

RANCANG BANGUN ALAT PENCACAH RUMPUT MENGGUNAKAN MOTOR DC DAN SOLAR PANEL DENGAN INTERNET OF THINGS SEBAGAI MONITORING

Oleh :

Wenda Saputra¹, Didik Notosudjono², Agustini Rodiah Machdi³

ABSTRAK

Masyarakat petani masih menggunakan proses pencacahan rumput dengan manual menggunakan pisau/golok, adapun menggunakan energi konvensional memiliki beberapa kelemahan yang mesti di perhatikan. Oleh karena itu menawarkan solusi yang efisien dan inovatif bagi petani dalam meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan teknologi modern. Keunggulan dari alat yang dirancang yaitu memanfaatkan panel surya sebagai sumber listrik utama, dilengkapi dengan fitur pemantauan jarak jauh melalui *smartphone*, serta otomatisasi dalam pengoperasiannya. Alat ini bisa menjadi langkah awal menuju sistem peternakan yang lebih maju dan ramah lingkungan. Perancangan ini bermaksud untuk mengembangkan alat pencacah rumput dengan menggunakan motor DC menyala secara otomatis ketika adanya rumput dan alat mati ketika tidak adanya rumput selama 6 detik, memantau tempat pakan menggunakan telegram dengan lampu LED sebagai indikator ketika tempat pakan penuh maka lampu LED akan menyala pada saat tempat pakan habis akan mati. Alat pencacah rumput ini menyimpan energi matahari dengan efektif sehingga mampu mengoperasikan alat lebih optimal. Conveyor membawa hasil cacahan rumput langsung ke tempat pakan secara otomatis tanpa mengurangi kebutuhan tenaga manusia serta meningkatkan produktivitas peternakan. Alat pencacah rumput ini mampu memantau tempat pakan, tegangan, arus, dan daya menggunakan *smartphone* dengan maksimal jarak 45 meter. Pada panel surya 20 Wp daya paling tinggi yang dihasilkan sebesar 20,5 watt dan daya paling rendah panel surya yaitu sebesar 7,6 watt, alat pencacah rumput ini dapat bekerja sesuai yang direncanakan dan berhasil melakukan pencacahan rumput dengan baik.

Kata Kunci : *Solar Cell, Pencacah Rumput, Internet Of Things, Smartphone*

ABSTRACT

Farmers still use the manual grass chopping process using a knife/machete, while using conventional energy has several disadvantages that need to be considered. Therefore, it offers an efficient and innovative solution for farmers in increasing productivity by utilizing modern technology. The advantages of the designed tool are utilizing solar panels as the main source of electricity, equipped with remote monitoring features via smartphones, and automation in its operation. This tool can be the first step towards a more advanced and environmentally friendly livestock system. This design intends to develop a grass chopper using a DC motor that turns on automatically when there is grass and the tool turns off when there is no grass for 6 seconds, combining the feeder using a telegram with LED lights as an indicator when the feeder is full, the LED light will turn on when the feeder runs out will turn off. This grass chopper effectively stores solar energy so that it can operate the tool more optimally. The conveyor carries the chopped grass directly to the feeder automatically without reducing human energy needs and increasing livestock productivity. This grass chopper is able to connect the feeder, voltage, current, and power using a smartphone with a maximum distance of 45 meters. On a 20 Wp solar panel, the highest power produced is 20.5 watts and the lowest power of the solar panel is 7.6 watts. This grass chopper can work as planned and successfully chop grass well.

Keywords: *Solar Cell, Grass Chopper, Internet of Things, Smartphone*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumput merupakan sumber makanan utama bagi hewan ternak untuk dapat bertahan hidup berproduksi serta berkembang biak. Salah satu manfaat rumput ialah untuk pakan hewan ternak yang mana banyak mengandung zat gizi yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan bagi hewan ternak itu sendiri. Dan rumput juga menjadi makanan utama bagi hewan ternak contohnya sapi, kambing, kerbau, domba dan lain-lain. Hewan ternak ketika makan rumput yang panjang tidak memakan batangnya karena keras, maka dari itu rumput dicacah supaya batangan atau rumput bisa menjadi potongan kecil dan mampu membuat nafsu makan bagi hewan ternak. Peternak membutuhkan alat bantu agar dalam proses mencacah rumput dapat menghemat waktu dan tenaga yang dikeluarkan, sehingga dalam mencacah diperlukan waktu yang singkat [1] [2].

Penelitian sebelumnya alat rancang bangun mesin pencacah rumput gajah daya 373 watt menggunakan pisau dengan sudut 45 menggunakan Material Stainless Steel 304. Berdasarkan permasalahan yang sedang dihadapi maka dirancang suatu alat rancang bangun alat pencacah rumput sebagai pakan ternak menggunakan motor DC dan pembangkit listrik tenaga surya dengan *internet of things* (IoT) sebagai monitoring. Adapun pengembangan pada alat ini yaitu menggunakan sensor *infrared* untuk menggerakkan mesin pancacah rumput dengan sensor *infrared* alat ini dapat berfungsi dengan optimal. Dengan menggunakan mesin DC serta pemanfaatan solar panel sebagai sumber utama, untuk pencacah rumput sebagai pakan ternak dapat menjadi solusi yang baik dan berkelanjutan ramah lingkungan, solar panel dapat menghasilkan tegangan listrik dan mampu menggerakkan motor DC dengan sensor *infrared* yang kemudian mencacah rumput, hasil cacah rumput dengan otomatis mengisi tempat makan ternak menggunakan conveyor. Alat pencacah rumput sebagai pakan ternak ini lebih cepat dan menghemat biaya. Alat ini juga dapat terhubung ke internet sehingga dapat memantau pakan ternak dan tegangan alat tersebut [3].

II. DASAR TEORI

2.1 Rumput

Rumput ternak adalah jenis rumput yang ditanam dan dipelihara khusus untuk dijadikan pakan bagi hewan ternak seperti sapi, kambing, domba, dan kuda. Rumput ternak dipilih berdasarkan kandungan nutrisinya yang tinggi, daya tahan terhadap pemotongan berulang, serta kemampuannya untuk tumbuh dengan cepat dan dalam berbagai kondisi lingkungan. [4].

2.2 Panel Surya (Solar Cell)

Panel surya atau sel surya (*Solar Cell*) adalah perangkat yang dapat mengubah energi dari matahari menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC). Arus ini kemudian dikonversi menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter, yang juga memiliki kemampuan untuk mengatur sistem secara otomatis. Energi listrik yang dihasilkan dibagikan melalui panel distribusi indoor untuk memenuhi kebutuhan listrik peralatan. Gambar 1 menampilkan contoh panel surya yang digunakan jenis polikristal [5].



Gambar 1. Panel Surya Jenis Polikristal

2.3 Menentukan Jumlah Panel Surya

Dalam merencanakan penggunaan modul panel surya, perancang PLTS harus pertama-tama mempertimbangkan durasi paparan sinar matahari. Persamaan yang digunakan untuk mengukur durasi paparan sinar matahari menggunakan persamaan 1 sebagai berikut [6]:

Waktu radiasi =

$$\frac{\text{Radiasi rata-rata } \left(\frac{Wh}{M^2}\right)}{\text{Intensitas radiasi modul surya (jam)}} = \text{Jam....(1)}$$

Setelah mengetahui waktu radiasi matahari, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk menentukan energi listrik rata-rata yang dapat dihasilkan oleh modul panel surya. Cara menghitung energi yang dihasilkan oleh modul panel surya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2 sebagai berikut ini [6]:

$$E_{\text{Modul}} = P_{\text{modul}} \times \text{Waktu radiasi} = Wh \dots \dots \dots (2)$$

Setelah angka tersebut, jumlah modul panel surya yang akan digunakan ditentukan dengan menggunakan regenerasi baterai, di mana pengisian baterai dilakukan tanpa beban. Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah modul panel surya menggunakan persamaan 3 sebagai berikut ini [6]:

$$\text{Jumlah modul} = \frac{E_{\text{total}} \times t_{\text{otonomi}}}{E_{\text{energi modul}} \times t_{\text{regenerasi}}} = \text{Modul} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- P_{modul} = Kapasitas panel surya (Wp)
- E_{total} = Total beban (watt) otonomi
- T_{otonomi} = Kemampuan mensuplai beban tanpa ada cahaya matahari (Jam)
- $T_{\text{regenerasi}}$ = Waktu penyinaran matahari (Jam)

2.5 Baterai

Sebuah baterai terdiri dari minimal dua sel elektro kimia, dimana energi kimia yang tersimpan diubah menjadi energi listrik. Setiap sel memiliki dua kutub, yaitu katoda yang positif dan anoda yang negatif. Perbedaan tanda kutub menunjukkan perbedaan energi potensial, dimana kutub positif memiliki energi potensial yang lebih tinggi. Baterai yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2 berikut [7]:



Gambar 2. Batrai Monoqiqi

2.6 Menentukan Kapasitas Baterai

Dalam merancang sistem PLTS, penting untuk memperhitungkan kapasitas baterai yang digunakan dengan teliti. Langkah awal dalam menghitung kapasitas baterai adalah menentukan muatannya terlebih dahulu. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 4 yang diberikan sebagai berikut [6]:

$$Q_{\text{baterai}} (Ah) = \frac{Wh}{V_{\text{op}}} = A \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

Q_{baterai} = Muatan baterai (Ah)

V_{op} = Tegangan operasi baterai (volt)

Wh = Kebutuhan energi listrik per hari (Wh)

Setelah diketahui muatan baterai, langkah selanjutnya adalah menghitung kapasitasnya. Cara menentukan kapasitas baterai dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 5 sebagai berikut : [6]

$$C_{\text{baterai}} (Ah) = Q_{\text{baterai}} \frac{t_{\text{otonomi}}}{DOD_{\text{baterai}}} = Ah \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

- Q = Muatan baterai (Ah)
- C = Kapasitas baterai (Ah)
- t_{otonomi} = Kemampuan mensuplai beban tanpa ada cahaya matahari (Jam)
- DOD_{baterai} = Tingkat pengosongan baterai (%)
- V_{op} = Tegangan operasi (volt)
- W = Kebutuhan listrik per hari (W)

Panel surya digunakan untuk mengisi baterai di siang hari. Hal ini memungkinkan kita untuk memperkirakan waktu yang diperlukan untuk mengisi penuh baterai berkapasitas 12 Ah 12 VDC dengan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut ini [6]:

$$\text{Estimasi Waktu Charge} = \frac{\text{Kapasitas baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{Arus panel surya}} = \text{Jam} \dots \dots \dots (6)$$

Karena baterai akan digunakan untuk menghidupkan alat pencacah rumput dengan adanya beban, maka kapasitas energi baterai pun akan menyusut oleh karena itu untuk dapat mengetahui estimasi yang dibutuhkan untuk discharge baterai dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut ini [6]:

$$\text{Estimasi Waktu dis - charge} = \frac{\text{Kapasitas baterai} \times \text{Tegangan baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{Beban yang digunakan}} \text{Jam} \dots \dots \dots (7)$$

2.7 Solar Charge Controller (SCC)

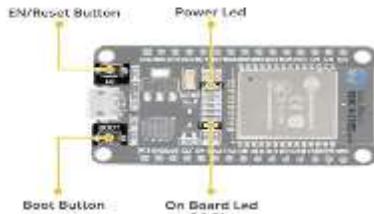
Merupakan perangkat elektronik yang bertugas mengendalikan arus masuk ke baterai dari panel surya dan arus keluar dari baterai menuju beban.. Solar Charger Controller yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini [8].



Gambar 3. Solar Charger Controller

2.8 ESP32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang dibuat oleh Espressif System yang berbasis di Shanghai. Dirancang untuk menjadi solusi jaringan *wifi* independen dan sebagai penghubung antara mikrokontroler dengan *wifi*, serta mampu menjalankan aplikasi secara mandiri. Mikrokontroler ini memiliki harga terjangkau dengan fitur *wifi* dan Bluetooth terintegrasi. Contoh diagram ESP32, dilihat pada gambar 4 di bawah ini [9]:



Gambar 4. Pin Modul Esp32

2.9 Modul DC Step Down LM2596

Sebuah komponen monolitik yang menjadi inti dalam sistem penyediaan daya DC turun (step down), menanggung tanggung jawab untuk semua fungsi aktif dalam regulasi *switching* step-down (buck). Komponen ini mampu menangani beban arus maksimum hingga 3A. Ilustrasi DC Step Down LM2596 dapat di lihat pada gambar 5 di bawah ini [10]:



Gambar 5. DC Power Supply Ic Lm2596

2.10 Relay

Saklar yang dioperasikan oleh arus listrik, relay memiliki kumparan dengan tegangan rendah yang melilit inti. Ada armatur besi yang tertarik ke arah inti ketika arus mengalir melalui kumparan. Relay dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini [11].



Gambar 6. Relay

2.11 Sensor Tegangan

Sensor tegangan merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur tegangan dalam peralatan elektronik. Biasanya, sensor tegangan terdiri dari sebuah rangkaian pembagi tegangan yang dikenal sebagai *Voltage divider*. Sensor tegangan dapat dilihat pada gambar 7 di bawah ini [12].



Gambar 7. Sensor Tegangan

2.12 Sensor Infrared

Sensor inframerah, juga dikenal sebagai detektor IR, merupakan komponen elektronik yang mengenali radiasi cahaya inframerah. Saat ini, sensor ini sering diintegrasikan ke dalam modul tunggal yang disebut sebagai IR Detector Photomodules. Sensor inframerah dapat dilihat pada gambar 8 di bawah ini [13]:



Gambar 8. Sensor Infrared

2.13 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sebuah perangkat yang menggunakan gelombang frekuensi 40Hz. Salah satu contoh dari sensor ultrasonik adalah HC-SR04, yang berguna untuk mengukur jarak antara sensor dan objek di depannya. Sensor ultrasonik dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini [14].



Gambar 9. Sensor Ultrasonik

2.14 Motor DC 775

Salah satu tipe motor listrik DC yang memiliki dimensi dan kapasitas daya yang lebih besar dibandingkan dengan motor DC N20. Dibandingkan dengan motor DC N20, motor DC 775 umumnya memiliki dimensi yang lebih besar dan kapasitas daya yang lebih tinggi. Karena karakteristik ini, motor DC 775 sangat cocok digunakan dalam aplikasi yang memerlukan torsi dan kekuatan yang lebih besar. Sebuah contoh dari motor DC 775 dapat dilihat pada gambar 10 di bawah ini [15].



Gambar 10. Motor DC 775

2.15 Motor DC N20

Sebuah perangkat yang dipergunakan untuk menggerakkan objek seperti roda pada robot beroda, memutar keping kaset CD pada pemutar DVD, menggerakkan baling-baling pada kipas angin, dan sejenisnya. Motor DC berfungsi sebagai pengubah energi dari listrik menjadi gerakan mekanis. Dapat melihat motor DC N20 pada gambar 11 di bawah ini [16].



Gambar 11. Motor DC N20

2.16 Motor Servo MG996R

Merupakan sebuah alat elektronik yang memiliki peran sebagai penggerak dalam sebuah rangkaian. Alat ini terdiri dari beberapa komponen, seperti motor DC, rangkaian kontrol, serangkaian gear, dan potensiometer. Motor servo MG996R dapat dilihat pada gambar 12 di bawah ini [17].



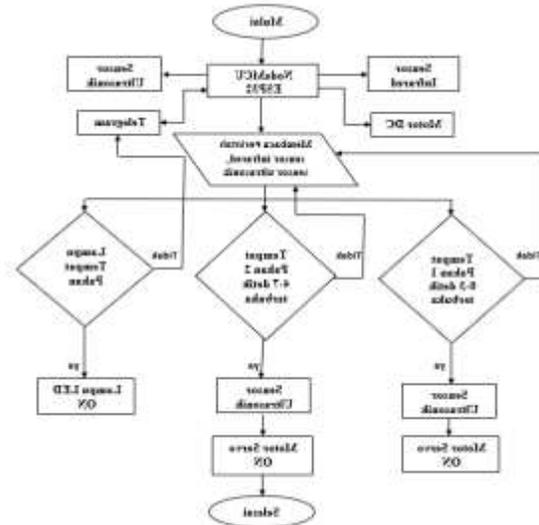
Gambar 12. Motor Servo Mg996r

2.17 Internet of Things (IoT)

Menyematkan teknologi seperti sensor dan perangkat lunak ke dalam objek untuk memungkinkannya berkomunikasi, mengontrol, memantau, dan berbagi data melalui internet. [18].

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Diagram Alir Secara Keseluruhan



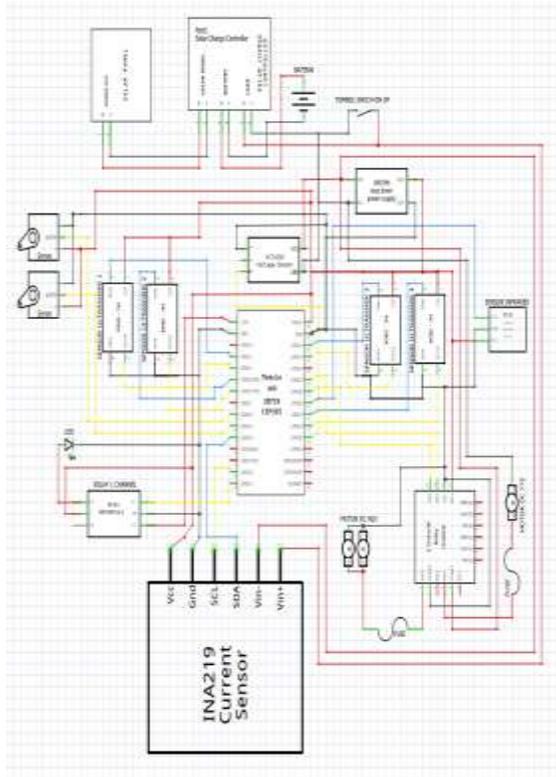
Gambar 13. Diagram Alir Alat Pencacah Rumput

Rencana sistem yang diterapkan dalam alat ini mencakup suplai daya yang berasal dari baterai. Pengisian baterai dilakukan menggunakan Solar Charge controller (SCC), yang berfungsi untuk mengatur proses pengisian dan pengosongan baterai serta melindunginya dari kerusakan akibat tegangan berlebih.

Selanjutnya adalah pada pengendalian alat pencacah rumput ini menggunakan ESP32, sensor *infrared*, sensor ultrasonik dan modul sensor tegangan, motor servo, motor DC, dan lampu LED. Mikrokontroler akan memproses dan mengeksekusi pada saat rumput di masukan ke alat tersebut untuk dicacah, maka dari itu motor DC akan bekerja secara otomatis, menghantarkan rumput melalui konveyor ke tempat pakan dan ada indikator lampu LED jika lampu menyala maka tempat pakan sudah habis begitu sebaliknya lalu selanjutnya untuk mengetahui pakan ternak dan tegangan dari jarak jauh bisa melalui smartphone menggunakan aplikasi telegram.

3.2 Perancangan Rangkaian Secara Keseluruhan

Rancangan keseluruhan merupakan hasil gabungan dari semua rancangan yang telah dirancang pada sub-bab sebelumnya, yang disusun menjadi sistem pengendalian pada perancangan alat yang sedang dipersiapkan. Dapat dilihat pada gambar 14 menampilkan perancangan rangkaian dari rancangan alat secara keseluruhan.



Gambar 14. Rangkaian Skematik Secara Keseluruhan

3.3 Desain Kontruksi Alat Pencacah Rumput

Pada perancangan desain konstruksi alat pencacah rumput digunakan *software* sketchup. Gambar 15 berikut ini menampilkan hasil desain perancangan konstruksi alat yang dirancang.



Gambar 1 Desain Kontruksi Alat Pencacah Rumput

Berikut terdapat gambar 16 konstruksi alat pencacah rumput.



Gambar 16 Konstruksi Alat Pencacah Rumput

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Dan Analisis Panel Surya

Berdasarkan hasil pengujian pada panel surya yang telah dilakukan pada hari pertama dengan cuaca cerah berawan, pada hari kedua dengan cuaca mendung, pada hari ketiga cuaca cerah berawan dan mendung. Sebuah grafik perbandingan daya telah dihasilkan oleh panel surya yang ditampilkan pada gambar 17 di bawah ini.



Gambar 17. Grafik Perbandingan Daya Dan Waktu Panel Surya

Dari hasil pengukuran hari pertama, kedua dan hari ketiga yang dilakukan pada pukul 10.00 sampai pukul 14.30, daya yang paling tinggi dihasilkan oleh panel surya yaitu pada hari pertama pada pukul 12.00 yaitu sebesar 20,5 watt, hal ini dikarenakan langit sedang dalam keadaan cerah berawan dan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya tinggi. Dan daya paling rendah yang dihasilkan oleh panel surya yaitu pada hari kedua pada pukul 14.30 yaitu sebesar 7,6 watt, hal ini dikarenakan langit sedang dalam kondisi mendung sehingga intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya menjadi redup karena tertutup awan.

Dari tabel 1,2 dan 3 diketahui daya maksimal yang dihasilkan panel surya dalam tiga hari pengujian pada hari pertama yaitu 20,5 watt.

4.2 Perhitungan Kapasitas Baterai Dan Panel Surya

Penetapan pasokan energi listrik bertujuan untuk memperkirakan jumlah daya yang dibutuhkan sesuai dengan beban pada alat pencacah rumput, dengan durasi penggunaan sekitar 5 jam. Tabel 1 menampilkan data beban yang digunakan pada saat pengujian.

Tabel 1. Beban Terpasang Pada Alat Pencacah Rumput

No	Komponen	Beban (watt)	T (Jam)	Energi (Wh)
1	Esp32	0,36	5Jam	1,80
2	Step Down	0,18		0,09
3	Relay 1 Channel	0,03		0,15
4	Relay 2 Channel	0,05		0,25
5	Sensor Tegangan	0,12		0,60
6	Sensor Arus INA219	0,13		0,65
7	Sensor Infrared	0,11		0,55
8	Sensor Ultrasonik	0,44		2,20
9	Motor DC 775	10,02		50,10
10	Motor DC 12N20	7,58		37,90
11	Motor Servo	3,72		18,60
12	Lampu LED	0,04		0,20
Total		25,00		113,09

Untuk mengetahui berapa kapasitas baterai yang digunakan untuk menghidupkan beban yang terpasang seperti yang ditampilkan pada tabel 1 dengan penggunaan beban selama 5 jam pada siang hari dengan total kebutuhan energi sebesar 113,09 Wh. Dalam melakukan perhitungan yaitu menggunakan secara ideal yang ada pada di bawah ini dengan persamaan 4.

Untuk mengetahui berapa kebutuhan beban yang di pakai pada alat pencacah rumput sbgai berikut:

$$\text{Total daya} = \frac{\text{watt}}{0,6}$$

$$\text{Total daya} = \frac{25,00}{0,6} = 42 \text{ W} \approx 50 \text{ W}$$

Dari hasil perhitungan di atas yaitu menghasilkan beban 50 watt maka beban yang dibutuhkan adalah 50 watt.

Untuk mengetahui kebutuhan baterai yang dipakai dengan beban 50 watt menggunakan perhitungan di bawah ini:

$$\text{Baterai} = \frac{\text{beban}}{\text{tegangan baterai}}$$

$$\text{Baterai} = \frac{50 \text{ watt}}{12 \text{ volt}} = 4,1 \approx 5 \text{ Ah}$$

Dari hasil perhitungan diatas menghasilkan 5 Ah baterai, maka dari itu kebutuhan baterai yang dipakai 12 volt 5 Ah dengan beban 50 watt.

Untuk mengetahui kebutuhan panel surya yang dipakai dengan beban 50 watt menggunakan perhitungan di bawah ini:

$$\text{Panel surya} = \frac{\text{beban}}{T \text{ (jam)}}$$

$$\text{Panel surya} = \frac{50 \text{ watt}}{5 \text{ jam}} = 10 \text{ Wp} \approx 20 \text{ Wp}$$

(hasil 20 Wp merupakan estimasi dari hasil perhitungan 10 WP)

Dari hasil perhitungan diatas menghasilkan kebutuhan panel surya 20 Wp dengan beban 50 watt menggunakan baterai 12 volt 5Ah.

Untuk mengetahui kebutuhan solar charger controller (SCC) yang dipakai, dengan menggunakan panel surya 20 Wp dan beban 50 watt menggunakan perhitungan di bawah ini:

$$\text{SCC} = \frac{\text{panel surya}}{\text{scc}}$$

$$\text{SCC} = \frac{20 \text{ Wp}}{10 \text{ amper}} = 2 \text{ amper}$$

(hasil perhitungan)

Dari hasil perhitungan diatas menghasilkan kebutuhan solar charger controller (SCC) 2 amper dengan menggunakan panel surya 20 Wp dan beban 50watt.

Hasil perhitungan keseluruhan maka alat pencacah rumput yang menggunakan sumber utama panel surya dengan beban 50 watt membutuhkan komponen sebagai berikut:

Panel surya = 20 Wp

Baterai = 12 volt 5 Ah

Solar charger controller (SCC) = 10 amper
(namun scc di pasaran yang tersedia minimal hanya 10 amper).

Selanjutnya adanya perhitungan pemakaian baterai tidak akan dikosongkan sampai habis 100%, tingkat pengurusan baterai atau biasa

disebut dengan istilah DoD (*Depth of Discharge*) yang biasanya dipakai yaitu 80%, tidak sampai dikuras hingga 100% dari kapasitas baterai tersebut. Hal ini dilakukan agar tidak merusak baterai yang akan memperpendek masa pakai baterai. Menentukan kapasitas baterai yang digunakan dapat ditentukan menggunakan persamaan 5.

$$C_{\text{baterai}} = \frac{Q_{\text{baterai}} \times t_{\text{otonomi}}}{DOD \text{ baterai}}$$

$$C_{\text{baterai}} = \frac{5 \text{ Ah} \times 24 \text{ jam}}{0,80}$$

$$C_{\text{baterai}} = 150 \text{ Ah}$$

Jumlah baterai yang diperlukan untuk mensuplai beban 50 watt dengan ditambah waktu otonomi selama satu hari maka sistem membutuhkan baterai dengan kapasitas 150 Ah. Namun pada alat pencacah rumput ini jenis baterai yang dipilih adalah jenis baterai monoqiqi *deep cycle* 5 Ah 12 volt DC yang berjumlah satu buah.

Lama waktu untuk mengisi baterai memiliki beberapa faktor diantaranya yaitu dari kapasitas baterai yang digunakan. Dengan menggunakan kapasitas baterai 5 Ah dengan efisiensi 80% dan spesifikasi panel surya yang dipakai yaitu mampu menghasilkan arus maksimum sebesar 1,4 A. Persamaan 6 dapat digunakan untuk mengetahui perkiraan waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai.

$$\text{Estimasi Waktu Charge} = \frac{\text{Kapasitas baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{arus panel surya}}$$

$$\text{Estimasi Waktu Charge} = \frac{5 \text{ Ah}}{80\% \times 1,14 \text{ A}} = 5,4 \text{ Jam}$$

Lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi daya pada baterai dengan kapasitas 5 Ah adalah 5,4 jam. Cepat atau lambatnya pengisian baterai tergantung pada arus yang dihasilkan oleh panel surya, semakin besar arus yang dihasilkan, maka akan semakin cepat juga pengisian pada baterai.

Dikarenakan baterai digunakan untuk menyuplai energi ke beban, maka seiring berjalannya waktu daya pada baterai akan habis. Persamaan 7 dapat digunakan untuk mengetahui perhitungan estimasi waktu yang dibutuhkan.

untuk menghidupkan beban dari kondisi baterai dalam keadaan penuh sampai kosong.

$$\text{Estimasi waktu discharge} = \frac{\text{Kapasitas baterai} \times \text{tegangan baterai}}{\text{Efisiensi} \times \text{beban yang digunakan}}$$

$$\text{Estimasi waktu discharge} = \frac{5 \text{ Ah} \times 12 \text{ V}}{80\% \times 50 \text{ W}} = 1,5 \text{ Jam}$$

Dari hasil perhitungan yang didapat dari setiap perhitungan bahwa baterai dengan tegangan 12 volt dan kapasitas 5 Ah yang terpasang beban sebesar 50 watt, maka baterai tersebut bisa bertahan dari baterai terisi penuh sampai baterai kosong selama 1,5 jam.

4.3 Menentukan Jumlah Modul Panel Surya

Pada perhitungan menentukan jumlah modul panel surya, dapat ditentukan dengan berapa beban yang akan digunakan untuk mengetahui total daya yang digunakan pada beban, maka harus diketahui terlebih dahulu lama waktu radiasi rata-rata dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 1 dengan radiasi total rata-rata harian diasumsikan sebesar 4.760 Wh/m².

Lama waktu radiasi (t_r)

$$= \frac{\text{radiasi total matahari} \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}{\text{intensitas radiasi modul surya} \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}$$

$$\text{Lama waktu radiasi} (t_r) = \frac{4.760 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}{1.000 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}} = 4,76 \text{ jam setiap harinya}$$

Hasil perhitungan waktu radiasi rata-rata durasi penyinaran matahari yaitu 4,76 jam. Untuk mengetahui kebutuhan jumlah panel surya yang akan digunakan, dari spesifikasi panel surya yang digunakan, modul panel surya mampu menyuplai energi listrik rata-rata dengan menggunakan persamaan 2.

$$E_{\text{modul}} = P_N \times t_r$$

$$E_{\text{modul}} = 20 \text{ WP} \times 4,76 \text{ Ja} = 95,2 \text{ Wh per jam}$$

Hasil perhitungan persamaan 2 memerlukan waktu 47,6 Wh per jam untuk mengisi ulang baterai hingga penuh. Dengan kebutuhan beban sebesar 113,09 watt per hari dan waktu otonomi

satu hari, banyaknya modul panel surya yang diperlukan untuk memasok kebutuhan ini dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$Jumlah\ Modul\ (N) = \frac{E_{total} \times t_{otonomi}}{E_{modul} \times t_{regenerasi}}$$

$$Jumlah\ Modul\ (N) = \frac{50 \times 24\ jam}{95,2 \times 5,4\ jam}$$

$= 2,3 \approx 3$ buah modul panel surya

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 5 alat pencacah rumput ini hanya membutuhkan 3 buah modul panel surya berkapasitas 20 Wp. Dari total beban yang terpasang yaitu sebesar 50 watt dengan total beban pada alat pencacah rumput 113,09 Wh dan waktu otonomi selama 1 hari, maka sistem pada alat pencacah rumput sudah mencukupi.

4.4 Pengujian Dan Analisis Sensor Infrared

Pengujian ini dilakukan dengan menguji kinerja sensor *infrared* dalam mode otomatis. Proses pengujian melibatkan mendekatkan rumput ke sensor *infrared*, dan alat secara otomatis akan mati selama 6 detik ketika tidak ada rumput atau terdapat jarak penghalang. Hasil pengujian oleh sensor *infrared* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Infrared

Pengujian	Sensor <i>Infrared</i> (cm)	Keterangan
Percobaan Ke-1	5	Alat Menyala
Percobaan Ke-2	10	Alat Menyala
Percobaan Ke-3	15	Alat Menyala
Percobaan Ke-4	20	Alat Tidak Menyala
Percobaan Ke-5	25	Alat Tidak Menyala
Percobaan Ke-6	30	Alat Tidak Menyala

4.5 Pengujian Dan Analisis Sensor Ultrasonik

Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengujian sistem kerja sensor ultrasonik satu, sensor ultrasonik dua, sensor ultrasonik tiga dan sensor ultrasonik empat. Dari keempat sensor tersebut memiliki fungsi dan cara kerja secara otomatis.

4.5.1 Pengujian Dan Analisis Sensor Ultrasonik 1

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian jarak halangan terhadap rumput oleh sensor ultrasonik satu yang berfungsi untuk mendeteksi adanya rumput dan menjalankan motor servo. Hasil pengujian jarak halangan oleh sensor ultrasonik satu dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Jarak Halangan Oleh Sensor Ultrasonik 1

Pengujian	Sensor Ultrasonik 1 (cm)	Keterangan
Percobaan Ke-1	5	Sensor Merespons Dan Motor Servo Merespons
Percobaan Ke-2	10	Sensor Merespons Dan Motor Servo Merespons
Percobaan Ke-3	15	Sensor Merespons Dan Motor Servo Merespons
Percobaan Ke-4	20	Sensor Tidak Merespons Dan Motor Servo Tidak Merespons
Percobaan Ke-5	25	Sensor Tidak Merespons Dan Motor Servo Tidak Merespons
Percobaan Ke-6	30	Sensor Tidak Merespons Dan Motor Servo Tidak Merespons

Setelah dilakukan enam kali pengujian jarak halangan menggunakan sensor ultrasonik satu, pada *datasheet* sensor ultrasonik merespon dengan jarak 4 cm dengan maksimal 4 meter. Dijelaskan bahwa dalam mode kontrol otomatis, sensor ini akan merespons ketika mendeteksi rumput pada jarak 5, 10, dan 15 cm. Motor servo kemudian bergerak dengan sudut 50 derajat untuk memasukkan rumput ke tempat pakan, jika tidak ada rumput pada jarak lebih dari 20 cm sensor ultrasonik dan motor servo tidak akan memberikan respons. Jarak respons dari sensor ultrasonik ini dapat diatur melalui program yang telah dibuat, dengan jarak maksimal sensor mendeteksi mencapai 4 meter.

4.5.2 Pengujian Dan Analisis Sensor Ultrasonik 2

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian jarak halangan terhadap rumput oleh sensor ultrasonik dua yang berfungsi untuk mendeteksi adanya rumput dan menjalankan motor servo. Hasil pengujian jarak halangan oleh sensor ultrasonik dua dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Jarak Halangan Oleh Sensor Ultrasonik 2

Pengujian	Sensor Ultrasonik 2 (cm)	Keterangan
Percobaan Ke-1	5	Sensor Merespons Dan Motor Servo Merespons
Percobaan Ke-2	10	Sensor Merespon Dan Motor Servo Merespons
Percobaan Ke-3	15	Sensor Merespon Dan Motor Servo Merespons
Percobaan Ke-4	20	Sensor Tidak Merespons Dan Motor Servo Tidak Merespons
Percobaan Ke-5	25	Sensor Tidak Merespons Dan Motor Servo Tidak Merespons
Percobaan Ke-6	30	Sensor Tidak Merespons Dan Motor Servo Tidak Merespons

Setelah dilakukan enam kali pengujian terhadap jarak halangan dengan sensor ultrasonik kedua, pada *datasheet* sensor ultrasonik merespon dengan jarak 4 cm dengan maksimal 4 meter. Dapat dianalisis bahwa dalam mode kontrol otomatis, sensor ini akan merespons keberadaan rumput pada jarak 5, 10, dan 15 cm. Motor servo kemudian bergerak 50 derajat untuk memasukkan rumput ke tempat pakan, setelah itu motor servo satu dan dua kembali ke posisi semula, jika tidak ada rumput dan jarak halangan lebih dari 20 cm, sensor ultrasonik kedua dan motor servo dua tidak akan bereaksi. Jarak respons

4.5.3 Pengujian Dan Analisis Sensor Ultrasonik 3

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian jarak halangan terhadap rumput di tempat pakan oleh sensor ultrasonik tiga yang berfungsi untuk mendeteksi adanya rumput. Hasil pengujian jarak halangan oleh sensor ultrasonik tiga dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Jarak Halangan Oleh Sensor Ultrasonik 3

Pengujian	Sensor Ultrasonik 3 (cm)	Lampu LED	Keterangan
Percobaan Ke-1	5	On	Pakan Di Tempat 1 Tersedia
Percobaan Ke-2	10	On	Pakan Di Tempat 1 Tersedia
Percobaan Ke-3	15	On	Pakan Di Tempat 1 Tersedia
Percobaan Ke-4	20	Of	Pakan Di Tempat 1 Tidak Tersedia
Percobaan Ke-5	25	Of	Pakan Di Tempat 1 Tidak Tersedia
Percobaan Ke-6	30	Of	Pakan Di Tempat 1 Tidak Tersedia

Setelah dilakukan enam kali pengujian jarak halangan oleh sensor ultrasonik ketiga, pada *datasheet* sensor ultrasonik merespon dengan jarak 4 cm dengan maksimal 4 meter. Dapat dijelaskan bahwa dalam mode kontrol otomatis, sensor ini akan merespons ketika ada halangan berupa rumput pada jarak 5, 10, dan 15 cm yang ditandai dengan lampu LED menyala menunjukkan bahwa tempat pakan masih tersedia dan juga memberikan respons ke telegram, jika tidak ada rumput atau jarak halangan lebih dari 20 cm sensor ultrasonik ketiga tidak akan merespons dan lampu LED akan mati. Akan tetapi tetap memberikan pemberitahuan ke Telegram bahwa tempat pakan telah habis. Jarak respons sensor ini ditentukan melalui program yang telah dibuat, dengan jarak maksimum deteksi terhadap halangan berupa rumput adalah 4 meter.

4.5.4 Pengujian Dan Analisis Sensor Ultrasonik 4

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian jarak halangan terhadap rumput di tempat pakan oleh sensor ultrasonik empat yang

berfungsi untuk mendeteksi adanya rumput. Hasil pengujian jarak halangan oleh sensor ultrasonik empat dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Jarak Halangan Oleh Sensor Ultrasonik 4

Pengujian	Sensor Ultrasonik 4 (cm)	Lampu LED	Keterangan
Percobaan Ke-1	5	On	Pakan Di Tempat 2 Tersedia
Percobaan Ke-2	10	On	Pakan Di Tempat 2 Tersedia
Percobaan Ke-3	15	On	Pakan Di Tempat 2 Tersedia
Percobaan Ke-4	20	Of	Pakan Di Tempat 2 Tidak Tersedia
Percobaan Ke-5	25	Of	Pakan Di Tempat 2 Tidak Tersedia
Percobaan Ke-6	30	Of	Pakan Di Tempat 2 Tidak Tersedia

Setelah dilakukan enam kali pengujian jarak halangan oleh sensor ultrasonik keempat, pada *datasheet* sensor ultrasonik merespon dengan jarak 4 cm dengan maksimal 4 meter. Dapat jelaskan bahwa dalam mode kontrol otomatis, sensor ini akan merespons ketika ada halangan berupa rumput pada jarak 5, 10, dan 15 cm yang ditandai dengan lampu LED menyala menunjukkan bahwa tempat pakan masih tersedia dan juga memberikan respons ketelegram. Apabila tidak ada rumput atau jarak halangan lebih dari 20 cm sensor ultrasonik keempat tidak akan merespons dan lampu LED akan mati. Akan tetapi sensor ini tetap memberikan pemberitahuan ke telegram bahwa tempat pakan telah habis. Jarak respons sensor ini ditentukan melalui program yang telah dibuat, dengan jarak maksimum deteksi terhadap halangan berupa rumput adalah 4 meter.

4.6 Pengujian Dan Analisis Motor DC 775

Pengujian ini dilakukan untuk mencacah rumput dengan melakukan pengukuran kecepatan menggunakan tachometer pada motor DC 775. Pengujian ini dilakukan untuk melihat kinerja kecepatan motor DC 775 sebagai pencacah rumput apakah sudah maksimal atau belum maksimal dalam melakukan pencacahan rumput. Hasil pengukuran kecepatan pada motor DC 775 dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kecepatan Motor DC Pemotong

Pengujian	Pengujian Kecepatan (rpm)	Tegangan Motor DC (volt)
Percobaan Ke-1	8657	11,18
Percobaan Ke-2	8779	11,24
Percobaan Ke-3	8868	11,29
Percobaan Ke-4	8953	11,31
Percobaan Ke-5	9016	11,31

Berdasarkan pengujian kecepatan pada motor DC775 untuk pencacah rumput, dapat dianalisis bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan, semakin cepat pula putaran motor DC775 tersebut, hasil kecepatan paling tinggi yang di dapat yaitu 9016 rpm. Kinerja motor DC775 pemotong sangat efisien karena kecepatan putaran yang dihasilkan cukup untuk memotong rumput.

4.7 Pengujian Motor DC N20

Pengujian ini dilakukan untuk menggerakkan konveyor dengan melakukan pengukuran kecepatan pada 2 motor DC N20. Pengujian ini dilakukan untuk melihat perbandingan kecepatan pada 2 motor DC N20. Hasil pengukuran kecepatan menggunakan tachometer pada 2 motor DC N20 dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Kecepatan 2 Motor DC N20

Pengujian	Pengujian Kecepatan (rpm)		Tegangan Motor DC (volt)	
	M1	M2	M1	M2
Percobaan Ke-1	70,7	70,7	4,59	4,59
Percobaan Ke-2	70,7	70,7	4,59	4,59
Percobaan Ke-3	70,7	70,7	4,59	4,59
Percobaan Ke-4	70,7	70,7	4,59	4,59
Percobaan Ke-5	70,7	70,7	4,59	4,59

Berdasarkan pengujian kecepatan menggunakan tachometer pada 2 motor DC N20, ditemukan bahwa tegangan yang diberikan pada kedua motor DC tersebut tetap sama. Oleh karena itu kecepatan putaran yang dihasilkan oleh kedua motor DC N20 juga tetap stabil, putaran kecepatan yang di hasilkan motor DCN20 yaitu 70,7 rpm. Terjadi kesetabilan dikarenakan 2 motor DC N20 dilengkapi dengan gearbox, memastikan putaran yang stabil.

4.8 Pengujian Pencacah Rumput

Setelah dilakukan pengujian pencacahan rumput, didapatkan kinerja alat pencacah rumput dengan optimal, namun ketika sinyal kurang bagus alat pencacah rumput tersebut kurang optimal dikarenakan sensor ultrasonik dan sensor *infrared* sedikit lama untuk merespon dikarenakan sinyal yang kurang bagus. Dapat dilihat hasil pengujian pencacahan rumput pada gambar 18 Sebagai berikut ini:



Gambar 18. Hasil Pengujian Pencacahan Rumput

Pada saat pencacahan rumput dengan rumput yang pendek alat ini mencacah dengan baik dan rumput menjadi potongan kecil-kecil. Dengan adanya konveyor rumput otomatis masuk kedalam pisau pencacah yang kemudian setelah pencacahan rumput otomatis masuk ketempat pakan. Sedangkan pada rumput yang panjangpun tetap merespon dengan cacahan yang bagus,

dikarnakan rumputnya panjang bisa juga memasukan rumput secara manual agar pencacahan lebih cepat.

Berikut dapat dilihat percobaan kedua dan ketiga pada tabel 9 menampilkan hasil dari pengujian alat pencacahan rumput.

Tabel 9. Hasil Pengujian Pencacahan Rumput

Pengujian	Sebelum Rumput Dicacah (gram)	Setelah Rumput Dicacah (gram)	Durasi Pencacahan Rumput (Menit)
Percobaan Ke-1	700	690	5
Percobaan Ke-2	1400	1390	10
Percobaan Ke-3	2200	2190	15

Setelah dilakukan 3 kali pengujian pencacahan rumput dapat dianalisis hasil cacahan berkurang 10 gram. Dikarnakan hasil cacahan rumput yang halus dan pengujian paling banyak pada percobaan ketiga, sebelum dicacah 2200 dan setelah dicacah 2190 gram dengan waktu durasi 15 menit.

4.9 Pengujian Jarak Pemantauan Alat Pencacah Rumput

Pada pengujian ini dengan menggunakan telegram untuk mengukur jarak kendali pemantauan dari alat pencacah rumput. Alat pencacah rumput ini dapat memantau tempat pakan, ketika tempat pakan kosong maka lampu indikator LED akan mati namun jika tempat pakan penuh maka lampu LED akan hidup dan membirikan notifikasi pada teglegram serta memantau tegangan, arus, dan daya. Hasil pengujian dari alat pencacah rumput memantau menggunakan telegram dapat dilihat pada gambar 19 Sebagai berikut ini:



Gambar 19. Hasil Pengujian Pemantauan Alat Pencacah Rumput

Tabel 10. Hasil Pengujian Jarak Monitoring Alat Pencacah Rumput

Percobaan	Jarak	Status	Keterangan
1	5-10 Meter	Terkoneksi	Dapat Dipantau
2	10-20 Meter	Terkoneksi	Dapat Dipantau
3	20-30 Meter	Terkoneksi	Dapat Dipantau
4	30-45 Meter	Terkoneksi	Dapat Dipantau
5	45-60 Meter	Tidak Terkoneksi	Tidak Dapat Dipantau

Dari hasil pengujian pada tabel 10 dapat dianalisis bahwa alat pencacah rumput ini memiliki konektivitas pemantauan sejauh 45 meter. Pengujian ini dilaksanakan bertahap dengan pengukuran jarak setiap 5 sampai 10 meter.

Alat pencacah rumput dapat dipantau oleh *smartphone* menggunakan telegram dengan maksimal hingga jarak 45 meter. Pada jarak 30 meter alat pencacah rumput masih bisa terpantau oleh *smartphone* khususnya pada tempat pakan dan tegangan. Ketika jarak lebih dari 45 meter maka alat pencacah rumput tidak dapat dipantau.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilaksanakan beberapa pengujian pada alat pencacah rumput menggunakan panel solar berbasis *internet of things*, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Panel surya menghasilkan daya tertinggi pada hari pertama pukul 12.00 dengan nilai 20,5 watt karena cuaca cerah berawan dan intensitas cahaya matahari tinggi. Pada hari kedua pukul 14.30, daya yang dihasilkan mencapai 7,6 watt.
2. Panel surya dengan secara ideal kapasitas 20 Wp dapat mengisi sepenuhnya baterai 5 Ah 12 volt (dengan 80% *Depth of Discharge*) dalam waktu sekitar 5,4 jam dari keadaan kosong. Sementara itu, baterai dengan beban 50 watt dapat bertahan hingga 1,5 jam setelah diisi penuh.

3. Untuk memenuhi kebutuhan dari total beban yang terpasang yaitu sebesar 50 watt dengan total energi 113,09 Wh dan waktu otonomi selama satu hari, maka sistem membutuhkan 3 buah modul panel surya dengan kapasitas 20Wp.
4. Semakin tinggi tegangan pada motor DC775 pencacah, maka kecepatan putaran motor DC775 pencacah rumput yang dihasilkan akan semakin cepat. hasil kecepatan paling tinggi yang di dapat yaitu 9016 rpm
5. Pada motor DC N20 tegangan yang ada pada 2 motor DC N20 yaitu dengan jumlah yang sama, putaran kecepatan yang di dihasilkan motor DCN20 yaitu 70,7 rpm. Maka kecepatan putaran yang dihasilkan pada motor DC N20 juga akan bergerak secara bersamaan. Hal ini dapat menjadikan konveyor berjalan dengan stabil.
6. Jarak respons dari sensor ultrasonik ini dapat ditentukan melalui program *coding* alat yang telah dibuat, dengan maksimal jarak halangan yaitu 4 meter. Jarak ini sesuai dengan rentang maksimal sensor ultrasonik dapat mengukur terhadap suatu halangan.
7. Jarak respons dari sensor *infrared* ini dapat ditentukan melalui program *coding* alat yang telah dibuat, dengan maksimal jarak halangan yaitu 3 meter. Sensor *infrared* ini dapat menghidupkan alat pencacah rumput dan dapat mematikan secara otomatis selama 6 detik ketika tidak adanya rumput atau jarak halang.
8. Alat pencacah rumput ini dapat memantau dengan *smartphone* menggunakan telegram dengan maksimal jarak pantau 45 meter. Dan jarak lebih dari 45 meter maka alat pencacah rumput tidak dapat di terpantau. Indikator lampu LED ketika tempat pakan sudah habis otomatis akan mati.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurdin, Maarif. *Rancang Bangun Alat Pencacah Rumput*. Diss. Universitas Sangga Buana Ypkp, 2023.
- [2] Wicaksono, Ragil. "Rancang Bangun Mesin Pencacah Rumput Gajah Daya 373 Watt Menggunakan Pisau Dengan Sudut 45 Menggunakan Material Stainless Steel

- 304." *Jurnal Teknik Mesin* 11.1 (2022).
- [3] Yohanes, Euaggelion Eko Firman Setiawan, Et Al. "Rancang Alat Pencacah Rumput Pakan Ternak Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroller Dengan Sinar Uv Sebagai Penghigienis Rumput." *Journal Of Engineering Science And Technology* 1.2 (2023): 44-52.
- [4] VERMI, WHICH GIVEN DIFFERENT DOSAGE OF, and COMPOST FERTILIZER. "Pertumbuhan dan hasil rumput gajah (*Pennisetum purpureum* cv. Taiwan) yang diberi pupuk kascing dengan dosis berbeda." (2021).
- [5] Pratama, Septian Bobby. "Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Berbasis Internet Of Things." (2022).
- [6] Notosudjono. Didik dan Fikri. Adzikri, "Teknologi Energi Terbarukan", Bogor : Unpak Press, 2018.
- [7] Dharmawan, I. P., I. N. S. Kumara, and I. N. Budiastira. "Perkembangan Infrastruktur Pengisian Baterai Kendaraan Listrik Di Indonesia." *Jurnal SPEKTRUM Vol* 8.3 (2021).
- [8] Marin, Melson. *Rancang Bangun Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Diss. Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2021.
- [9] Hadi, Tias Septian. "Rancang Bangun Sistem Monitoring Panel Surya Solarworld 150wp Polycrystalline Berbasis Internet Of Things." (2023).
- [10] Zikirda, M. Vhido. "PROTOTYPE ALAT PENCACAH SAMPAH PLASTIK TERKONEKSI ANDROID DENGAN SUMBER DAYA PANEL SURYA." (2023).
- [11] Pratama, I. Gusti Putu Eka, Cokorde Gede Indra Partha, and I. Wayan Arta Wijaya. "RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM ATS-AMF BERBASIS MIKROKONTROLER DI PERUMDA AIR MINUM TIRTA SANJIWANI UNIT PRODUKSI BLANGSINGA." *Jurnal SPEKTRUM Vol* 11.1 (2024).
- [12] Kurniawan, N. "Sistem Monitoring Energi Listrik dan Pengendali Automatic Transfer Switch (ATS) dengan Internet of Things untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya." Universitas Negeri Semarang. 2020
- [13] Darpono, Rony, and Moh Faizal Aldi. "Sistem Monitoring Parkir Mobil Bertema Iot (Internet of Things)." *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro* 9.2 (2020): 47-51
- [14] Arifin, Tri Nur, Ganjar Febriyani Pratiwi, and Arra Janrafsasih. "Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak." (2022): 55-62.
- [15] Pinandita, Giwang Praba. *Rancang Bangun Alat Pemotong Bawang Dengan Kapasitas 1 kg/Menit Dengan Memanfaatkan Accu 12 Volt*. Diss. Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2023. 36
- [16] Hayatunnufus, Hayatunnufus, and Debby Alita. "Sistem Cerdas Pemberi Pakan Ikan Secara Otomatis." *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam* 1.1 (2020): 11-16.
- [17] Putra, Stifandy Rukmana. *TA: Tempat Sampah Otomatis dengan Sistem Pemilah Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Konveyor*. Diss. Universitas Dinamika, 2022.
- [18] Electrical4U, 2020. "Chopper | DC to DC Converter" <https://www.electrical4u.com/chopper-DC-to-DC-converter/> (di Akses pada 17 november 2023 pukul 23.16).

BIODATA PENULIS

- 1) **Wenda Saputra S.T** Alumni (2024) Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan. saputrawenda616@gmail.com
- 2) **Prof. DR. Ir. H. Didik Notosudjono, M.Sc. IPU. Asean Eng.** Dosen Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan.
- 3) **Agustini Rodiah Machdi S.T, M.T.** Dosen Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan.