

**RANCANG BANGUN PENGGERAK PANEL SURYA OTOMATIS  
SEBAGAI SUMBER ENERGI *WEEDER* LISTRIK**

(Skripsi)

Oleh  
**YOGIE KURNIAWAN**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG  
2022**

## **ABSTRACT**

### **DESIGN AND BUILD AN AUTOMATIC SOLAR PANEL DRIVE AS AN ELECTRIC WEEDER ENERGY SOURCE**

**BY**

**YOGIE KURNIAWAN**

The existence of weeds is one of the problems that continue to interfere in agricultural cultivation efforts. Weed control by weeding is physical weed control. Weeder that are still widely used still use fossil power such as one-wheeled power weeder. Weeder by using fossil power in addition to maintenance costs there are also operational costs such as purchasing fuel. One way to reduce the cost of this production is to use alternative energy in the form of sunlight by using solar cells.

The methods carried out in this study include design, manufacture and testing. The planning stage is done by establishing functional design and structural design and creating tool images using autoCAD software, and continued with the tool manufacturing stage. Data collection is done by comparing stationary solar cells with automatic solar cells.

After the design of the tool created solar cells automatic drive that are on the electric weeder. The dimensions of the solar cell skeleton are 68 cm long, 54 cm wide, and 32 cm high. The average voltage increase for 10 minutes in all treatments and experiments on stationary solar cells is 0.9 volts while in automatic

solar cells it is 0.11 volts. The average result of changes in electric current on servo x and servo y is 0.41 and 0.39 ampere, of all, in 2011. The average voltage on servo x and servo y is 7.56 and 7.6 volts. RMSE values at LDR1 - LDR 5 in a row are ,151346, 8.164966, 14.5449, 27.4287, and 19.18333. The power consumption on the weeder is 15.39 watts. RRMSE values in LDR1 – 5 consecutively are 1.36%, 1.38%, 4.13%, 4.65%, and 2.84%.

*Keywords: Electric Weeder, Servo, LDR Sensor, Electrical Power, Solar Cell, Sunlight.*

## **ABSTRAK**

### **RANCANG BANGUN PENGGERAK PANEL SURYA OTOMATIS SEBAGAI SUMBER ENERGI *WEEDER* LISTRIK**

**Oleh**

**YOGIE KURNIAWAN**

Keberadaan gulma merupakan salah satu masalah yang terus mengganggu dalam usaha budidaya pertanian. Pengendalian gulma dengan cara penyiangan merupakan pengendalian gulma secara fisik. Alat penyiang gulma yang masih banyak digunakan masih menggunakan tenaga fosil contohnya seperti power weeder roda satu. Weeder dengan menggunakan tenaga fosil selain biaya perawatan juga terdapat biaya operasional seperti pembelian bahan bakar. Salah satu cara menekan biaya produksi ini yaitu menggunakan energi *alternative* berupa cahaya matahari dengan menggunakan sel surya.

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan, pembuatan dan pengujian. Tahap perancangan dilakukan dengan menetapkan rancangan fungsional dan rancangan struktural serta membuat gambar alat menggunakan *software* autoCAD, dan dilanjutkan dengan tahap pembuatan alat. Pengambilan data dilakukan dengan membandingkan sel surya diam dengan sel surya otomatis.

Setelah dilakukan perancangan alat terciptalah penggerak sel surya otomatis yang berada pada weeder listrik. Dimensi kerangka sel surya dengan panjang 68 cm, lebar 54 cm, dan tinggi 32 cm. Rerata penambahan voltase selama 10 menit pada seluruh perlakuan dan percobaan pada sel surya diam adalah 0.9 volt sedangkan

pada sel surya otomatis sebesar 0,11 volt. Nilai RMSE pada LDR1 – LDR 5 berturut turut adalah ,151346, 8,164966, 14,5449, 27,4287, dan 19,18333. Konsumsi daya pada weeder adalah 15,39 watt. Hasil rerata perubahan kuat arus pada servo x dan servo y berturut turut adalah 0,41 dan 0,39 ampere. Rerata pada servo x dan servo y berturut turut adalah 7,56 dan 7,6 volt. Nilai RRMSE pada LDR1 – 5 berturut turut adalah 1,36%, 1,38%, 4,13%, 4,65%, dan 2,84%.

Kata Kunci : Cahaya Matahari, Daya Listrik, Sel Surya, Sensor LDR, Servo, Weeder Listrik.

**RANCANG BANGUN PENGGERAK PANEL SURYA OTOMATIS SEBAGAI  
SUMBER ENERGI *WEEDER* LISTRIK**

Oleh

**Yogie Kurniawan**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada

Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN PENGGERAK PANEL  
SURYA OTOMATIS SEBAGAI SUMBER  
ENERGI *WEEDER* LISTRIK**

Nama Mahasiswa : **Yogie Kurniawan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1614071057**

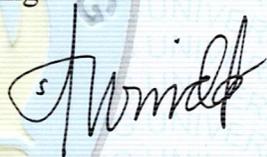
Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**

  
**Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc.**  
NIP. 196210101989021002

  
**Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.**  
NIP. 198905202015042001

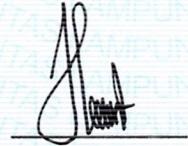
2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**

  
**Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**  
NIP 196210101989021002

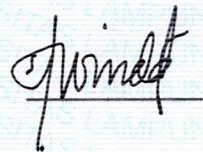
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

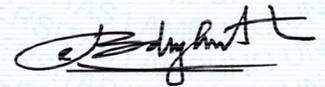
Ketua : **Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc.**



Sekretaris : **Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Ir. Budianto Lanya, M.T.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**

NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Januari 2022

## PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya adalah **Yogie Kurniawan** NPM 1614071057

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya ilmiah saya yang di bimbing oleh komisi pembimbing **Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc.** dan **Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc.** Berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisikan material yang saya buat sendiri, serta bimbingan dari para dosen pembimbing serta hasil rujukan beberapa sumber lain (Buku, Jurnal, Skripsi, Makalah, Dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat dari karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan, Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 14 Januari 2022  
Yang membuat pernyataan



**Yogie Kurniawan**  
**NPM. 1614071057**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di PT SIL, pada tanggal 17 November 1997, sebagai anak ketiga dari pasangan Bapak Sugiyanto. dan Ibu Sutrani. Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Yapindo Tulang Bawang pada tahun 2002 - 2004. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SDS 02 Yapindo pada tahun 2004 sampai dengan tahun 2010. Penulis selanjutnya menempuh pendidikan di SMP Sugar Groub Compenies pada tahun 2010 sampai dengan 2013, dan melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA A. Wahid Hasyim Tebuireng pada tahun 2013 sampai dengan tahun 2016. Pada tahun 2016, penulis resmi menjadi mahasiswa S1 Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Kusuma Agrowisata, Batu Malang pada bulan Juli – Agustus 2019 dengan judul laporan Praktik Umum **Mempelajari Budidaya Tomat Beef di Greenhouse dengan Menggunakan Sistem DFT**. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Way Isem, Kecamatan Sungkai Barat, Kabupaten Lampung Utara pada bulan Januari – Februari 2019. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti kegiatan di Himpunan Mahasiswa Jurusan yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) dan terdaftar sebagai anggota bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) pada periode 2017-2018.

Penulis juga pernah menjadi Asisten Dosen Motor Bakar dan Teraktor Pertanian (MBTP), Perbengkelan, Fisika Dasar, Listrik dan Elektronika.

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'aalamiin,

Kupersembahkan karya ini sebagai tanda cinta, kasih sayang,

dan rasa terima kasihku kepada:

Orangtuaku

(Ibu Sutrani)

yang telah membesarkan dan mendidikku dengan penuh perjuangan

dan kasih sayang serta selalu mendoakan yang terbaik untuk

keberhasilan dan kebahagiaanku. Adikku (Febby Aya Sani dan

Nadine Salsa Nur Azizah), dan keluarga

besarku yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, dan

semangat kepadaku.

Serta

Teman-Teman senasip seperjuangan Teknik Pertanian 2016

Universitas Lampung

## SANWACANA

*Alhamdulillah* *rabbi'l'alam*, Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini yang berjudul “**Rancang Bangun Penggerak Otomatis Panel Surya Sebagai Sumber Energi Weeder Listrik**” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Universitas Lampung.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Peran berupa bantuan, dukungan, bimbingan, arahan, dan doa yang penulis peroleh dari berbagai pihak sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc., selaku dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing Utama atas kesediaannya untuk meluangkan waktu, memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Ibu Winda Rahmawati, S.TP., M.Si., M.Sc., selaku dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan serta saran dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Bapak Ir. Budianto Lanya, M.T., selaku dosen Pembahas atas kesediaannya untuk meluangkan waktu, memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;

6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan dan yang lainnya;
7. Keluarga besarku (ibu, dan adik-adikku) yang selalu memberikan dorongan semangat, nasihat, doa dan dukungannya dari awal perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini;
8. Seluruh sanak saudara baik dikampung maupun dirantau yang tidak dapat disebutkan satu persatu;
9. Keluarga Teknik Pertanian 2016 yang sangat membantu penulis dalam perkuliahan sampai dengan penelitian dan penyusunan skripsi ini;
10. Seluruh keluarga besar Jurusan Teknik Pertanian (seluruh angkatan).

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dimasa yang akan datang, dan penulis berharap Allah SWT membalas semua kebaikan Bapak, Ibu, serta rekan-rekan sekalian yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Bandar Lampung, 14 Januari 2022

Penulis



**Yogie Kurniawan**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</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. Hipotesis.....	4
1.6. Batasan Masalah.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Sel Surya.....	5
2.1.1. Cara Kerja Panel Surya.....	7
2.1.2. Karakteristik Sel Fotovoltaik.....	7
2.2. Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi.....	8
2.3. Sensor LDR (Light Dependent Resistor).....	10
2.4. Arduino Mega.....	11
2.5. Servo.....	12
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	16
3.3. Metode Penelitian.....	16
3.4. Kriteria Desain.....	17
3.5. Rancangan Struktural.....	17
3.5.1. Penopang Sel Surya.....	18
3.5.2. Kerangka Penopang.....	18
3.5.3. Sensor LDR.....	19
3.6. Sistem Kerja.....	19
3.7. Rancangan Fungsional.....	20
3.7.1. Penopang Sel Surya.....	20
3.7.2. Kerangka Penopang.....	20
3.7.3. Motor Servo.....	21
3.7.4. Sensor LDR ( <i>Light dependent Resistor</i> ).....	21
3.7.5. Arduino Mega.....	21

3.7.6. Baterai 5Ah/12V.....	21
3.8. Proses Pembuatan Pelacak pada Sel Surya.....	22
3.9. Kalibrasi dan Validasi Sensor.....	23
3.10. Pengujian Alat.....	24
3.10.1. Respon Sistem.....	24
3.10.2. Stabilitas.....	25
3.11. Pengambilan Data.....	25
3.11.1. Konsumsi Daya.....	26
3.11.2. Kecepatan Pemindahan Servo.....	27
3.11.3. Akurasi Servo.....	27
3.12. Diagram Alir Penelitian.....	29
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
4.1. Hasil Perancangan Weeder Listrik.....	30
4.1.1. Kerangka Alat.....	31
4.1.2. Servo.....	31
4.1.3. Sel Surya.....	32
4.1.4. Kotak Kendali.....	33
4.1.5. Baterai.....	35
4.2. Kalibrasi dan Validasi Sensor.....	36
4.3. Pengujian Kinerja Alat.....	41
4.3.1. Respon Sistem.....	50
4.3.2. Kecepatan Respon.....	51
4.3.3. Stabilitas.....	53
4.3.4. Konsumsi Energi.....	54
4.3.5. Akurasi Servo.....	58
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>60</b>
5.1 Simpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>61</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penggunaan sel surya .....	12
2. Kecepatan respon servo x.....	51
3. Kecepatan respon servo y.....	51
4. Kecepatan respon servo x.....	52
5. Kecepatan respon servo y.....	52
6. Rata rata hasil kalibrasi sensor LDR 1 – 5 .....	66
7. Hasil validasi sensor LDR 1 satuan (lux).....	66
8. Hasil validasi sensor LDR 2 satuan (lux).....	67
9. Hasil validasi sensor LDR 3 satuan (lux).....	67
10. Hasil validasi sensor LDR 4 satuan lux .....	68
11. Hasil validasi sensor LDR 5 satuan lux .....	68
12. Data voltase sel surya diam pukul 09.00 WIB .....	69
13. Data voltase sel surya bergerak pukul 09.00 WIB .....	69
14. Data voltase sel surya diam pukul 12.00 WIB .....	69
15. Data voltase sel surya bergerak pukul 12.00 WIB .....	69
16. Data voltase sel surya diam pukul 15.00 WIB .....	69
17. Data voltase sel surya bergerak pukul 15.00 WIB .....	70
18. Data voltase sel surya diam pukul 09.00 WIB .....	70
19. Data voltase sel surya bergerak pukul 09.00 WIB .....	70
20. Data voltase sel surya diam pukul 12.00 WIB .....	70

21. Data voltase sel surya bergerak pukul 12.00 WIB .....	70
22. Data voltase sel surya diam pukul 15.00 WIB .....	71
23. Data voltase sel surya bergerak pukul 15.00 WIB .....	71
24. Data voltase sel surya diam pukul 09.00 WIB .....	71
25. Data voltase sel surya bergerak pukul 09.00 WIB .....	71
26. Data voltase sel surya diam pukul 12.00 WIB .....	71
27. Data voltase sel surya bergerak pukul 12.00 WIB .....	72
28. Data voltase sel surya diam pukul 15.00 WIB .....	72
29. Data voltase sel surya bergerak pukul 15.00 WIB .....	72
30. Daya pada weeder listrik .....	72
31. Daya setiap sudut servo x .....	72
32. Daya setiap sudut servo y .....	73
33. Stabilitas servo x .....	73
34. Stabilitas servo y .....	73
35. Nilai LDR pada saat weeder bergerak di tempat dengan sel surya diam pukul 09.00 WIB .....	74
36. Nilai LDR pada saat weeder bergerak di tempat dengan sel surya bergerak otomatis pukul 09.00 WIB .....	75
37. Nilai LDR pada saat weeder bergerak di tempat dengan sel surya diam pukul 12.00 WIB .....	76
38. Nilai LDR pada saat weeder bergerak di tempat dengan sel surya bergerak otomatis pukul 12.00 WIB .....	77
39. Nilai LDR pada saat weeder bergerak di tempat dengan sel surya diam pukul 15.00 WIB .....	78
40. Nilai LDR pada saat weeder bergerak di tempat dengan sel surya bergerak otomatis pukul 15.00 WIB .....	79

41. Nilai LDR pada saat weeder bergerak secara acak dengan sel surya diam pukul 09.00 WIB.....	80
42. Nilai LDR pada saat weeder bergerak secara acak dengan sel surya bergerak otomatis pukul 09.00 WIB .....	81
43. Nilai LDR pada saat weeder bergerak secara acak dengan sel surya diam pukul 12.00 WIB.....	82
44. Nilai LDR pada saat weeder bergerak secara acak dengan sel surya bergerak otomatis pukul 12.00 WIB .....	83
45. Nilai LDR pada saat weeder bergerak secara acak dengan sel surya diam pukul 15.00 WIB.....	84
46. Nilai LDR pada saat weeder bergerak secara acak dengan sel surya bergerak otomatis pukul 15.00 WIB .....	85
47. Akurasi Servo.....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik Pada Sel Surya.....	5
2. Struktur Pita Sebuah Semi konduktor .....	6
3. Tingkat Energi yang Dihasilkan Oleh Sambungan p-n semikonduktor.....	6
4. Cara Kerja Sederhana Panel Surya .....	7
5. Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Terhadap Daya (P).....	8
6. Radiasi Langsung dan Radiasi yang Mengenai Permukaan Bumi.....	9
7. Grafik Besar Radiasi Harian Matahari yang Mengenai Permukaan Bumi Pada Atmosfer Cerah. ....	9
8. Grafik hubungan antara resistensi dan iluminasi. ....	10
9. Sensor Cahaya LDR.....	10
10. Arduino Mega .....	11
11. Motor Servo .....	12
13. <i>Weeder</i> listrik .....	17
14. Penopang sel surya.....	18
15. Kerangka penyangga.....	19
16. Rangkaian skematik sel surya untuk <i>weeder</i> listrik.....	22
17. Diagram alir rancang bangun sel surya pada <i>weeder</i> listrik .....	29
18. <i>Weeder</i> Listrik.....	30
19. Servo .....	32
20. Sel surya.....	32

21. Kotak panel .....	33
22. Baterai .....	36
23. Kalibrasi LDR 1 .....	36
24. Kalibrasi LDR 2 .....	37
25. Kalibrasi LDR 3 .....	37
26. Kalibrasi LDR 4 .....	37
27. Kalibrasi LDR 5 .....	38
28. Validasi LDR 1 .....	39
29. Validasi LDR 2 .....	39
30. Validasi LDR 3 .....	40
31. Validasi LDR 4 .....	40
32. Validasi LDR 5 .....	41
33. Cahaya matahari tepat berada di atas weeder listrik .....	42
34. Matahari berada pada sudut $45^\circ$ ke arah x dan sel surya bergerak mengikuti arah datangnya cahaya matahari .....	42
35. Matahari berada pada sudut $135^\circ$ ke arah y dan sel surya bergerak mengikuti arah datangnya cahaya matahari .....	43
36. Nilai tegangan pada kondisi weeder mati pukul 09.00 WIB .....	44
37. Nilai tegangan pada kondisi weeder mati pukul 12.00 WIB .....	44
38. Nilai tegangan pada kondisi weeder mati pukul 15.00 WIB .....	45
39. Nilai tegangan pada kondisi weeder hidup bergerak ditempat pukul 09.00 WIB .....	46
40. Nilai tegangan pada kondisi weeder hidup bergerak ditempat pukul 12.00 WIB .....	46
41. Nilai tegangan pada kondisi weeder hidup bergerak ditempat pukul 15.00 WIB .....	47
42. Nilai tegangan pada kondisi weeder hidup bergerak acak pukul 09.00 WIB ..	48

43. Nilai tegangan pada kondisi weeder hidup bergerak acak pukul 12.00 WIB ..	49
44. Nilai tegangan pada kondisi weeder hidup bergerak acak pukul 15.00 WIB ..	49
45. Nilai stabilitas servo x .....	53
46. Nilai stabilitas servo y .....	54
47. Nilai tegangan servo x .....	55
48. Nilai tegangan servo y .....	55
49. Kuat arus servo x .....	56
50. Kuat arus servo y .....	56
51. Daya servo x .....	57
52. Daya servo y .....	58
53. Mengukur sudut tegangan tertinggi pada sel surya .....	93
54. Pemotongan besi siku .....	93
55. Pengelasan kerangka penopang sel surya .....	93
56. Kalibrasi sensor LDR .....	94
57. Validasi sensor .....	94
58. Pemasangan sensor beserta komponen lainnya pada weeder listrik .....	95
59. Skematik sel surya otomatis .....	96
60. Dimensi kerangka pondasi .....	97
61. Dimensi penyangga .....	97
62. Dimensi kerangka penopang .....	98
63. Proyeksi Weeder Listrik .....	98

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Keberadaan gulma merupakan salah satu masalah yang terus mengganggu dalam usaha budidaya pertanian. Gulma secara nyata dapat menekan produksi dan pertumbuhan tanaman karena gulma menjadi pesaing dalam memperebutkan unsur hara serta cahaya matahari sehingga tanaman sulit untuk berfotosintesis dan mengakibatkan penurunan produktivitas tanaman budidaya. Kerugian yang disebabkan oleh gulma sangat bervariasi, tergantung pada populasi dan jenisnya. Beberapa gulma juga merupakan tumbuhan inang bagi hama dan penyakit tanaman (Izah, 2009).

Pengendalian gulma dengan cara penyiangan merupakan salah satu pengendalian gulma secara fisik. Pengendalian ini bekerja dengan cara merusak gulma dan melepaskannya dari tanah tempat budidaya tumbuh. Penyiangan yang baik dilakukan sebelum tajuk gulma menghentikan penyerapan zat-zat makanan dari akar. Penyiangan bertujuan untuk menghilangkan tanaman pengganggu (gulma) yang dapat merugikan pertumbuhan tanaman budidaya (Riyadi, 2016).

Alat penyiang gulma yang masih banyak digunakan masih menggunakan tenaga fosil contohnya seperti *power weeder* roda satu yang biasa digunakan untuk penyiangan gulma di lahan yang tergenang air. Selain biaya perawatan juga terdapat biaya operasional seperti pembelian bahan bakar sehingga biaya yang dikeluarkan lebih banyak. Menurunnya produktivitas minyak bumi di Indonesia dan naiknya harga minyak mentah dunia sangat berpengaruh terhadap anggaran pembangunan sehingga menyebabkan naiknya harga bahan bakar (Kholiq, 2015). Semakin naiknya harga bahan bakar juga merupakan suatu kendala bagi para petani

Indonesia. Jika minyak semakin langka maka kenaikan harga minyak tidak dapat terelakkan.

Salah satu cara mengatasi krisis energi bahan bakar fosil ini yaitu menggunakan energi *alternative*. Salah satu energi *alternative* yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan energi dari matahari. Sebagaimana diketahui, Indonesia terletak didaerah khatulistiwa dan akan selalu disinari matahari selama 10 – 12 jam per harinya. Maka potensi untuk mengembangkan energi surya sangatlah besar. Total intensitas pinyinaran rata-rata 4,5kWh permeter persegi perhari, dan matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga tergolong daerah kaya sumber energi matahari (Widodo dkk, 2010).

Energi surya adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaanya dan energi ini dapat digunakan sebagai energi alternative yang dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel surya. Sel surya inilah yang akan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya atau *solar cell* sejak tahun1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu menggunakan energi fosil, batu bara, gas alam atau reaksi nuklir yang dapat mengakibatkan pencemaran udara (Assidiq, 2017).

Sel surya mampu beroperasi dengan baik diwilayah manapun selama wilayah tersebut disinari matahari tanpa menimbulkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan. Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Seperti yang kita ketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki 2 buah sifat yaitu dapat sebagai partikel dan dapat sebagai gelombang yang disebut dengan photon. Pertama kalinya hal ini diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905 (Dewi & Antonov, 2013).

Berdasarkan kenyataan itu perlu adanya sebuah terobosan baru yang dapat membuat energi listrik dari sumber energi yang tidak dieksploitasi manusia secara terus menerus. Sehingga energi tersebut tidak habis dan masih bisa dimanfaatkan

oleh generasi yang akan datang. Oleh karena itu dalam sumber energi yang akan digunakan pada weeder listrik menggunakan listrik yang bersumber dari cahaya matahari.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Bagaimana cara merancang alat *weeder* yang ramah lingkungan dengan menggunakan energi alternative berupa energi matahari dengan menggunakan sel surya yang bersifat dinamis dan menguji kinerja sel surya.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang diatas tujuan penelitian rancang bangun sel surya sebagai penggerak *weeder* listrik ini adalah:

1. Menghasilkan energi listrik dari cahaya matahari untuk menggerakkan *weeder* listrik
2. Membandingkan keefektifitasan *weeder* listrik yang menggunakan tipe sel surya tetap dengan tipe sel surya yang mampu bergerak otomatis mengikuti besarnya energi matahari
3. Menguji kinerja sel surya pada *weeder* listrik untuk mengetahui keefektifitasan sel surya dalam menghasilkan energi listrik untuk *weeder* listrik

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Menyediakan sistem kendali pada sel surya yang bersifat dinamis pada *weeder* listrik sehingga listrik yang dihasilkan maksimal.
2. Menyediakan energi penggerak *weeder* yang ramah lingkungan.
3. Menyediakan energi penggerak *weeder* yang mudah digunakan.

### **1.5. Hipotesis**

Penggunaan sel surya yang dinamis mampu meningkatkan lama operasional *weeder* listrik dibandingkan dengan sel surya yang statis.

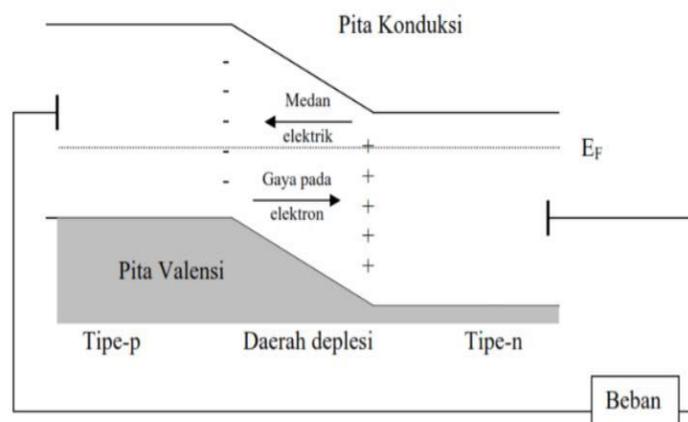
### **1.6. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sel surya hanya digunakan pada *weeder* dan penelitian dilakukan dilahan terbuka.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

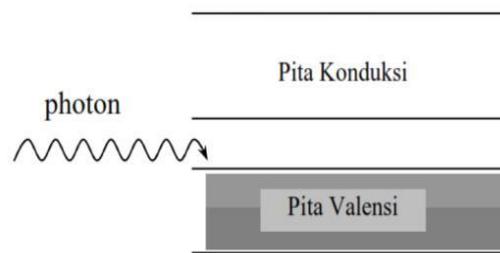
### 2.1. Sel Surya

Secara sederhana sel surya terdiri dari sambungan bahan semi konduktor bertipe p dan n (p-n junction semi conductor) jika terkena cahaya matahari maka akan menghasilkan aliran *electron*. Aliran *electron* inilah yang disebut aliran arus listrik (Aditiyan, 2015). Dalam Gambar 1 ditunjukkan proses perubahan energi matahari menjadi energi listrik.



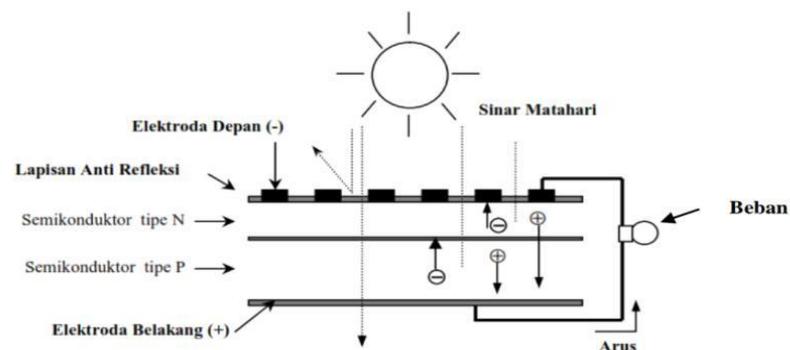
Gambar 1. Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik Pada Sel Surya (Aditiyan, 2015)

Penyerap merupakan bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik yang disebut absorber. Masing masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Bahan yang memiliki struktur seperti isolator tetapi memiliki celah energi kecil (1 eV atau kurang) sehingga memungkinkan *electron* bisa melompat dari pita konduksi ke pita valensi disebut semi konduktor. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan pita-pita energi seperti Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Pita Sebuah Semi konduktor (Aditiyan, 2015)

*Electron* dari pita konduksi dapat meloncat ke pita valensi ketika sambungan tersebut dikenai photon dengan energi tertentu. Tingkat energi yang dihasilkan diperlihatkan pada Gambar 3.



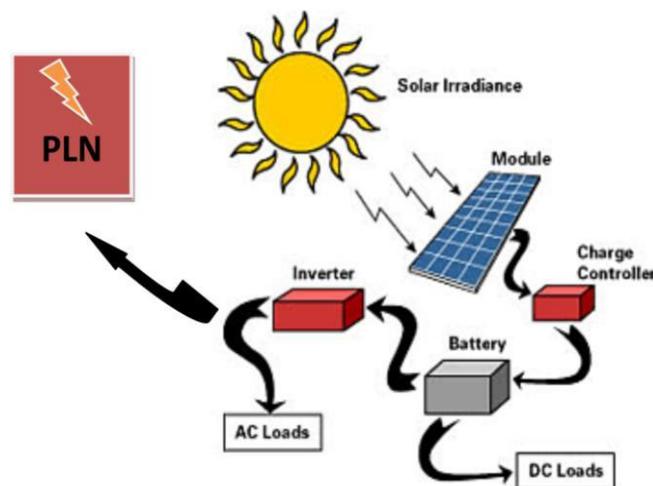
Gambar 3. Tingkat Energi yang Dihasilkan Oleh Sambungan p-n semikonduktor (Aditiyan, 2015)

Ketika cahaya matahari yang terdiri dari foton jatuh pada permukaan sel surya (absorber), akan diserap, dipantulkan atau dilewatkan begitu saja seperti Gambar 1, dan hanya foton dengan intensitas tertentu yang dapat melepaskan elektron dari ikatan atomnya, sehingga mampu mengalirkan arus listrik. Tingkatan energi ini disebut energi band-gap yang diartikan sebagai energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik. *Electron* dari pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi. *Electron* menjadi pembawa n dan meninggalkan hole. Pembawa n akan bergerak menuju persambungan sama halnya dengan pembawa p akan bergerak ke persambungan. Perpindahan tersebut menghasilkan beda potensial (Aditia, 2017).

Untuk mendapatkan keluaran yang besar maka perlu penggabungan dari beberapa sel surya menjadi panel surya. Pada panel, sel surya dihubungkan secara seri atau parallel untuk menghasilkan tegangan, arus, atau daya yang tinggi. Permukaan panel ditutup dengan kaca atau materi transparan lain untuk proteksi terhadap lingkungan. Panel surya merupakan komponen utama dalam membuat suatu kesatuan sistem pembangkit listrik tenaga surya (Yuwono, 2005).

### 2.1.1. Cara Kerja Panel Surya

Secara umum cara kerja listrik tenaga surya adalah cahaya matahari yang datang ditangkap oleh panel surya kemudian arus listrik DC yang dihasilkan oleh panel surya melalui controller yang kemudian disimpan di aki atau baterai. Untuk menghasilkan tegangan bolak-balik, dibutuhkan inverter. Kelebihan listrik dapat dialirkan ke jaringan listrik utama (grid PLN). Cara kerja sederhana panel surya dapat dilihat pada Gambar 4.

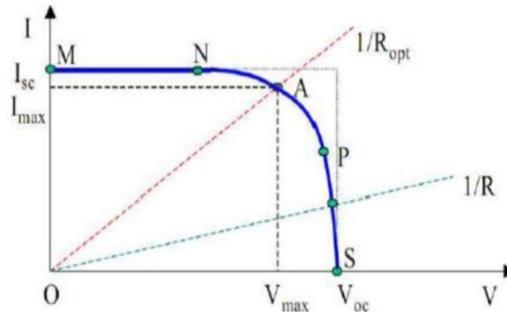


Gambar 4. Cara Kerja Sederhana Panel Surya (Yuwono, 2005)

### 2.1.2. Karakteristik Sel Fotovoltaik

Berdasarkan arus dan tegangan yang dihasilkan sel fotovoltaik pada kondisi cahaya dan beban yang berbeda-beda dapat diketahui sifat elektrik dari sel

fotovoltaik dalam menghasilkan energi listrik yang diamati dari karakteristik listrik sel tersebut. Kurva I – V menggambarkan sifat dari sel surya secara lengkap yang dapat dilihat pada Gambar 5.



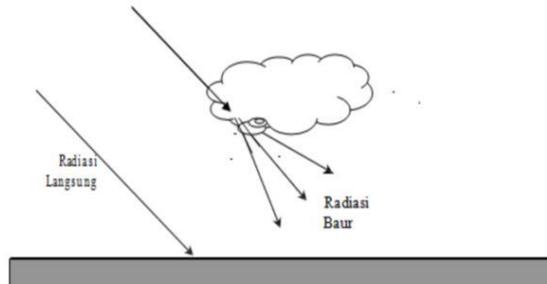
Gambar 5. Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Terhadap Daya (P) (Hansen et al., 2000).

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa ketika sel dihubungkan dengan beban (R) beban kemudian memberi hambatan sebagai garis linear dengan garis  $I/V = 1/R$ . Hal tersebut menunjukkan nilai resistensi bergantung pada daya yang didapat. Daerah kurva M N akan beroperasi jika resistensi kecil dimana sel beroperasi sebagai sumber arus yang konstan atau short circuit. Pada kondisi lain, kurva P S akan beroperasi jika resistensi besar, dimana sel beroperasi sebagai tegangan yang konstan atau open-circuit. Jika dihubungkan dengan hambatan optimal berarti sel surya menghasilkan daya dengan tegangan maksimal dan arus maksimal. Pada Gambar 5 dapat dilihat Titik merah (Pmax) merupakan daya maksimum (Pmax) pada saat  $V_{max}$  dan  $I_{max}$  (Hansen et al., 2000).

## 2.2. Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

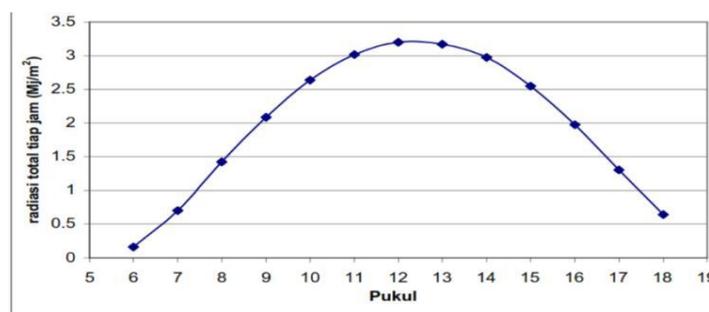
Radiasi matahari yang tersedia diluar atmosfer bumi atau sering disebut konstanta radiasi matahari sebesar  $1303\text{W/m}^2$ . Namun radiasi yang sampek ke bumi sebesar  $1000\text{W/m}^2$  karena intensitasnya berkurang oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Radiasi dengan panjang gelombang pendek (ultraviolet) di lapisan ozon di atmosfer sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang

lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung, masih terdapat radiasi yang dipancarkan oleh molekul - molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi baur (diffuse) seperti terlihat pada Gambar 6 (Jansen, 1995).



Gambar 6. Radiasi Langsung dan Radiasi yang Mengenai Permukaan Bumi  
(Jansen, 1995)

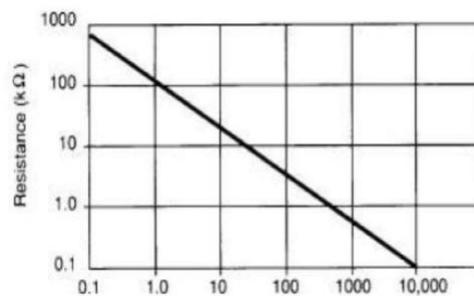
Dengan adanya faktor-faktor diatas menyebabkan radiasi yang diterima permukaan bumi memiliki intensitas yang berbeda-beda setiap saat. Pada Gambar 7 merupakan grafik yang menunjukkan besaran radiasi harian yang diterima permukaan bumi pada cuaca cerah. Pada waktu pagi dan sore radiasi sampai permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami difusi oleh atmosfer bumi.



Gambar 7. Grafik Besar Radiasi Harian Matahari yang Mengenai Permukaan Bumi Pada Atmosfer Cerah (Jansen, 1995).

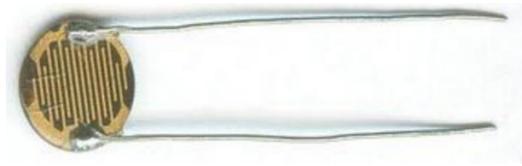
### 2.3. Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

*Light Dependent Resistor* (LDR) merupakan sebuah sensor cahaya. Cara kerja sensor tersebut adalah jika intensitas cahaya yang masuk ke dalam sensor tersebut semakin sedikit, maka resistansinya akan semakin besar demikian juga sebaliknya jika intensitas cahaya yang masuk semakin banyak maka resistansinya akan semakin sedikit (dapat dilihat pada Gambar 8) dan LDR dihitung dalam satuan ohm (Grandio, 2012).



Gambar 8. Grafik hubungan antara resistensi dan iluminasi (Grandio, 2012).

Jika intensitas cahaya tinggi maka nilai hambatan akan semakin kecil, begitupun sebaliknya jika intensitas cahaya semakin rendah maka hambatannya semakin besar. Begitu pula tegangannya, semakin rendah intensitas cahaya maka tegangannya akan semakin tinggi dan sebaliknya semakin tinggi intensitasnya maka tegangannya semakin rendah (Naradi, 2013). Bentuk fisik dari Sensor Cahaya LDR adalah seperti gambar dibawah ini:



Gambar 9. Sensor Cahaya LDR (Naradi, 2013).

LDR merupakan rangkaian yang dapat mengukur nilai resistansi dari Foto-resistor / LDR tersebut. Dari hukum ohm, diketahui bahwa:

$$V = I.R \dots \dots \dots (1)$$

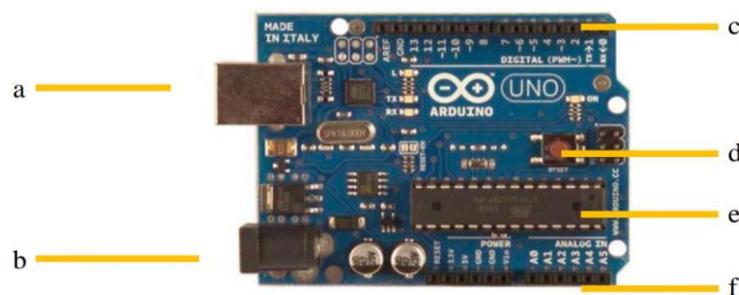
Keterangan:

- V = Beda potensial antara dua titik.
- I = Arus yang mengalir diantara-nya.
- R = Resistansi diantara-nya.

Nilai  $R$  tidak bergantung dari  $V$  ataupun  $I$ . Sehingga, jika terdapat perubahan nilai resistansi dari  $R$ , maka nilai tegangan  $V$  akan berubah. Ketika beda potensial di-set tetap, maka perubahan resistansi hanya akan mempengaruhi besar arusnya (Mardhi dkk., 2017).

## 2.4. Arduino Mega

Arduino mega merupakan rangkaian *elektronik* yang bersifat *open source* sehingga programmer dapat mengembangkannya. Arduino mega memiliki pin analog dan pin digital yang berfungsi sebagai input dan output data. Arduino mega dilengkapi dengan universal serial bus (USB) sebagai antarmuka ke perangkat komputer. Aplikasi arduino digunakan untuk membuat program dan memasukkan ke dalam perangkat arduino mega. Bahasa pemrogram yang digunakan pada arduino yaitu bahasa C dan C++ [8]. Komponen utama pada arduino yaitu mikrokontroler dengan jenis AVR yang diproduksi dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler merupakan chip atau IC (Integrated Circuit) yang dapat diprogram dengan komputer. Program yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler agar dapat membaca dan memproses input sehingga didapatkan output sesuai dengan yang diinginkan (Khuzzai, 2018).



Gambar 10. Arduino Mega

## 2.5. Servo

Motor servo adalah berupa motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana letak dari motor segera diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo merupakan salah satu jenis motor DC. Contoh lainnya adalah motor stepper, motor servo berkerja secara *close loop*. Poros motor dikaitkan dengan rangkaian kendali, selanjutnya bila putaran poros belum sampai pada tempat yang diinginkan maka rangkaian kendali akan terus mencari tempat hingga mencapai tempat yang diinginkan. Motor servo banyak dipakai pada peranti R/C (*remote control*) seperti mobil, pesawat, helikopter, dan kapal, serta sebagai aktuator robot maupun penggerak pada kamera (Martin, 2016).



Gambar 11. Motor Servo (Martin, 2016)

Belum adanya penelitian tentang rancang bangun sel surya sebagai energi penggerak *weeder* listrik, maka penelitian ini perlu di lakukan. Beberapa penelitian sebelumnya terkait rancang bangun sel surya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan sel surya

No	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
1	(Yuwono, 2005)	Optimalisasi Panel Surya Dengan Menggunakan Sisitem Pelacak	Membandingkan data pengeluaran daya yang dihasilkan oleh sel surya dengan sistem pelacak dengan panel surya	Panel sel surya dengan sistem pelacak menghasilkan energi pengeluaran lebih besar dibandingkan sel surya dalam
2.	(Buwono, 2010).	Rancang Bangun Sistem Pengendali	2 komponen sel surya yang	Sistem akan merekonfigurasi

No	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
		Pengisian Arus Sel Surya Dengan Rekonfigurasi Seri-Pararel	dapat di kontrol secara elektrolitik, sehingga dapat beroperasi secara hubung paralel atau seri sesuai dengan kebutuhan keluaran.	sel surya menjadi susunan seri ketika tegangan sel surya tidak lebih sama dengan 20,3V dan akan menjadi paralel ketika tegangan mencapai 20,4V
3.	(Rochman & Sembodo, 2014)	Rancang Bangun Alat Kontrol Pengisian Aki untuk Mobil Listrik Menggunakan Energi Sel Surya dengan Metode Sequensial.	Analisis sistem kerja rangkaian kontrol sistem pengisian aki dengan sel surya menggunakan metode sequensial	Proses pengisian dengan menggunakan metode swquensial dikendalikan secara otomatis oleh alat kontrol
4.	(Arikundo & Hazwi, 2014)	Rancang Bangun Prototype Kolektor Surya Tipe Plat Datar untuk Penghasil Panas pada Pengereng Produk Pertanian dan Perkebunan	Pengujian performansi mesin pengereng tenaga surya dengan produk yang dikeringkan adalah singkong untuk mencapai standar kering ubi kayu	Radiasi rata rata yang diserap kolektor adalah 372.21 watt dan kehilangan panas rata rata pada kolektor adalah 161.32 watt.
5.	(Sirait dkk, 2015)	Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Irigasi Pipa Lahan Sawah Berbasis Tenaga Surya	Sel Surya sebagai energi terbarukan dalam menjalankan sistem otomatisasi irigasi pipa lahan sawah	Sistem otomatis berbasis tenaga surya dapat beroperasi 24 jam secara kontinyu dan mengatasi kebutuhan energi listrik
6.	(Rusman, 2015)	Pengaruh Variasi Beban Terhadap	Pemberian beban daya yang	Semakin besar beban yang

No	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
		Efisiensi Solar Cell dengan Kapasitas 50 WP	berbeda untuk mengetahui kinerja pada solar cell 50 WP	diberikan maka semakin kecil kinerja pada solar cell.
7.	(Muttaqin dkk, 2016)	Analisa Rancangan Sel Suirya dengan Kapasitas 50 Watt untuk Penerangan Parkiran Uniska	Pengujian pengaruh sudut matahari terhadap sel surya agar dapat menyerap energi semaksimal mungkin sehingga dapat digunakan untuk penerangan lebih lama lagi.	Bila radiasi mengalami kenaikan berpengaruh terhadap daya dan jika temperatur mengalami penurunan maka akan berpengaruh terhadap daya.
8.	(Aditia, 2017)	Perancangan Tenaga Surya Lampu Celup Bawah Air pada Bagan Apung	Pengujian sel surya untuk mengetahui daya yang digunakan oleh lampu sorot dengan melihat aspek aspek seperti kecepatan angin, ketinggian gelombang dan intensitas cahaya lampu.	Dimensi bagan apung dibuat untuk mempermudah nelayan dan sel surya sebagai energi terbarukan untuk konsumsi energi pada lampu sorot.
9.	(Ramadhani, 2018)	Rancang Bangun Penangkap Hama Wereng dengan Tenaga Surya	Penggunaan sel surya sebagai energi untuk penangkap hama wereng dengan analisis daya yang digunakan untuk mengetahui konsumsi daya ideal pada alat	Pengisian baterai pada alat penangkap hama wereng dapat mengisi penuh selama 8 jam 21 menit 31 detik dan dapat beroperasi selama $\pm$ 15 jam.

No	Nama	Judul	Metode	Kesimpulan
10.	(Iqtimal dkk, 2018)	Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air.	penangkap hama wereng  Penggunaan sel surya untuk mengetahui efisiensi penggunaan sel surya 50 Wp dalam penggunaan pompa air, lama pengisian tandon untuk rata rata penggunaan air harian dan daya yang dibutuhkan untuk memenuhi rata rata penggunaan air harian	Efisiensi penggunaan sel surya 50 Wp memiliki efisiensi sebesar 12,25%. Untuk memenuhi tandon yang berukuran 1750 liter memerlukan waktu 32 menit dan energi yang digunakan 2,65 Ah setiap hari.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 hingga Maret 2021 yang bertempat di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian yang berada di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### **3.2. Alat dan Bahan Penelitian**

Adapun alat yang digunakan untuk merancang sel surya pada alat *weeder* listrik adalah satu buah sel surya 50 Wp, solar charge controller, baterai 5Ah/12V, dua buah servo, 5 buah LDR (*Light Dependent Resistor*), arduino mega, satu set alat perbengkelan, las listrik, busur derajat, amperemeter, dan lux meter.

Adapun bahan yang digunakan pada perancangan sel surya sebagai sumber energi penggerak *weeder* listrik adalah besi siku 2x2 cm sepanjang 250 cm, besi penopang sepanjang 80 cm, penghantar listrik (kabel), baut dan mur.

#### **3.3. Metode Penelitian**

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode perancangan. Metode yang dilakukan untuk mendesain alat didasarkan pada rancangan struktural dan rancangan fungsional dengan menggunakan program AutoCAD sebagai media rancangan alat, lalu dilanjutkan ketahap pembuatan alat di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian (L.DAMP). Setelah alat selesai

dibuat, kemudian alat diuji coba untuk melihat apakah dapat dijalankan atau dibutuhkan perbaikan kembali.

### 3.4. Kriteria Desain

Kriteria desain rancang bangun sel surya sebagai sumber energi penggerak *weeder* listrik ini diharapkan dapat menghasilkan:

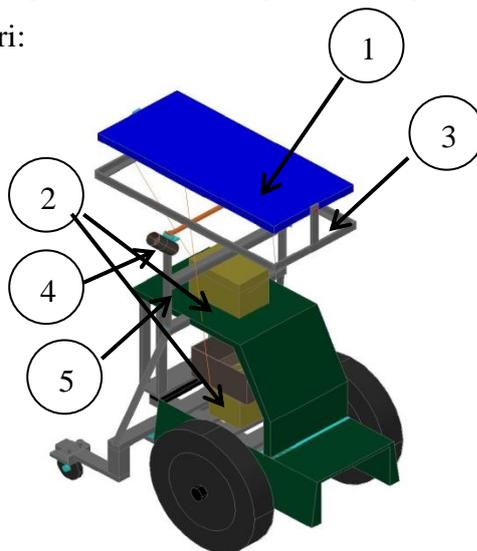
1. Sel surya dapat menjadi sumber energi penggerak *weeder* listrik dengan mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik untuk *weeder* listrik.
2. Sel surya mampu bergerak atau bersifat dinamis untuk mencari cahaya matahari yang paling terang sehingga mampu menghasilkan energi listrik yang optimal untuk *weeder* listrik.

### 3.5. Rancangan Struktural

Rancangan struktural suatu Gambaran pada desain berdasarkan ukuran, bentuk, dan warna. Rancangan struktural ini diperlukan untuk mengatasi hasil rancangan/model alat yang akan dibuat. Bagian rancang bangun sel surya pada *weeder* listrik terdiri dari:

Keterangan:

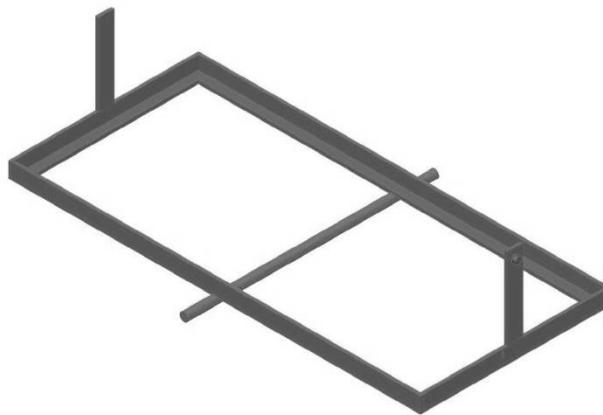
1. Sel surya
2. 2 buah motor servo
3. Kerangka penopang
4. 5 buah Sensor LDR
5. Kerangka peyangga



Gambar 13. *Weeder* listrik

### 3.5.1. Penopang Sel Surya

Penopang sel surya menggunakan besi siku yang dibentuk persegi panjang sesuai dengan ukuran sel surya yakni 68 cm x 54 cm. Penggunaan besi siku bertujuan agar sel surya tidak jatuh dan tetap pada posisinya. Kedua ujung tengah kerangka penopang dipasangkan besi plat dengan panjang 20 cm lalu di lubangi di bagian atas besi plat. Di bawah kerangka penopang terdapat bering dengan ukuran diameter 3 cm. Bering tersebut di sambungkan dengan besi berbentuk tabung dengan ukuran 56 cm.



Gambar 14. Penopang sel surya

### 3.5.2. Kerangka Penopang

Kerangka penopang menggunakan besi penopang dan di bentuk menjadi L. Besi penopang disambungkan dengan *weeder* dibagian tengah atas *weeder* dengan panjang 16 cm dibagian kanan dan kiri *weeder*. Lalu keduanya disambungkan kembali dengan besi penopang sehingga berbentuk huruf L dengan panjang masing masing 32 cm.



Gambar 15. Kerangka penyangga

### 3.5.3. Sensor LDR

Sensor LDR terletak pada kerangka penopang sebelah kiri dan kanan. Terdapat 5 buah sensor LDR yang akan diletakkan 4 pada kerangka penopang sebelah kiri dan 1 disebelah kanan kerangka penopang. Sensor LDR akan dipasang dengan sudut yang berbeda beda. Sensor LDR yang pertama akan dipasang pada sudut 45 derajat. Sensor LDR yang kedua akan dipasang pada sudut 90 derajat. Sensor LDR yang ketiga akan dipasang menghadap sudut 130 derajat. 3 sensor itu menghadap atau mengarah ke sumbu x. 2 LDR selanjutnya membentuk sudut 45 derajat dan 130 derajat menghadap sumbu y. Posisi pada sensor ini tetap sehingga setiap sensor akan menghadap nilai cahaya yang berbeda tergantung posisi matahari.

### 3.6. Sistem Kerja

Sel surya mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang berfungsi untuk menyediakan energi listrik bagi *weeder* listrik. 5 buah sensor LDR akan diletakkan pada sudut yang berbeda untuk mengetahui sudut mana yang memiliki intensitas cahaya yang besar. Hal ini bertujuan agar servo dapat diperintahkan bergerak dan membentuk sudut kearah datangnya intensitas cahaya matahari yang lebih besar sehingga sel surya dapat menghadap ke arah intensitas cahaya matahari yang lebih besar. Setelah itu cahaya matahari akan diubah oleh sel surya menjadi energi listrik dan energi listrik akan di simpan kedalam aki. Aki akan

dihubungkan dengan *weeder* listrik sehingga *weeder* listrik dapat hidup dan bergerak.

### **3.7. Rancangan Fungsional**

Rancangan fungsional merupakan Gambaran fungsi dan bahan pembuatan dari setiap bagian rancang bangun. Rancangan fungsional juga diperuntukkan pada saat rancang bangun, sehingga saat rancang bangun dapat memperhitungkan bahan-bahan yang diperlukan dengan memperhatikan fungsi dari bagian-bagian rancang bangun.

#### **3.7.1. Penopang Sel Surya**

Penopang sel surya menggunakan besi siku dengan tujuan agar sel surya tidak jatuh atau terlepas dari *weeder* listrik dan juga pada saat servo bergerak sel surya tidak lepas. Hal ini juga memudahkan sel surya untuk dilepas dari *weeder* karena sel surya tidak diikat atau dikencangkan pada *weeder* listrik.

#### **3.7.2. Kerangka Penopang**

Kerangka terbuat dari besi penopang yang dibentuk L dibagian atas kanan dan kiri *weeder* listrik. Karena ukuran lebar *weeder* listrik lebih kecil dari pada lebar sel surya, maka perlu penambahan 5 cm di kiri dan kanan *weeder* listrik. Untuk ketinggian 30 cm dikarenakan agar ketika servo bergerak kearah sudut yang di tentukan besi penopang pada sel surya tidak menabrak bagian depan atau belakang *weeder* listrik.

### **3.7.3. Motor Servo**

Motor servo merupakan actuator DC yang mampu bergerak 180 derajat. Fungsi motor servo ini adalah untuk menggerakkan dan membentuk sudut untuk penopang sel surya. Hal ini bertujuan agar sel surya dapat menghadap sinar matahari dan dapat secara optimal menghasilkan energi listrik. Motor servo dihubungkan dengan arduino mega.

### **3.7.4. Sensor LDR (*Light dependent Resistor*)**

Sensor LDR berfungsi untuk mendapatkan besaran nilai cahaya matahari. Sehingga nilai LDR yang muncul dapat membuat motor servo mampu bergerak kearah yang memiliki energi cahaya yang besar. Sensor LDR dihubungkan dengan arduino mega.

### **3.7.5. Arduino Mega**

Arduino berfungsi sebagai pusat pemroses input sinyal *elektronik* menjadi output sinyal *elektronik* yang dibutuhkan. Jadi sensor dan motor servo dihubungkan ke arduino mega. Ketika sensor cahaya mendapatkan nilai cahaya maka arduino akan memprosesnya dan akan memberikan perintah kepada motor servo untuk bergerak kearah nilai cahaya yang paling besar.

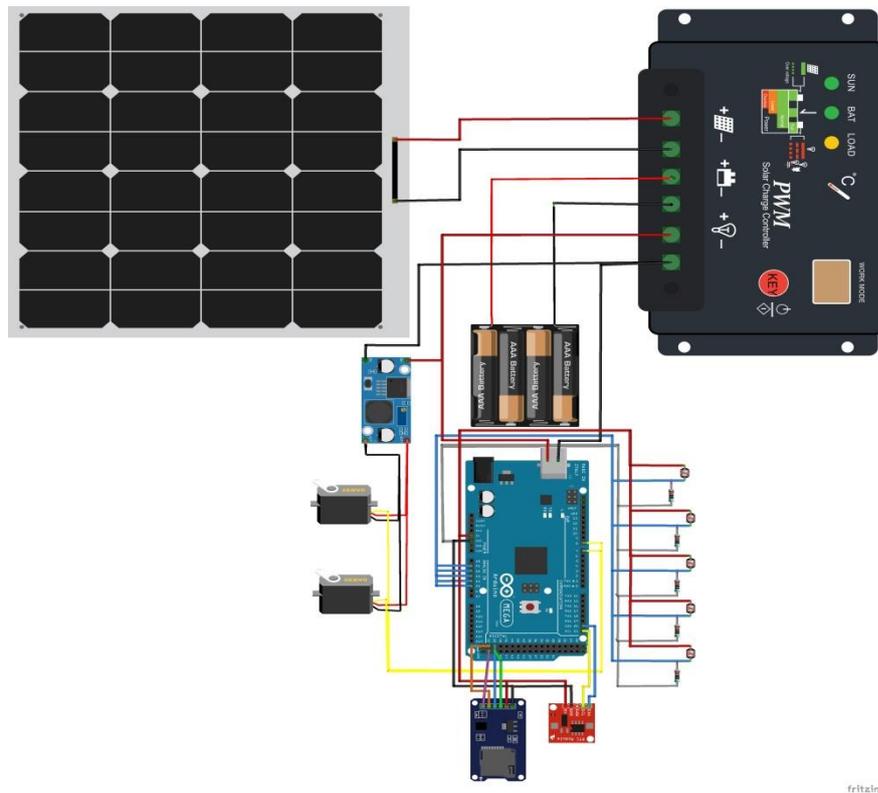
### **3.7.6. Baterai 5Ah/12V**

Baterai berfungsi sebagai penyimpan daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya. Setelah tersimpan baterai akan memberikan daya ke pusat mikrokontroler arduino mega sehingga arduino mega hidup dan dapat memberikan perintah.

### 3.8. Proses Pembuatan Pelacak pada Sel Surya

Hal yang pertama dilakukan adalah dengan menentukan sudut pada sel surya. Penentuan sudut ini dilakukan pada pukul 09.00 WIB, 12.00 WIB, dan 15.00 WIB. Penentuan sudut ini dilakukan dengan cara manual dengan cara mencari tegangan terbesar dengan sel surya lalu diukur dengan menggunakan busur derajat untuk menemukan sudut pada kondisi daya terbesar pada sel surya pada setiap waktu yang ditentukan.

Selanjutnya hubungkan motor servo dan sensor LDR pada mikrokontroler. Setelah itu masukkan pemrograman untuk sensor LDR. Setelah itu masukkan pemrograman untuk motor servo dan masukkan sudut yang telah ditentukan tadi. Setelah itu diuji coba untuk respon servo dan pembacaan cahaya pada sensor LDR. Jika servo bisa bekerja dengan baik dan bergerak sesuai dengan datangnya intensitas cahaya terbesar maka servo dan sensor LDR sudah siap dipasangkan pada kerangka rancang bangun sel surya.



Gambar 16. Rangkaian skematik sel surya untuk *weeder* listrik

Yang pertama kali dibuat adalah kerangka pondasi. Kerangka pondasi dengan panjang 37,5 cm yang terletak di bawah kerangka penyangga. Kerangka penyangga berbentuk L dengan panjang 16 cm dan tinggi 32 cm di kedua sisi weeder. Kedua kerangka penyangga disambungkan besi siku di keduanya agar sel surya tidak mudah goyang. Kerangka penopang berbentuk persegi panjang dengan ukuran 68 cm x 54 cm. Kedua ujung tengah kerangka penopang dipasangkan besi plat dengan panjang 20 cm lalu dilubangi dibagian atas besi plat. Di bawah kerangka penopang terdapat bering dengan ukuran diameter 3 cm. Bering tersebut disambungkan dengan besi berbentuk tabung. Ini berfungsi agar kerangka penopang dapat bergerak ke depan dan ke belakang.

Setelah itu lobangi sel surya menggunakan bor di bagian tengah kerangka depan dan belakang. Letakkan sel surya pada plat besi yang telah dilubangi lalu disambungkan sel surya dengan plat besi dengan menggunakan mur. Sel surya dihubungkan pada baterai 5Ah/12V. Baterai dihubungkan kembali pada terminal daya untuk mengalirkan listrik pada arduino mega. Setelah arduino hidup maka *weeder* listrik akan hidup dan sistem pelacak juga akan mulai beroperasi.

### 3.9. Kalibrasi dan Validasi Sensor

Pada tahapan kalibrasi bertujuan untuk menentukan nilai keluaran alat dengan cara membandingkan dengan nilai keluaran alat pada alat ukur standar. Pada alat ini akan dilakukan kalibrasi pada sensor LDR dengan aktuator alat ukur intensitas cahaya matahari lux meter.

Pengkalibrasian dilakukan dengan cara membandingkan kerja sensor dengan kalibrator secara bersamaan pada keadaan berbeda dan terkontrol. Selanjutnya nilai kalibrator dan sensor dimasukkan kedalam *microsoft excell* dan dibuat dalam bentuk grafik regresi untuk mendapatkan nilai x. Persamaan yang di dapat pada grafik itu adalah

$$y = ae^{bx} \dots\dots\dots(2)$$

Nilai persamaan yang didapat lalu dimasukkan kedalam program *software Arduino* IDE yang selanjutnya diupload ke microcontroller Atmega2560. Nilai sensor yang telah dimasukkan lalu dibandingkan kembali dengan validtor dan dilihat nilainya untuk mendapatkan nilai *root square mean square error* (RMSE) dari sensor yang digunakan. Berikut persamaan RMSE yang digunakan:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

N = jumlah data

$O_i$  = Nilai observasi ke I

$P_i$  = Nilai prediksi ke i

### 3.10. Pengujian Alat

Pengujian alat ini meliputi: pengujian pengaruh posisi/sudut matahari terhadap keluaran sel surya, pembuatan sistem pelacak, pengujian sistem pelacak, dan pengambilan data serta analisa data. Pada penelitian ini akan diambil data keluaran panel sel surya dengan pelacak dan panel sel surya diam. Keluaran tersebut akan dihitung dalam bentuk energi selama pengukuran yang kemudian dibandingkan keduanya.

#### 3.10.1. Respon Sistem

Respon sistem merupakan perubahan perilaku output terhadap perubahan sinyal input. Respon sistem dibagi menjadi dua, yaitu respon transient dan respon steady state. Respon transient digunakan untuk mengukur waktu saat sistem pertama kali digunakan hingga mencapai steady state. Respon steady state digunakan untuk mengukur waktu saat sistem telah berada pada keadaan stabil hingga waktu tidak terhingga (Wiratama, 2019). Respon sistem juga bisa digunakan untuk mengetahui jenis sinyal masukan terhadap karakteristik sistem berdasarkan kurva. Jenis sinyal masukan ini dapat dilihat dari bentuk masukan yang sering terjadi

pada sistem. Jika masukannya berupa fungsi waktu yang tidak ditentukan, maka termasuk dalam fungsi ramp. Jika sistem diberikan gangguan secara bertahap, maka termasuk dalam fungsi tangga (step), dan jika sistem diberikan gangguan kejut, maka termasuk dalam fungsi impulse (Ogata, 1985).

### **3.10.2. Stabilitas**

Stabilitas merupakan hal penting yang harus diperhatikan karena stabilitas berhubungan dengan kemampuan kinerja suatu alat yang tetap dalam jangka waktu yang lama. Stabilitas sangat berpengaruh terhadap gerak pada servo untuk penangkapan cahaya matahari yang maksimal. Jika sensor cahaya dan servo tidak stabil maka akan mengganggu dalam penangkapan cahaya sehingga berpengaruh terhadap energi yang dihasilkan oleh sel surya.

### **3.11. Pengambilan Data**

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data keluaran panel sel surya dengan dengan sistem pelacak dan sel surya tanpa sistem pelacak (diam). Pengambilan data dilakukan pada pukul 09.00 WIB, 12.00 WIB, dan 15.00 WIB WIB. Data yang diambil adalah data voltase yang dikeluarkan oleh sel surya pada ketiga waktu tersebut dengan menggunakan sel surya pelacak dan sel surya diam. Data kedua mengambil data pada ketiga waktu tersebut dengan kondisi *weeder* listrik beroperasi selama 10 menit dalam kondisi beroperasi di tempat untuk mengetahui apakah daya pada *weeder* listrik bertambah atau berkurang dengan menggunakan system sel surya pelacak dan system sel surya diam. Lalu yang ketiga mengambil data dengan ketiga waktu tersebut tetapi dalam kondisi *weeder* listrik beroperasi dan bergerak secara acak selama 10 menit dengan sistem sel surya pelacak dan sel surya diam untuk mengetahui apakah baterai bertambah atau malah berkurang.

### **3.11.1. Konsumsi Daya**

#### **3.11.1.1. Tegangan (V)**

Tegangan listrik dapat diartikan sebagai beda potensial listrik diantara dua titik dalam rangkaian listrik. Penyebab adanya tegangan listrik yaitu diakibatkan dari resistensi di dalam rangkaian listrik menahan aliran arus yang mengalir.

Tegangan listrik adalah sebuah energi yang dibutuhkan oleh muatan listrik untuk berpindah tempat. Tegangan listrik dibagi menjadi 2 jenis yaitu tegangan DC dan tegangan AC. Penelitian ini menggunakan tegangan DC (tegangan searah) yang bersumber dengan aki dan diukur dengan digital multimeter. Tujuan pengukuran ini adalah untuk mendapatkan nilai V yang akan digunakan dalam mencari nilai daya. Satuan dari tegangan adalah volt (V).

#### **3.11.1.2. Kuat Arus (I)**

Kuat arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang bergerak (mengalir) melalui satu titik di dalam rangkaian listrik persatuan waktu. Satuan dari kuat arus (I) adalah ampere (A). Pengukuran kuat arus dalam penelitian ini adalah untuk digunakan dalam perhitungan jumlah konsumsi daya suatu beban.

Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan watt meter. Cara penggunaannya adalah menghubungkan vcc servo pada kabel input wattmeter. Lalu ground servo dihubungkan dengan kutub negative pada kutub negative pada aki. Setelah semuanya terhubung lalu hidupkan watt meter dengan cara menghubungkan vcc dan ground pada aki yang akan digunakan.

#### **3.11.1.3. Daya (W)**

Daya listrik adalah total energi yang diserap atau dihasilkan di dalam rangkaian listrik. Daya dapat diartikan sebagai besarnya usaha memindahkan muatan persatuan waktu atau jumlah energi yang dimanfaatkan tiap detik. Satuan internasional daya adalah joule detik (watt). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsumsi daya dari motor servo. Untuk mendapatkan nilai daya bisa

di dapatkan dengan cara mengkalikan tegangan (V) dengan arus (I) sesuai dengan persamaan berikut:

$$P = V \times I \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

P = daya listrik (watt)

V = tegangan listrik (volt)

I = arus listrik (A)

### 3.11.2. Kecepatan Pemindahan Servo

Kecepatan adalah besaran vektor yang menunjukkan seberapa cepat benda berpindah. Kecepatan juga dapat didefinisikan adanya sebuah jarak yang akan di tempuh terhadap benda di setiap unit waktu. Satuan internasional kecepatan adalah m/s untuk mendapatkan nilai sebuah kecepatan maka yang diperlukan adalah jarak benda bergerak dari titik awal ke titik lainnya dan waktu yang dibutuhkan benda tersebut bergerak dari titik awal untuk sampai ke titik yang dituju. Setelah didapat jarak dan waktunya, untuk mendapatkan kecepatannya adalah dengan membagi jarak dengan waktu sesuai pernyataan berikut:

$$vel = s / t \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

vel = kecepatan (m/s)

s = jarak (m)

t = waktu (s)

### 3.11.3. Akurasi Servo

Akurasi merupakan pengukuran ketepatan dan kemiripan hasil pada waktu yang sama dengan membandingkan terhadap nilai absolut. Akurasi menjangkau pengukuran aktual mendakati ukuran standar, yaitu tepat sasaran. Oleh sebab itu, semakin mendekati ukurannya, semakin tinggi level akurasi. Cara perhitungan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Telaumbanua dkk, 2014).

$$\text{Keakurasian} = \left( 1 - \frac{\left( \frac{\sum_{i=1}^n (SP - NA_i)}{n} \right)}{SP} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

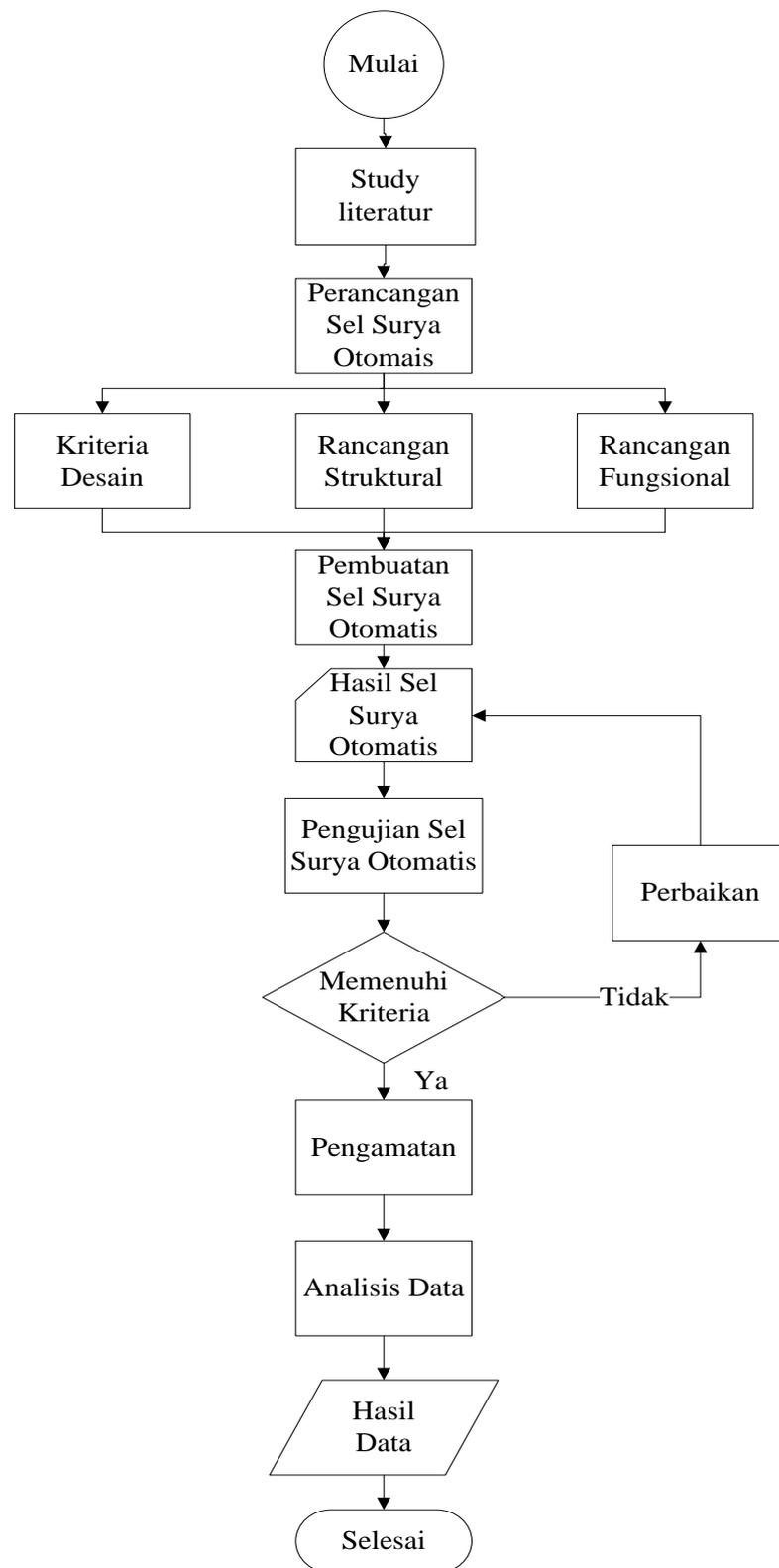
SP = Nilai setting point

NA<sub>i</sub> = Nilai aktual ke-i

n = Jumlah data

Pengambilan nilai akurasi dilakukan dengan cara mengukur perubahan sudut yang dibuat oleh sel surya dengan sudut dari sinar datang.

### 3.12. Diagram Alir Penelitian



Gambar 17. Diagram alir rancang bangun sel surya pada weeder listrik

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Telah dihasilkan rancangan sel surya sebagai energi penggerak *weeder* listrik dengan mengubah energi matahari menjadi energi listrik.
2. Hasil dari pengujian perbandingan sel surya diam dengan sel surya bergerak didapat rerata penambahan voltase pada baterai dikeseluruhan percobaan pada setiap waktu untuk sel surya diam adalah 0,09 volt dan pada sel surya bergerak adalah 0,11 volt.
3. Sel surya pada *weeder* listrik sangat stabil dan mampu mempertahankan sudut yang dibentuk. Kecepatan respon terbesar adalah saat sel surya bergerak kearah sudut  $x$  dengan nilai 27,74 cm/s.

### 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Ukuran pulley pada servo harus lebih besar agar sudut yang dibentuk oleh sel surya sama dengan sudut yang di bentuk oleh servo.
2. Tali yang digunakan yang lebih kuat agar tidak mudah putus saat ada gesekan dalam menarik sel surya atau bisa menggunakan roll untuk mengurangi gesekan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditia, F.R. 2017. *Perancangan Tenaga Surya Lampu Celup Bawah Air (LACUBA) pada Bagan Apung*. (Skripsi). Institut Teknologi Sepuluh. November Surabaya.
- Aditiyan, N. 2015. *Karakterisasi Panel Surya Model Sr-156p-100 Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Arikundo, F.R. & Hazwi, M. 2014. Rancang bangun Prototype Kolektor Surya Tipe Plat Datar untuk Penghasil Panas pada Pengering Produk Pertanian dan Perkebunan. *Jurnal e-Dinamis. Universitas Sumatera Utara. Medan.*, 10(4): 194–203.
- Assidiq, H. 2017. Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Efisiensi Sel Fotovoltaik. *Media Sains. Jurusan Teknik mesin Politeknik Kotabaru. Kotabaru*, 10(2): 162–171.
- Buwono, M.C. 2010. *Rancang Bangun Sistem Pengendali Pengisian Arus Sel Surya dengan Konfigurasi Seri Paralel*. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok.
- Dewi, A.Y. & Antonov. 2013. Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Suplai Cadangan pada Laboratorium Elektro Dasar di Institut Teknologi Padang. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(3): 20–28.
- Grandio, O. 2012. *Pengendali Tingkat Intensitas Cahaya pada Ruangan Menggunakan PID*. Proyek Akhir. Riau: Politeknik Caltex Riau.
- Hansen, A.D., Sorensen, P., Hansen, L.H. & Bindner, H. 2000. Model for a Stand-Alone PV System. *Riso National Laboratory. Roskilde*.
- Iqtimal, Z., Devi, I. & Syahrizal. 2018. Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air. *Jurnal Online Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.*, 3(1): 1–8.
- Izah, L. 2009. *Pengaruh Ekstrak Beberapa Jenis Gulma Terhadap Perkecambahan Biji Jagung (Zea mays L.)*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.

- Jansen, T.J. 1995. *Teknologi Rekayasa Sel Surya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.: 238.
- KBBI. 2009. Arti kata stabil. *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Online*. <https://kbbi.web.id/stabil> 10 April 2021.
- Kholiq, I. 2015. Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal IPTEK. Universitas Wijaya Putra. Surabaya*, 19(2): 75–91.
- Khuzzai, Ri. 2018. *Prototipe Sistem Kendali Kran Elektrik Pada Meteran Air PDAM Berbasis Aplikasi Android*. (Skripsi). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Kusuma, Y.W.J., Soedjarwanto, N., Trisanto, A. & Despa, D. 2015. Rancang Bangun Penggerak Otomatis Sel Surya Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Mikrokontroler Atmega 16. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 9(1): 11–20.
- Mardhi, A., Heru, B.G., S, E., Deswandri & Sunaryo, G.R. 2017. Monitoring Tegangan LDR Menggunakan Arduino Mega-2560 Berbasis LabView Untuk Pengukuran Kerapatan Aerosol. *Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir. Makasar.*, 3(2): 147–154.
- Martin, R. 2016. *Sistem Kendali Palang Pintu Otomatis Menggunakan Barcode Berbasis Mikrokontroler ATmega 328p-pu pada Pintu Masuk Perpustakaan Unila*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Muttaqin, I., Irhamni, G. & Agani, W. 2016. Analisa Rancangan Sel Surya dengan Kapasitas 50 Watt untuk Penerangan Parkiran Uniska. *Jurnal Teknik Mesin Uniska*, 1(2): 33–39.
- Naradi, M.K. 2013. *Pengujian Sensor LDR Sebagai Sensor Warna Berbasis Mikrokontroler*. Progam Studi Tekno Elektro. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok.
- Ogata, K. 1985. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan) Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Ramadhani, M.A. 2018. *Rancang Bangun Penangkap Hama Wereng dengan Tenaga Surya*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Riyadi, A. 2016. *Metode Pengendalian Gulma untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil pada Beberapa Varietas Tanaman Kedelai (Glycine Max (L). Merrill)*. (Skripsi). Universitas PGRI Yogyakarta. Yogyakarta.
- Rochman, S. & Sembodo, B.P. 2014. Rancang Bangun Alat Kontrol Pengisian Aki untuk mobil listrik Menggunakan Energi Sel Surya dengan Metode Sequensial. *Jurnal Teknik WAKTU*, 12(2): 61–66.

- Rusman. 2015. Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell dengan Kapasitas 50 WP. *Jurnal Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah. Metro*, 4(2): 84–90.
- Sirait, S., Saptomo, S.K. & Purwanto, M.Y.J. 2015. Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Irigasi Pipa Lahan Sawah Berbasis Tenaga Surya. *Jurnal Irigasi. Bogor*, 10(1): 21–32.
- Sulistiyowati, R. & Febriantoro, D.D. 2012. Perancangan Prototype Sistem Kontrol dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal IPTEK*, 16(1): 24–32.
- Telaumbanua, M., Purwantana, B., Haryanto, A. & Wisnu, F.K. 2019. Controlled Electrical Conductivity (EC) Of Tofu Wastewater As A Hydroponic Nutrition. *Procedia Enviromental Science, Engeneering and Management*, 6(3): 453–463.
- Telaumbanua, M., Purwantana, B., Sutiarmo, L. 2014. Rancang Bangun Aktuator Pengendali Iklim Mikro di Dalam Greenhouse untuk Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica rapa var. parachinensis L.*). *Jurnal Agritech*, 34(2): 213–222
- Widodo, D.A., Suryono & A, T. 2010. Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(2): 133–138.
- Wiratama, W. 2019. *Rancang Bangun Perangkat Serangga Hama Tanaman Kakao Menggunakan Sistem Kendali Mikrokontroler Arduino Uno.* (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Yuwono, B. 2005. *Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51.* (Skripsi). Universitas Sebelas Maret. Surakarta.