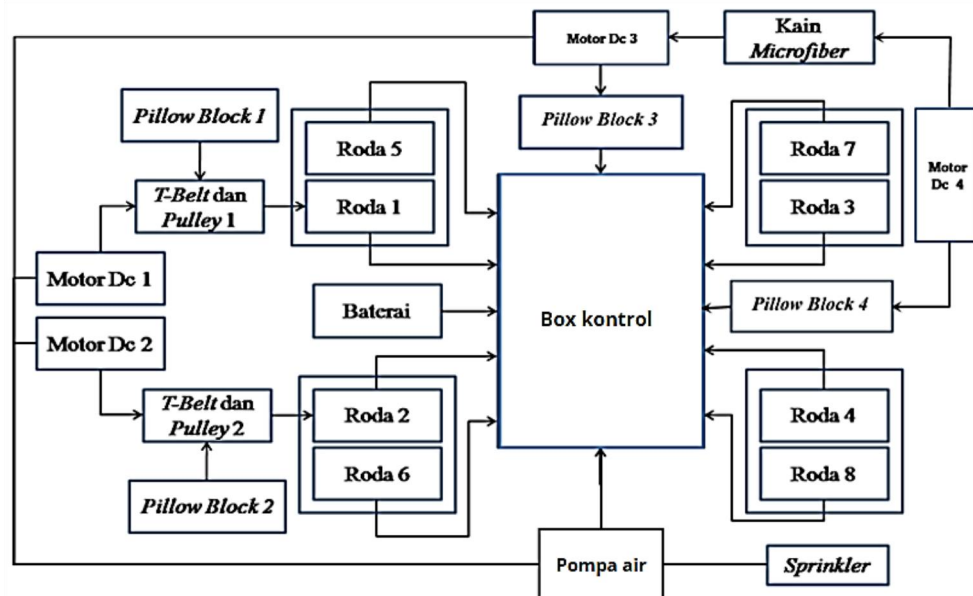
Untuk menampilkan informasi saat pengoperasian alat terdapat LCD yang terhubung pada kaki SCL dan SDA arduino. Pada alat juga terdapat 2 sensor ultrasonik yang digunakan untuk membaca jarak saat alat berjalan, kedua sensor tersebut terhubung pada kaki A1, A2, A3, A4 pin analog arduino. Serta diberikan penambahan power supply 9 VDC yang terhubung ke baterai yang digunakan untuk memberi tegangan tambahan guna mengoperasikan motor penggerak roda, kain, dan pompa air, hal ini dikarenakan output maksimal dari arduino hanya 5 VDC.

### 3.1.4 Perancangan Sistem Mekanik

Pada Gambar 3.6 terlihat skema perancang diagram sistem mekanik yang terdiri atas box kontrol, 6 roda, 4 motor, 4 *pillow block*, 2 *t-belt* dan *pulley*, serta 1 unit baterai 12 VDC 18 Ah. *Box kontrol* berfungsi sebagai tempat memproses data dan mengendalikan gerak motor pada roda, motor pada kain, dan pompa air. Terdapat juga komponen mekanik pendukung seperti *t-belt* dan *pulley* serta *pillow block*. *T-belt* dan *pulley* berfungsi untuk mentransmisikan gerak kinetik pada roda dan kain, energi kinetik tersebut akan ditransmisikan oleh *pulley* dari poros penggerak ke poros yang digerakkan sehingga didapatkan nilai rpm yang lebih kecil dan torsi yang lebih besar. Sedangkan *pillow block* berfungsi sebagai penyangga as besi



pada motor dc karena pada *pillow block* terdapat *bearing* yang bersifat fleksibel terhadap putaran dari as besi yang dihubungkan kepadanya.



Gambar 3.6. Blok Diagram Mekanik

Seluruh bagian pada Gambar 3.6 ini akan diletakkan pada kerangka alat yang dirancang membentuk persegi panjang yang menyesuaikan dengan susunan dari panel surya. Alat digerakan menggunakan 8 roda dimana terdapat 4 roda yang bergerak pada bagian atas permukaan panel dan terdapat 4 roda yang bergerak pada sisi samping panel. 2 roda sebagai penggerak utama yang dihubungkan dengan motor dc dan roda lainnya bersifat sebagai penyeimbang. Kemudian terdapat 4 roda di samping panel surya yang tidak dihubungkan dengan motor dc akan tetapi berfungsi sebagai penyeimbang rangka agar dapat berjalan dengan stabil.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian sistem pembersih panel surya otomatis berbasis mikrokontroler menggunakan fuzzy logic control dapat disimpulkan, yaitu :

1. Telah dirancang sistem kontrol gerak untuk menyapu permukaan panel surya menggunakan fuzzy logic control dengan metode mamdani. Pada sistem kontrol ini didapatkan nilai output untuk pengaktifasian alat ialah 25 % dibuktikan dengan nilai titik kritis untuk kondisi off ialah 24,75 % dan kondisi on ialah 25,625 %.
2. Telah dirancang pendeteksian tingkat kekotoran panel surya dengan melihat kondisi permukaan panel surya. Saat kondisi bersih didapatkan intensitas cahaya 213 Lux dengan tegangan output 16,7 Volt, sedangkan saat kondisi berdebu menurun menjadi 41 Lux dengan tegangan output 14,9 Volt.
3. Didapatkan pengaruh nilai tegangan output terhadap tingkat kepadatan debu. Ketika konsentrasi debu 2,5 gram dan jarak 5 cm didapatkan tegangan output 16,7 Volt. Sedangkan saat debu meningkat 15 gram dan jarak 50 cm didapatkan tegangan output menurun menjadi 14,2 Volt.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu pada penelitian selanjutnya, sebaiknya menggunakan tambahan inputan sensor cahaya untuk meningkatkan akurasi distribusi cahaya yang mengenai permukaan panel surya. Dalam metode yang digunakan sebagai pengontrol gerak sebaiknya dilakukan percobaan juga untuk metode fuzzy logic control lainnya sebagai data pembandingan agar didapat hasil yang efektif dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. R. Jamaludin Purba, Aep Saepul Uyun, Didik Sugiyanto, "Perancangan Prototipe Alat Pembersih Panel Surya," *Kaji. Tek. Mesi*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [2] H. A. Maddah, "Modeling and designing of a novel lab-scale passive solar still," *J. Eng. Technol. Sci.*, vol. 51, no. 3, pp. 303–322, 2019, doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2019.51.3.1.
- [3] N. I. Nahin, M. Nafis, S. Prokash Biswas, M. Kamal Hosain, P. Das, and S. Haq, "Investigating the input power quality of multi-pulse AC-DC power converter fed induction motor drives," *Heliyon*, vol. 8, no. 12, p. e11733, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11733.
- [4] W. Qu et al., "An approach of studying the full-spectrum conversion potential for solar photovoltaic and thermal processes," *Energy Convers. Manag.*, vol. 253, no. January, p. 115194, 2022, doi: 10.1016/j.enconman.2021.115194.
- [5] Muhammad Rizal Wira Kusuma, Esa Apriakar, Djunaidi, "Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis pada Solar Panel menggunakan Wiper Berbasis Mikrokontroler," pp.1-10.
- [6] Omur Akyazi, Erdinc Sahim, Timur Ozsoy, Mehmet Algul, "a Solar Panel Cleaning Robot Design and Appliaction, " pp. 343–348, oktober 2019.
- [7] A. Gheitasi, A. Almaliky, dan N. Albaqawi, "Development of An Automatic CleaningSystem for Solar plant Plants," in *IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy EngineeringConference (APPEEC)*, hal. 1–4, 2015.
- [8] M. B, A. Bari, dan P. C M, "B, M., Bari, A., & C M, P, "Automatic Solar Panel CleaningSystem," *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.*, vol. 4, no. 7, hal. 26–31, 2018.
- [9] X. Lu, Q. Zhang, dan J. Hu, "A Linear Piezoelectric Actuator Based Solar Panel Cleaning System," *Energy*, vol. 60, no. 41, hal. 401–406, Okt 2013.

- [10] Kusuma, W, R, M, Apriakar, E, & Djuniadi. „Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan wiper Berbasis Mikrokontroller“, Jurnal Ilmiah Elektronika 2020 Vol.19, hal. 23-24.
- [11] Riawan, G, P, I, Kumara, S, N, I, Partha, I, G, C, Setiawan, N, I, & Santiari, S, A, D. “Robot for Cleaning Solar PV panele to Support Rooftop PV Development”, ICSGTEIS (International Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems) 2018. Hal. 132-136..
- [12] A. K. Mondal dan K. Bansal, “A Brief History and Future Aspects in Automatic Cleaning Systems for Solar Photovoltaic Panels,”*Adv. Robot.*, vol. 29, no. 8, hal. 515–524, Apr 2015.
- [13] Nattharith, Panus; Kosum, Tanee. “Development of mobile robot system for monitoring and cleaning of solar panels”. *Int. J.*, 2022, 16: 302-306.
- [14] A. Hussain, A. Batra, and R. Pachauri, "An Experimental Study on Effect of Dust on Power Loss in Solar Photovoltaic Module," *Renewables* 4, 9 (2017).
- [15] Muller, M., Micheli, L., & Martinez-Morales, A. A. (2017, June). A method to extract soiling loss data from soiling stations with imperfect cleaning schedules. In 2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC) (pp. 2881-2886). IEEE.
- [16] M. I. Munabbih, E. D. Widiyanto, Y. E. Windarto, and E. Y. Indrasto, "Rancang Bangun Sistem Pemantau Kualitas Udara Menggunakan Arduino Dan Lora Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel," *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 22, no. 1, pp. 6-14, Mar. 2020. <https://doi.org/10.14710/transmisi.22.1.6-14>
- [17] Jha, R. K. (2020, July). Air quality sensing and reporting system using IoT. In 2020 Second international conference on inventive research in computing applications (ICIRCA) (pp. 790-793). IEEE..
- [18] Guo, Zeyu, et al. A dust sensor monitoring system using Wi-Fi mesh network. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2021. p. 012129.
- [19] S. Widaningsih, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur," *Jurnal Informatika dan Manajemen STMIK*, vol. 11, no. 1, pp. 51-65, 2017.
- [20] Saputra, Angga Juliat, et al. Implementasi Fuzzy Logic Control Pada Pelacakan

- Panel Surya. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 2019, 9.1: 25-32.
- [21] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, “SNI 03- 6197-2000 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Konservasi energi pada sistem pencahayaan,” *Buku Sni*, p. 3.8, 2000
- [22] Kartika, C. E., & Elsiana, F. (2021). Pengaruh Strategi Bukaana dan Rasio Dimensi Ruang Kelas SMP-SMA Di Surabaya terhadap Level dan Distribusi Cahaya Alami. *Jurnal EDimensi Arsitektur*, IX(1), 473–480.
- [23] Danuputri, Chyquitha, et al. Kontrol Pemakaian Peralatan Elektronik Berbasis Mikrokontroler Dan Algoritma Fuzzy Mamdani. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 2020, 3.2: 94-107.