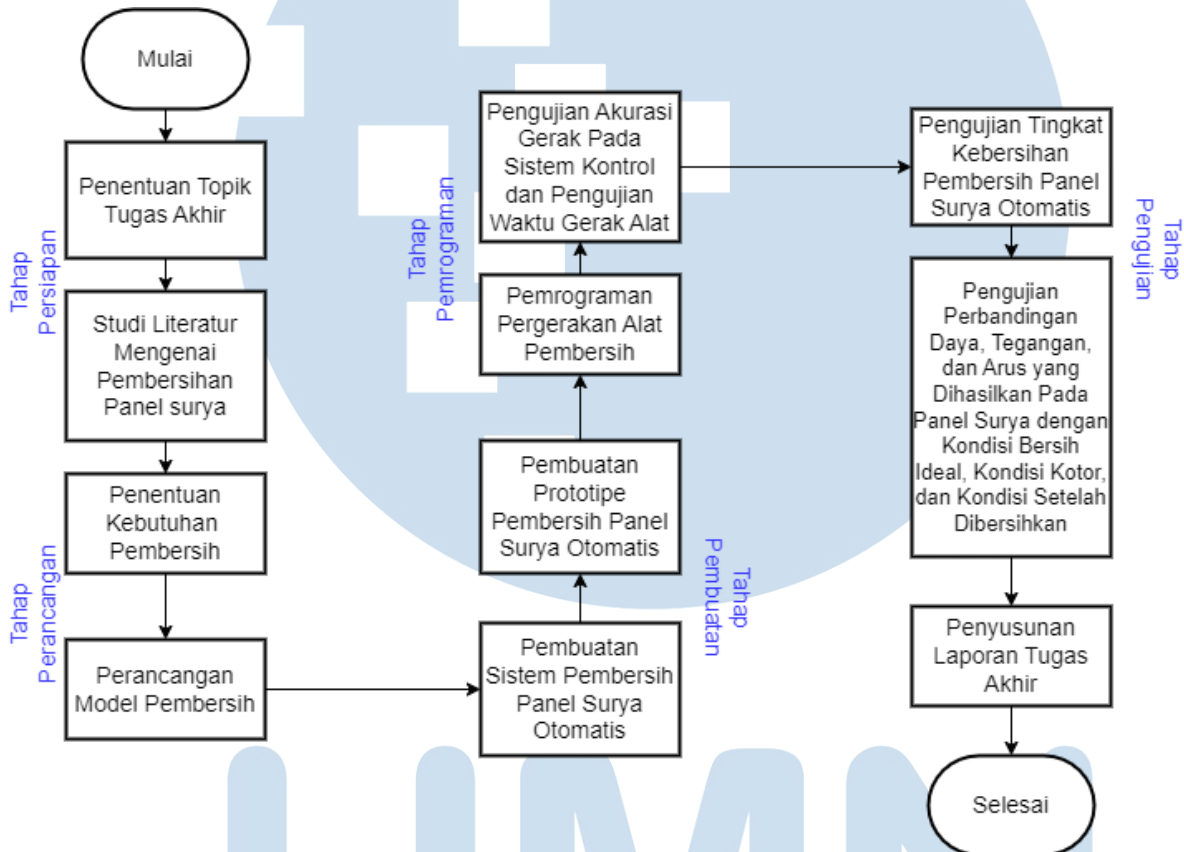


BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

3.1. Metode Perancangan

Dalam pelaksanaannya tugas akhir ini dibagi menjadi 5 tahap seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Pembuatan Pembersih Panel Surya Otomatis

Tahap pertama merupakan tahap persiapan yang meliputi studi literatur untuk mencari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan pembersihan panel surya otomatis, yang sudah dilakukan pada Bab II. Tahap kedua merupakan tahap perancangan yang meliputi: penentuan kebutuhan desain pembersih panel surya otomatis, dan perancangan model pembersih yang dibuat pada tugas akhir ini. Tahap ketiga merupakan tahap pembuatan yang meliputi: pembuatan sistem kerja dari pembersih panel surya otomatis, dan pembuatan prototipe dari pembersih panel surya otomatis. Tahap keempat merupakan tahap pemrograman yang dilakukan oleh rekan saya yaitu William Budiman, yang meliputi: pemrograman pergerakan

dari alat pembersih panel surya otomatis, dan pengetesan akurasi, *delay*, dan konsistensi dari sistem pembersih panel surya otomatis. Tahap kelima merupakan tahap pengujian yang meliputi: pengujian tingkat kebersihan dari pembersih panel surya otomatis yang diuji dengan cara menaburkan abu hio diatas permukaan panel surya, dan pengujian perbandingan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan dari panel surya pada kondisi bersih ideal, kondisi kotor, dan kondisi setelah dibersihkan.

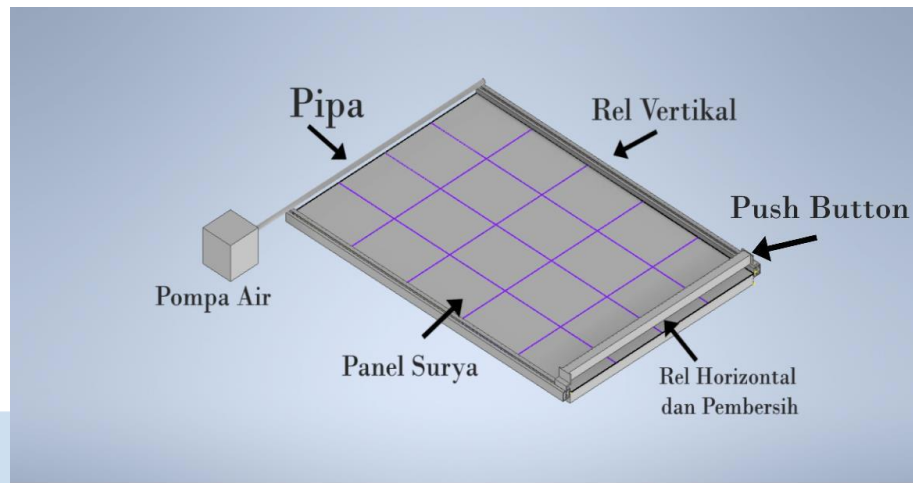
3.2. Tahap Perancangan

a. Perancangan Model Pembersih (Model Awal)

Pada rancangan awal, pembersih dirancang dengan menggunakan alat pembersih wiper dan air sebagai komponen utama dalam melakukan pembersihan panel surya dari debu-debu yang menempel. Untuk menjangkau seluruh area permukaan panel surya, model pembersih dirancang agar dapat bergerak secara vertikal dan horizontal. Sistem penggerak yang digunakan pada model pembersih secara horizontal akan menggunakan Motor DC sebagai penggerak utamanya. Motor DC menggerakkan roda yang terhubung dengan keseluruhan alat pembersih yang bergerak sesuai dengan lintasan yang berada di samping panel surya.

Gambaran kasar model awal pembersih panel surya otomatis dibuat menggunakan *software Autodesk Inventor*, *Autodesk Inventor* merupakan aplikasi desain tiga dimensi yang digunakan untuk membuat desain mekanik, melakukan simulasi, menampilkan visualisasi, dan menyimpan dokumentasi. model pembersih yang sudah dirancang dan di desain pada aplikasi *Inventor* dapat dilihat pada gambar 3.2.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

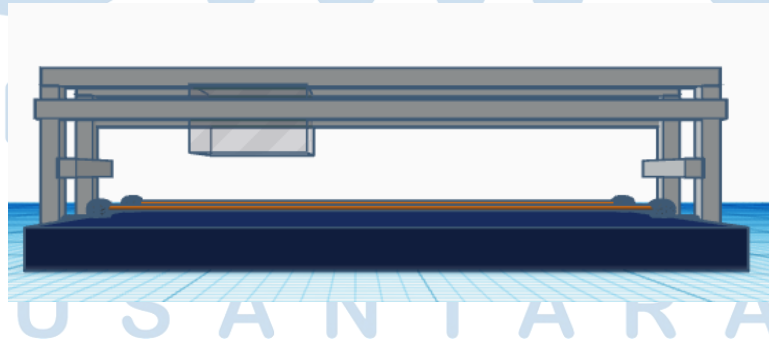


Gambar 3.2 Rancangan Awal Pembersih Panel Surya Otomatis

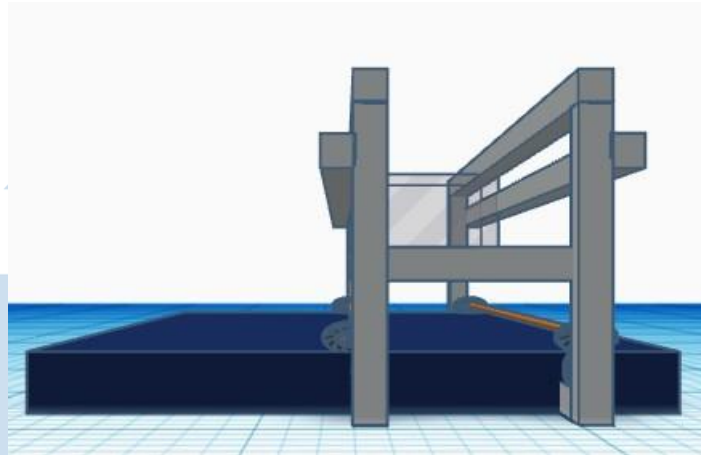
Pendinginan secara aktif menggunakan air saat pembersihan panel surya dapat menjadi salah satu keuntungan tambahan yang membantu meningkatkan efisiensi dari panel surya, pendinginan menggunakan air dapat mengurangi suhu permukaan panel surya kurang lebih sebesar 20°C sampai dengan 40°C.

b. Perancangan Model Pembersih (Model Akhir)

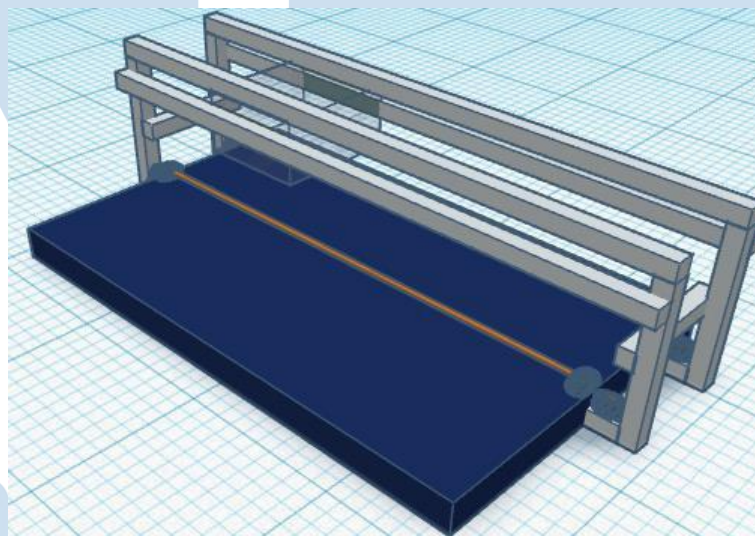
Setelah melakukan perancangan ulang dengan mempertimbangkan segi kestabilan dan ketahanan jangka panjang, terdapat beberapa perubahan dari model awal pembersih panel surya otomatis. Berikut merupakan model pembersih panel surya otomatis yang sudah dirancang ulang dengan menggunakan *website Tinkercad* yang dapat dilihat pada gambar 3.3 sampai dengan gambar 3.5.



Gambar 3.3 Tampak Samping Rancangan Pembersih Panel Surya Otomatis



Gambar 3.4 Tampak Depan Rancangan Pembersih Panel Surya Otomatis



Gambar 3.5 Tampak Sudut Rancangan Pembersih Panel Surya Otomatis

Model pembersih ditambahkan kerangka luar yang berfungsi sebagai penyokong dari model pembersih serta sebagai pelindung dari komponen komponen yang ada pada alat pembersih. Kotak yang digunakan sebagai penyimpan komponen dibuat menggunakan akrilik sehingga tahan terhadap air.

Model pembersih tetap dapat bergerak secara vertikal dan horizontal seperti pada desain awal, supaya dapat melakukan pembersihan tidak hanya pada satu panel surya namun pada beberapa panel surya sekaligus yang tersusun secara berdempetan dengan sisi panjang pada panel surya. Motor

DC yang digunakan pada pembersih panel surya otomatis menggunakan motor DC dalam bentuk servo 360, yang memiliki torsi yang tinggi. Alasan penggunaan servo 360 dikarenakan servo menggunakan daya yang lebih sedikit dan prototipe pembersih panel surya otomatis tidak memerlukan motor DC dengan *Rotation per Minute* (RPM) yang tinggi.

Mikrokendali yang digunakan adalah Arduino MEGA 2560, digunakan Arduino MEGA 2560 karena diperlukannya Arduino dengan sistem pemrosesan yang dapat memberikan dan menerima perintah dari aktuator yang digunakan, serta menyediakan tempat untuk penambahan sensor atau aktuator pada penelitian selanjutnya.

c. Penentuan Kebutuhan Pembersih

Pembersihan debu dari panel surya pada tugas akhir ini memerhatikan faktor-faktor seperti efektifitas pembersihan, efek samping yang disebabkan, dan ketahanan alat pembersih wiper sebagai pembersih utama. Alat pembersih berbahan dasar wiper digunakan untuk membersihkan debu dan kotoran yang masih menempel pada panel surya setelah dibersihkan menggunakan air. Alat pembersih berbahan dasar wiper dapat membersihkan permukaan panel surya dengan resiko untuk menggores permukaan lebih kecil dibandingkan jika menggunakan alat pembersih yang berbahan dasar nilon atau silikon yang biasa terdapat pada sikat.

Pembersih panel surya otomatis memerlukan kerangka yang kuat namun ringan sehingga dapat digerakkan dengan mudah dan dapat melindungi komponen-komponen yang terdapat di dalam model pembersih. Serta pada kotak penyimpanan komponen Arduino diperlukan material yang tahan terhadap air, dikarenakan kotak tersebut memiliki potensi terkena air yang dikeluarkan dari pompa.

3.3. Tahap Pembuatan

a. Pembuatan Sistem Pembersih Panel Surya Otomatis

Sistem pembersih panel surya otomatis terdiri dari 2 sub-sistem yaitu, sistem pergerakan model pembersih otomatis dan sistem pompa air. Sistem pergerakan model pembersih otomatis meliputi pergerakan alat pembersih secara horizontal dan vertikal, serta pergerakan naik dan turun alat pembersih (*wiper*) yang dikendalikan menggunakan Arduino.

Pada sistem pompa air terdapat penggunaan *relay* yang dikendalikan menggunakan Arduino untuk menyalakan dan mematikan pompa air. Sistem pergerakan model pembersih otomatis dibuat dengan menggunakan alat-alat sebagai berikut:

- Arduino Mega 2560(ATMega 2560)

Dengan spesifikasi sebagai berikut:

<i>Operating Voltage</i>	: 5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	: 7-12 V
<i>Input Voltage (limit)</i>	: 6-20 V
<i>Digital I/O Pins</i>	: 54 (15 PWM Output)
<i>Analog Input Pins</i>	: 16
<i>DC Current for I/O Pins</i>	: 40 mA
<i>DC Current for 3.3 V pin</i>	: 50 mA
<i>Flash Memory</i>	: 256 KB (8 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>)
SRAM	: 8 KB
EEPROM	: 4 KB
<i>Clock Speed</i>	: 16 MHz

- Servo MG 996 R 180° dan 360°

Dengan spesifikasi sebagai berikut:

Berat	: 55 g
Dimensi	: 40,7 mm x 19,7 mm x 42,9 mm
<i>Stall Torque</i>	: 9,4 kgf.cm (4,8 V), 11 kgf.cm (6 V)
Kecepatan	: 0,17 detik/60° (4,8 V), 0,14 detik/60° (6 V)

Operating Voltage : 4,8 V – 7,2 V

Running Current : 500 mA – 900 mA (6 V)

Stall Current : 2,5 A (6 V)

Dead band width : 5 μ s

Range Suhu : 0-55 °C

Operating travel : 180° dan 360°

- Servo LF-20MG 360°

Dengan spesifikasi sebagai berikut:

Torque : 16.5 kg.cm (4.8 V) ; 20 kg.cm (6.6 V)

Kecepatan : 0.18 detik/60°(4.8 V) 0.16 detik/60° (6.6 V)

Operating Voltage : 4.8 - 6.6 V

Berat : 60 g

Bearing Type : *Ball Bearing* x 2

Tipe Motor : Motor DC

Tipe Gear : Tembaga dan Aluminium

Range Suhu : 20-60 °C

Working frequency : 1520s / 333hz

Dimensi : 40.7 mm x 20.5 mm x 39.5 mm

Horn type : *Single, Double*

Horn gear spline : 25T/ ψ 5.80

Operating travel : 360°

- Papan PCB
- Kabel Jumper
- *Timing Belt* 852 mm close loop
- *Timing Pulley* 6 mm 60 teeth
- Rel Aluminium
- Roda
- As *Stainless Steel* dengan diameter 6 mm
- *Bearing* dengan diameter dalam 6 mm

- Senar Pancingan dengan diameter 0,7 mm dan dapat menahan beban seberat kurang lebih 27 kg
- *Wiper*
- Pipa dan keni ½ inch

Saat sumber daya menyalakan Arduino, Arduino memberikan perintah pada servo 360° yang terhubung dengan roda (horizontal) untuk menggerakkan prototipe pembersih ke arah kanan, kemudian servo 180° menggerakkan alat pembersih agar mengenai panel surya, kemudian servo 360° (vertikal) bergerak turun agar alat pembersih menyeka permukaan panel surya, saat kotak pembersih sudah sampai bawah, servo 180° menaikkan alat pembersih agar tidak mengenai panel surya, kemudian servo 360° (vertikal) bergerak naik membawa kotak pembersih kembali keatas, dan sistem akan mengulang kembali ke pergerakan servo 360° yang menggerakkan roda (horizontal). Setelah panel surya selesai dibersihkan servo 360° yang menggerakkan roda (horizontal) bergerak ke arah kiri kembali untuk kembali ke posisi awal.

Sistem pompa air dibuat dengan menggunakan alat-alat sebagai berikut:

- *Relay*
- Pompa Air

Dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tekanan maksimum : 0,5 Mpa (80 PSI)

Operating Voltage : 12 V

Arus Maksimal : 2 A

Debit : 3,1 L/menit

- *Sprinkler*
- Selang

Sprinkler yang digunakan pada prototipe pembersih panel surya otomatis ini dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Sprinkler

Sistem pompa air bekerja saat Arduino mengirimkan sinyal kepada *relay* untuk menyalakan pompa air, kemudian pompa air menyedot air dari tempat penampungan agar disemprotkan ke permukaan panel surya, pompa air akan terus menyala hingga Arduino mengirimkan sinyal kembali agar *relay* mematikan pompa air.

Pada sistem secara keseluruhan, kedua sub-sistem bekerja secara bersamaan, dimana saat servo 360° yang menggerakkan roda (horizontal) sudah menggerakkan prototipe pembersih ke arah kanan dan sudah berhenti, maka Arduino mengirim sinyal ke *relay* untuk menyalakan pompa air, pompa air terus menyala sampai servo 180° menaikkan alat pembersih agar tidak mengenai panel surya dan servo 360° bergerak menaikkan kotak pembersih kembali ke atas. Dan sistem terus berjalan hingga panel surya sudah selesai dibersihkan dan prototipe kembali ke posisi awal.

b. Pembuatan Prototipe Pembersih Panel Surya Otomatis

Pembuatan prototipe pembersih panel surya otomatis berdasarkan rancangan dimulai dengan membuat kerangka pembersih yang ringan dan kuat oleh karena itu dibuat dengan menggunakan balok berongga yang terbuat dari baja ringan. Prototipe pembersih panel surya otomatis secara garis besar

berbentuk balok yang memiliki panjang 100 cm, lebar 39 cm, dan tinggi 40 cm. Terdapat juga kotak pembersih penyimpanan komponen-komponen yang digunakan pada prototipe pembersih panel surya otomatis yang terbuat dari akrilik yang berbentuk balok dengan dimensi: panjang 32 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 20 cm.

Dapat dilihat pada gambar 3.7 dan gambar 3.8 prototipe dari pembersih panel surya otomatis yang sudah dibuat sesuai dengan yang sudah dirancang pada tahap perancangan. Dengan beberapa tambahan balok berongga baja ringan sebagai tempat untuk meletakkan servo untuk menggerakkan prototipe pembersih panel surya otomatis.

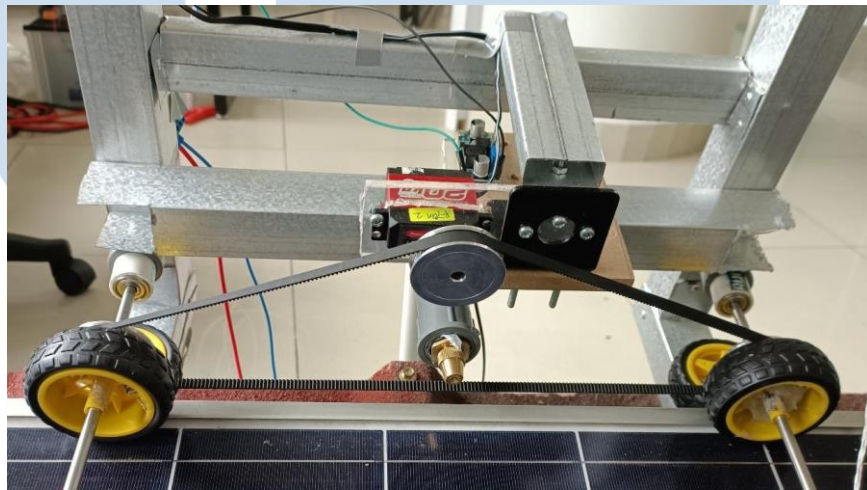


Gambar 3.7 Tampak Samping Prototipe Pembersih Panel Surya Otomatis



Gambar 3.8 Tampak Depan Prototipe Pembersih Panel Surya Otomatis

Pergerakan Prototipe pembersih panel surya otomatis secara horizontal digerakkan dengan menggunakan 4 buah roda utama yang berpasangan dan terhubung dengan menggunakan poros yang terbuat dari *stainless steel*. Keempat roda tersebut direkatkan dengan *timing pulley* untuk memudahkan penempatan roda pada poros *stainless steel*. Kedua pasang roda dan servo LF-20MG dihubungkan dengan menggunakan *timing belt* sehingga servo LF-20MG dapat menggerakkan roda untuk bergerak maju ataupun mundur. Penghubungan roda dengan *timing belt* dan servo LF-20MG dapat dipahami dengan lebih baik pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Sistem Pergerakan Horizontal

Balok berongga yang terbuat dari baja ringan yang berada diatas servo LF-20MG berfungsi untuk menstabilkan servo saat berputar, sehingga putaran yang dilakukan dapat terjadi secara konsisten. Roda yang diletakkan secara horizontal di samping panel surya digunakan sebagai pemandu jalur dari prototipe pembersih panel surya otomatis, sehingga roda utama tidak bergerak keluar dari panel surya.

Pergerakan prototipe pembersih panel surya otomatis secara vertikal digerakkan dengan menggunakan servo LF-20MG, yang berputar menggulung senar pancing yang sudah diikat pada kerangka prototipe pembersih yang terbuat dari balok berongga yang terbuat dari baja ringan. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.10. Senar diikat pada kedua sisi

dari prototipe pembersih agar dapat menarik pembersih untuk bergerak vertikal, dan tidak terhambat oleh alat pembersih yang sedang membersihkan panel surya.



Gambar 3.10 Sistem Pergerakan Vertikal

3.4. Tahap Pemrograman

Pemrograman untuk sistem pembersih panel surya otomatis dilakukan dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE yang dilakukan oleh rekan dalam pembuatan tugas akhir ini yaitu William Budiman. Kode Arduino yang digunakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.11 sampai dengan gambar 3.14.

```
#include <Servo.h>
const int relay_pin=5; //deklarasi pin relay di pin 5
Servo servo180; // servo 180
Servo servo360; // servo 360
Servo servoY; //servo 360 penggerak alat pembersih

void setup() {
  pinMode(relay_pin, OUTPUT);
  digitalWrite(relay_pin,HIGH);
  servo180.attach(8); // Servo 180 di pin 8
  servo360.attach(7); // Servo 360 di pin 7
  servoY.attach(3); // Servo LF-20 di pin 3
  // Konfigurasi pin-pin sebagai Output
  servo360.write(90); //servo 360 penggerak box alat pembersih berhenti
  servo180.write(100); //servo 180 mengangkat wiper agar tidak bersentuhan dengan panel surya
  servoY.write(90); //Servo 360 penggerak roda berhenti
  delay(2000); //delay 2 detik
  servoY.write(180); //Servo 360 penggerak roda bergerak ke arah kanan
  delay(2000); //servo 360 penggerak roda bergerak selama 2 detik
  servoY.write(90); //servo 360 penggerak roda berhenti
}
```

Gambar 3.11 Kode Setup Arduino

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

```

void loop() {
  int x=0; //inisialisasi nilai x menjadi 0
  int y=0; //inisialisasi nilai y menjadi 0
  int z=0; //inisialisasi nilai z menjadi 0
  y = 1; //mengubah nilai y sesuai dengan jumlah panel surya yang ada
  if(x<y){
    z = 0; //mengubah nilai z menjadi 0
    while (z<8) //melakukan siklus looping sebanyak 8 kali
    {
      xMotor(); //menjalankan fungsi yang menggerakkan wiper
              //dan box pembersih serta menyalakan dan mematikan pompa
      delay(2000); // delay selama 2 detik
      yMotormaju (); //menjalankan fungsi yang menggerakkan keseluruhan
                    //alat pembersih
      z = z+1; //nilai z bertambah hingga mencapai kondisi yang
              //sudah ditentukan dan dapat keluar dari looping
    }
    x = x+1; //nilai x bertambah apabila kondisi pada
            //while sudah tidak terpenuhi
  }
  servoY.write(45); //mengembalikan prototipe ke posisi awal
  delay(13000);
  servoY.write(90);
  exit(0); //setelah kondisi pada if clause sudah terpenuhi maka sistem akan berhenti bergerak
}

```

Gambar 3.12 Kode *Looping* Arduino

```

void yMotormaju() {
  servoY.write(180); //Menggerakkan alat pembersih ke arah kanan
  delay(1700); //delay 1,7 detik
  servoY.write(90); //Menghentikan gerak alat pembersih
  delay(1000); //delay 1 detik
}

```

Gambar 3.13 Kode Sistem Pergerakan Horizontal

```

void xMotor() {
  digitalWrite(relay_pin, LOW); //menyalakan pompa air
  delay(4000); //delay 4 detik
  digitalWrite(relay_pin, HIGH); //mematikan pompa air
  delay(1000); //delay 1 detik
  servo180.write(125); //menurunkan wiper
  delay(1000); //delay 1 detik
  servo360.write(45); // menggerakkan servo 360 yang menggerakkan
                    //box pembersih untuk bergerak ke arah bawah
  delay(2000); //delay 2 detik agar air yang disemprotkan oleh pompa
              //tidak terkena wiper
  digitalWrite(relay_pin, LOW); //menyalakan pompa air
  delay(5800); //delay 5,8 detik
  servo360.write(90); // menghentikan gerak servo 360
  delay(1000); // delay 1 detik
  servo180.write(100); //menaikkan wiper
  delay(1000); //delay 1 detik
  digitalWrite(relay_pin, HIGH); //mematikan pompa air
  delay(1000); //delay 1 detik
  servo360.write(180); //menggerakkan servo 360 untuk bergerak ke atas
  delay(9100); // delay 9,1 detik
  servo360.write(90); //menghentikan gerak servo360;
  delay(1000); //delay 1 detik
}

```

Gambar 3.14 Kode Sistem Pergerakan Vertikal dan Sistem Pompa Air

3.5. Tahap Pengujian

a. Kendala dan Solusi yang Dilakukan

Prototipe pembersih panel surya otomatis pada saat pengujian mengalami beberapa kendala seperti pada *timing belt* yang mengalami *slip* dengan *timing pulley*, dan juga daya yang sampai pada servo mengalami penurunan menjadi 3 V. Sehingga digunakan tambahan sumber daya eksternal (aki) yang juga digunakan untuk menyalakan pompa air. Tegangan dari aki yang awalnya 12 V diturunkan menggunakan *step-down* menjadi 7 V agar voltase yang masuk ke komponen yang digunakan sesuai dengan yang dibutuhkan dan tidak menyebabkan *overload*.

Terdapat permasalahan pada Arduino yang tidak dapat menjalankan perintah sesuai dengan kode Arduino yang sudah di *upload* ke Arduino secara konsisten. Pada saat alat diuji coba pada awal-awal, Arduino beserta aktuator (Servo) dapat berjalan sesuai dengan kode. Namun, setelah dilakukan beberapa pengujian, Arduino menjalankan perintah yang diberikan tidak sesuai dengan kode. Hal ini dapat disebabkan dikarenakan memori penyimpanan pada Arduino penuh dengan data-data pada saat pengujian sebelumnya sehingga menyebabkan permasalahan tersebut. Sehingga perlu dilakukan *reset* pada Arduino sebelum pengujian dilakukan.

b. Teknik Pengambilan Data

Pengujian pada tugas akhir ini dilakukan untuk menguji efektivitas yang ditinjau secara visual dan dari tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya pada kondisi bersih ideal, kondisi kotor, dan kondisi setelah dibersihkan. Pengujian dilakukan dengan membersihkan 1 buah panel surya yang diletakkan diatas model atap dengan tingkat kemiringan 10°. Pengambilan data dilakukan pada *rooftop* lantai 3 gedung C UMN, yang diukur terlebih dahulu tingkat pencahayaan pada saat pengujian dilakukan.

Panel Surya yang digunakan memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada gambar 3.15.

LUMINOUS Luminous Power Technologies Pvt.Ltd.	
ADD: Plot No. 150, Sector - 44, Gurgaon - 122003 Haryana, India	
Model No.	LUM100P
Serial No.	812180300162
Production date	2018-03-14
Peak power/Pmax(W)	100
Power tolerance range(W)	±3%
Open circuit voltage/Voc(V)	22.1
Rated voltage/Vmp(V)	18.3
Short circuit current/Isc(A)	6.00
Rated current/Imp(A)	5.49
Max.system voltage(V)	800
Dimension(mm)	1005*665*30
Weight(KG)	7.5
Series Fuse Rating(A)	10
Application class	class A

Gambar 3.15 Spesifikasi Panel Surya yang Digunakan Saat Pengujian

Perhitungan daya yang dihasilkan panel surya menggunakan rumus (2) yang sudah disebutkan pada Bab II, nilai *Fill Factor* dihitung terlebih dahulu menggunakan data spesifikasi panel surya menggunakan rumus (1). Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan.

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{18,3 \times 5,49}{22,1 \times 6} = 0,757 \approx 0,76$$

Setelah *Fill Factor* didapatkan, perhitungan daya yang dihasilkan panel surya dapat dihitung dengan mengalikan *Fill Factor* dengan *Voc* dan *Isc* yang diukur menggunakan multimeter.

Untuk memastikan kondisi cuaca dan intensitas matahari yang sampai ke panel surya pada saat percobaan seharusnya dihitung nilai dari *irradiance* matahari menggunakan *pyranometer*, namun karena tidak terdapat *pyranometer* yang dapat digunakan, alat ukur yang digunakan pada pengujian menggunakan *luxmeter* untuk mengukur tingkat pencahayaan dari matahari. Perbandingan *irradiance* dengan lux diestimasikan untuk tiap 1 W/m² setara dengan 116 ± 3 lux untuk penerangan dalam ruangan, dan untuk penerangan matahari secara

langsung diluar ruangan diestimasi 1 W/m² setara dengan 122 ± 1 lux [23].

Terdapat 6 kondisi yang digunakan sebagai pembanding, yaitu:

1. Kondisi **bersih ideal**: panel surya bersih tanpa adanya debu.
2. Kondisi **panel surya kotor**: panel surya dibuat kotor dengan menggunakan abu hio yang ditaburkan.
3. Kondisi panel surya **setelah dibersihkan** dengan *wiper* dan *sprinkler*: panel surya yang kotor dibersihkan dengan menjalankan pembersih panel surya otomatis yang menggunakan *wiper* dan *sprinkler*.
4. Kondisi panel surya **setelah dibersihkan** dengan *wiper tanpa sprinkler*: panel surya yang kotor dibersihkan dengan menjalankan pembersih panel surya otomatis yang menggunakan *wiper tanpa sprinkler*.
5. Kondisi panel surya setelah dibersihkan **menggunakan sprinkler tanpa wiper**: panel surya yang kotor dibersihkan dengan menjalankan pembersih panel surya otomatis yang menggunakan *sprinkler tanpa wiper*. Sistem pergerakan dan sistem pompa air yang digunakan tetap sama seperti pada pengujian kondisi 3 dan 4.
6. Kondisi panel surya setelah dibersihkan **menggunakan sprinkler tanpa wiper**: panel surya yang kotor dibersihkan dengan menjalankan pembersih panel surya otomatis tanpa menggunakan *wiper* dan *sprinkler*. Sistem pergerakan dan sistem pompa air yang digunakan tetap sama seperti pada pengujian kondisi 3 dan 4.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A