

RANCANG BANGUN ALAT PEMARUT KELAPA PORTABLE MENGGUNAKAN SOLAR CELL

Oleh :

Alfian Rowi Dharmawan¹, Didik Notosudjono², Agustini Rodiah Machdi³

ABSTRAK

Pada proses pengolahan kelapa masih sering mengandalkan alat-alat tradisional dan juga masih menggunakan sumber listrik dari PLN. Seiring dengan perkembangan zaman dan juga teknologi, terdapat potensi untuk mencari solusi yang lebih efektif dan ramah lingkungan dalam proses pengolahan kelapa, khususnya dalam pembuatan kelapa parut. Penelitian ini bermaksud untuk mengembangkan alat pamarut kelapa yang ramah lingkungan, yaitu dengan memanfaatkan energi yang dihasilkan dari panel surya sebagai sumber daya utama guna mendukung proses pamarutan kelapa dengan daya tertinggi yang dihasilkan panel surya yaitu 9,07 watt. Alat pamarut kelapa ini dilengkapi dengan sensor *load cell* untuk menentukan berat hasil parutan kelapa dengan selisih nilai deviasi 0,0003% dengan timbangan standar, sensor infrared yang berfungsi untuk menyalakan dan mematikan motor DC secara otomatis. Cara kerja dari sensor infrared ini yaitu akan mengaktifkan motor DC ketika mendeteksi benda padat, dan mematikan motor DC jika tidak ada benda yang terdeteksi dalam waktu 10 detik, dengan jarak deteksi sensor kurang dari 8 cm. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan sensor arus dan tegangan untuk memonitoring kondisi arus dan tegangan pada baterai, yang hasilnya ditampilkan oleh LCD pada alat, lalu kinerja alat pamarut kelapa ini dapat berfungsi dengan baik dan berhasil memarut kelapa sesuai yang diharapkan, dengan kecepatan motor DC mencapai 4301 rpm. Sistem ini juga memberikan solusi terhadap pengurangan ketergantungan pada sumber daya energi fosil serta mengurangi dampak lingkungan, sehingga proses pengolahan kelapa menjadi lebih efektif.

Kata Kunci : *solar cell, sensor infrared, pamarut kelapa, portable, sensor load cell*

ABSTRACT

In the coconut processing process, traditional tools are still often used and electricity is still used from PLN. Along with the development of the era and technology, there is a potential to find more effective and environmentally friendly solutions in the coconut processing process, especially in making grated coconut. This study intends to develop an environmentally friendly coconut grater, namely by utilizing energy generated from solar panels as the main resource to support the coconut grating process with the highest power generated by solar panels, namely 9.07 watts. This coconut grater is equipped with a load cell sensor to determine the weight of the grated coconut with a deviation value of 0.0003% with standard scales, an infrared sensor that functions to turn the DC motor on and off automatically. The way this infrared sensor works is that it will activate the DC motor when it detects a solid object, and turn off the DC motor if no object is detected within 10 seconds, with a sensor detection distance of less than 8 cm. In addition, this tool is also equipped with a current and voltage sensor to monitor the current and voltage conditions on the battery, the results of which are displayed by the LCD on the tool, then the performance of this coconut grater can function properly and successfully grate coconuts as expected, with a DC motor speed reaching 4301 rpm. This system also provides a solution to reducing dependence on fossil energy resources and reducing environmental impacts, so that the coconut processing process becomes more effective.

Keywords: *solar cell, infrared sensor, coconut grater, portable, load cell sensor*

I. PENDAHULUAN

Kelapa merupakan salah satu bahan utama yang sering dimanfaatkan dalam industri makanan dan minuman, baik sebagai bahan baku maupun bahan tambahan. Di era modern ini, masih banyak UMKM yang menggunakan alat pamarut kelapa secara manual, yang terbuat dari pelat besi dengan permukaan berduri kecil. Metode pamarutan ini tergolong sederhana, tetapi memerlukan lebih banyak tenaga, dan waktu yang cukup lama. Untuk memenuhi kebutuhan santan, kelapa parut, atau bahan baku lainnya, UMKM cenderung memarut kelapa menggunakan mesin parut bertenaga motor berbahan bakar fosil, mesin parut bertenaga motor berbahan bakar fosil ini memiliki banyak kekurangannya, disebabkan beberapa alasan yaitu menimbulkan kebisingan, memerlukan oli mesin, perawatan harus rutin, dan menimbulkan polusi asap. Lalu ada pula mesin parut kelapa listrik menggunakan motor arus AC yang mudah perawatannya namun masih menggunakan listrik konvensional PLN sehingga kurang efektif pada saat adanya pemadaman listrik. Ada beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik ini namun rata-rata masih menggunakan listrik PLN sebagai sumber listrik utamanya. [1][2][3]

Oleh karena itu berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka dibutuhkan alat pamarut kelapa yang efisien, dan mudah digunakan untuk mendukung kegiatan produksi UMKM, yaitu dengan merancang bangun suatu alat pamarut kelapa *portable* menggunakan motor DC dan *solar cell*. alat ini merupakan solusi yang potensial untuk mengatasi masalah pada penelitian sebelumnya yang masih bergantung pada listrik konvensional, karena alat yang akan dibuat ini menggunakan sumber daya dari *solar cell* sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional.

II. DASAR TEORI

2.1 Energi Baru Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan seperti angin, air, sinar matahari, dan panas bumi. Jenis energi ini sangat ramah lingkungan karena tidak

mencemari dan tidak menyebabkan pemanasan global atau perubahan iklim [4].

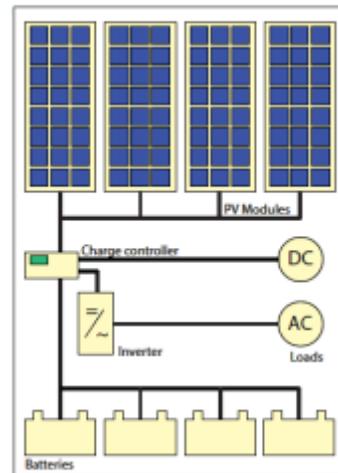
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya menghasilkan listrik dengan mengubah energi foton dari sinar matahari. Konversi ini dilakukan pada panel surya yang terbuat dari sel fotovoltaik. Pembangkit listrik tenaga surya menggunakan sinar matahari untuk menghasilkan listrik DC (arus searah), yang kemudian dapat diubah menjadi listrik AC (arus bolak-balik) sesuai kebutuhan. Hasilnya, bahkan saat cuaca mendung, pembangkit listrik tenaga surya dapat terus menghasilkan listrik selama ada cahaya matahari.[5].

2.3 PLTS Stand Alone (Off gride)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Stand-Alone*, atau *off gride* merupakan Sistem yang menggunakan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi, yang lebih dikenal sebagai pembangkit listrik tenaga surya terpusat. Sistem ini menggunakan rangkaian modul fotovoltaik untuk menghasilkan listrik dan tidak terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN, sistem ini harus dilengkapi dengan baterai sebagai cadangan energi [5].

Berikut pada gambar 1 adalah gambar Skema PLTS *Stand Alone* :



Gambar 1. Skema PLTS *Stand Alone*

2.4 Sel surya jenis polycrystallin

Sel surya tipe *polycrystalline* dibuat dari silikon yang dicetak dalam bentuk persegi menggunakan teknologi casting. Balok silikon tersebut kemudian dipotong menjadi lembaran-

lembaran tipis yang disebut wafer dengan metode wire-sawing. Teknologi ini menghasilkan sel surya dengan biaya lebih rendah, namun dengan efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan sel surya berbasis silikon kristal tunggal (*monocrystalline*), yaitu sekitar 13%-16%. [6].

Berikut pada gambar 2 adalah gambar Sel Surya jenis Polycrystallin :



Gambar 2. Sel Surya jenis Polycrystallin

2.5 Menentukan Jumlah Panel Surya

Dalam menentukan jumlah modul panel surya yang digunakan, perancang PLTS harus memperhitungkan lamanya waktu radiasi terlebih dahulu. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung waktu radiasi matahari adalah dengan menggunakan persamaan 1 sebagai berikut : [7].

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

Setelah mengetahui waktu radiasi matahari, maka dilakukan perhitungan energi listrik rata-rata yang dihasilkan oleh modul panel surya. Energi yang dihasilkan oleh modul panel surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2, sebagai berikut: [7].

$$Energi\ Modul = P_{modul} \times Waktu\ radiasi = Wh.....(2)$$

Setelah itu, menentukan jumlah modul panel surya yang digunakan, khususnya melalui regenerasi baterai (pengisian baterai terjadi tanpa beban). Jumlah modul panel surya dihitung menggunakan persamaan 3, yaitu sebagai berikut: [7].

$$Jumlah\ modul = \frac{E_{total} \times t_{otonomi}}{Energi\ modul \times t_{regenerasi}} = Modul.....(3)$$

Keterangan :

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

2.6 Solar Charge Controller

Solar charge controller yang disingkat SCC. Komponen ini berfungsi untuk mengatur arus listrik yang masuk dari panel fotovoltaik (PV) dan arus yang keluar untuk beban. SCC berperan dalam mengendalikan tegangan dan arus dari panel surya ke baterai. Selain itu, SCC juga mendeteksi tegangan baterai, jika tegangan baterai menurun, SCC secara otomatis akan memutuskan sambungan antara baterai dan beban. Tujuan dari pengaturan ini adalah untuk mencegah pengurasan berlebihan pada baterai, sehingga dapat memperpanjang umur baterai [8].

Berikut pada gambar 3 adalah gambar Solar Charger Controller PWM :



Gambar 3. Solar Charger Controller PWM

2.7 Baterai

Baterai adalah kumpulan sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan dalam baterai menjadi energi listrik. Setiap sel berisi satu kutub positif (katode) dan satu kutub negatif (anode). Saat baterai terhubung ke sirkuit, elektrolit bergerak sebagai ion, yang menyebabkan reaksi kimia di kedua kutub. Pergerakan ion inilah yang menyebabkan arus listrik mengalir ke sirkuit eksternal [9].

Berikut pada gambar 4 adalah gambar Baterai VRLA Deep Cycle :



Gambar 4. Baterai VRLA Deep Cycle

2.8 Menentukan Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai yang digunakan dalam perancangan sistem PLTS haruslah diperhitungkan dengan baik. Untuk menghitung

kapasitas baterai harus dihitung muatan baterai terlebih dahulu, adapun muatan baterai dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 4 sebagai berikut ini : [7].

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

Setelah muatan baterai telah diketahui, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan kapasitas baterai. Adapun untuk menentukan kapasitas baterai dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 5 sebagai berikut : [7].

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

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)

Baterai di *charge* dengan menggunakan panel surya ketika terjadi pemadaman listrik PLN pada siang hari, untuk mengetahui estimasi waktu yang dibutuhkan untuk *mencharge* baterai dengan kapasitas 7,5 Ah 12 VDC hingga terisi penuh dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut ini : [7].

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

Saat baterai digunakan untuk memasok daya ke beban, kapasitas energi baterai menurun. Oleh karena itu, untuk menentukan durasi proses *discharge*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut :

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

2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk menampilkan informasi atau pesan dari mikrokontroler. LCD beroperasi berdasarkan prinsip bahwa ketika arus listrik diberikan kepada molekul kristal cair, molekul tersebut akan mengubah orientasinya. [10]
Berikut pada gambar 5 adalah gambar Modul LCD 16x2 :

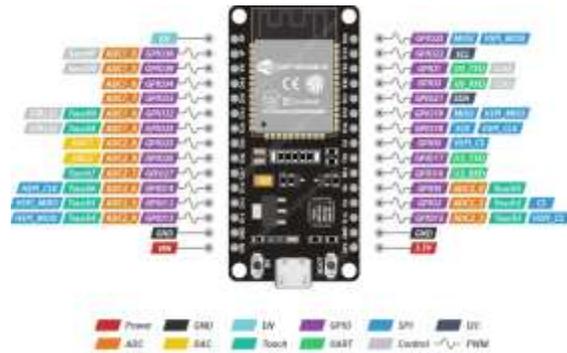


Gambar 5. Modul LCD 16x2

2.10 ESP32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler SoC (*System on Chips*) yang sudah dilengkapi dengan Wi-Fi yang disertai dengan *Bluetooth* versi 4.2 ESP32 dibuat oleh perusahaan *espressif system*, ESP32 dirancang dengan harga yang cukup murah. Selain itu, daya yang dibutuhkan oleh ESP32 SoC ini cukup rendah, dilengkapi dengan fasilitas Wi-Fi dan dua model Bluetooth. *Board* ESP32 juga sudah dilengkapi dengan antena di dalamnya. ESP32 umumnya banyak digunakan dalam proyek-proyek *Internet of Things* (IoT). [11].

Berikut pada gambar 6 adalah gambar NodeMCU ESP32 :



Gambar 6. NodeMCU ESP32

2.11 Motor DC

Motor arus DC merupakan jenis motor listrik yang memiliki fungsi yaitu mengkonversi energi listrik dari arus DC menjadi energi mekanis. Energi yang dihasilkan berupa gerakan putaran [12].

Berikut pada gambar 7 adalah gambar Motor DC



Gambar 7. Motor DC

2.12 Sensor Infrared

Sensor *Infrared* merupakan seperangkat elektronik yang memancarkan cahaya dari LED dan menerima cahaya tersebut melalui photodiode. Sensor ini juga dapat mendeteksi panas serta pergerakan objek. [13].

Berikut pada gambar 8 adalah gambar Sensor Infrared :



Gambar 8. Sensor *Infrared*

2.13 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tegangan dalam peralatan elektronik. Umumnya, sensor tegangan terdiri dari rangkaian pembagi tegangan yang dikenal sebagai *Voltage divider*. Fungsinya adalah mengubah tegangan listrik menjadi sinyal output yang dapat dipahami oleh mikrokontroler atau perangkat elektronik sejenis [14].

Berikut pada gambar 9 adalah gambar Sensor Tegangan :



Gambar 9. Sensor Tegangan

2.14 Sensor Arus

Sensor arus ACS712 merupakan suatu alat yang mendeteksi adanya arus pada kawat atau kabel suatu instalasi listrik. Sensor ini dapat mengukur arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC) dengan menggunakan prinsip Efek Hall. [15].

Berikut pada gambar 10 adalah gambar Sensor arus :



Gambar 10. Sensor Arus ACS712

2.15 Sensor Berat (load cell)

Load cell adalah alat transduser yang mengubah berat atau gaya menjadi sinyal listrik. Proses konversi ini dilakukan dengan menggunakan strain gauge, yang merupakan komponen dengan resistansi yang berubah sesuai dengan beban atau gaya yang diterapkan pada *load cell*. Strain gauge terdiri dari rangkaian jembatan *Wheatstone*. Jembatan ini berada dalam kondisi seimbang saat tidak ada beban pada *load cell*. Ketika beban diterapkan, resistansi strain gauge akan mengubah keseimbangan rangkaian jembatan *Wheatstone*. [16].

Berikut pada gambar 11 adalah gambar Sensor *load cell* :

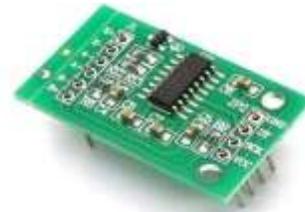


Gambar 11. Sensor Berat (*Load Cell*)

2.16 Modul HX711

HX711 adalah suatu alat terintegrasi dari AVIA *SEMICONDUCTOR*, yang berfungsi sebagai konverter analog ke digital, presisi 24-bit. Modul ini dirancang khusus untuk penerapan pada timbangan digital dan kontrol industri yang terhubung dengan sensor *Load Cell*. [17].

Berikut pada gambar 12 adalah gambar modul HX711 :



Gambar 12. Modul HX711

2.17 Menghitung Keakurasian Load Cell

Ketelitian dan akurasi adalah dua konsep berbeda dalam pengukuran. Ketelitian merujuk pada sejauh mana hasil pengukuran dapat direproduksi atau konsisten, sedangkan akurasi merujuk pada seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai yang benar atau standar. [18].

Untuk akurasi dapat diukur dengan menghitung kesalahan relatif dengan persamaan 8 dibawah ini : [18].

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{|x_{ukur} - x_{benar}|}{x_{benar}} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

x_{ukur} : Nilai pengukuran

x_{benar} : Nilai standar atau sebenarnya

Rumus kesalahan relatif digunakan untuk mengukur seberapa besar deviasi antara nilai pengukuran dan nilai setandar atau sebenarnya dalam bentuk persentase. Ini membantu untuk memahami seberapa jauh hasil pengukuran dari nilai yang benar atau ideal dalam konteks yang relatif terhadap besarnya nilai tersebut [18].

2.18 Modul DC Step Down LM2596

IC LM2596 merupakan komponen *Step Down* atau penurun tegangan yang fungsinya sebagai konverter DC dengan nilai arus hingga 3A. Sebagai DC-DC converter atau buck converter, sirkuit ini mengubah tegangan searah tetap menjadi tegangan searah yang dapat disesuaikan. [19].

Berikut pada gambar 13 adalah gambar Modul DC Step Down LM2596 :



Gambar 13. Modul DC Step Down LM2596

2.19 Push Button

Push button merupakan alat yang fungsinya untuk menyambung atau memutus aliran listrik dari sumber ke beban dengan cara ditekan. Prinsip kerja saklar ini yaitu menggunakan sistem kerja *unlock* (tidak mengunci), sehingga akan berfungsi sebagai penghubung atau pemutus arus saat tombol ditekan. [20].

Berikut pada gambar 14 adalah gambar *push button* :



Gambar 14. Push button

2.20 Relay

Relay adalah saklar elektronik yang beroperasi berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetik. Relay terdiri dari tuas saklar dengan lilitan kawat (*solenoid*) di dekatnya. Cara kerja relay yaitu ketika *solenoid* dilalui arus listrik, maka tuas akan tertarik akibat gaya magnet yang dihasilkan, sehingga kontak saklar akan menutup. Ketika aliran arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, dan tuas kembali ke posisi awal, mengakibatkan kontak saklar terbuka kembali. [21].

Berikut pada gambar 15 adalah gambar relay :



Gambar 15. Relay

2.21 Fuse (Sekering)

Fuse atau sekering merupakan salah satu komponen yang berfungsi sebagai pengaman pada rangkaian elektronik atau perangkat listrik. Sekring (Fuse) pada hakikatnya adalah kawat halus pendek yang akan meleleh dan putus ketika terkena arus listrik yang berlebihan atau ketika terjadi hubungan arus pendek pada perangkat listrik/elektronik. [22].

Berikut pada gambar 16 adalah gambar fuse :



Gambar 16. Fuse (Sekering)

III. METODE PENELITIAN

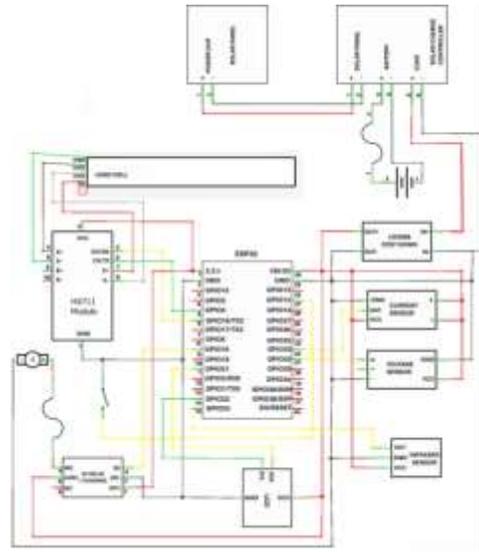
3.1 Blok Diagram Perancangan Alat



Gambar 17. Blok Diagram Alat Pamarut Kelapa Portable Menggunakan Solar Cell

Perancangannya dimulai dari merancang sistem PLTS sebagai suplai energi listrik utama alat pamarut kelapa, untuk sistem PLTS ini menggunakan berbagai komponen pendukung yang diantaranya menggunakan panel surya yang memiliki kapasitas 10 WP, solar charge controller 10 A, dan baterai VRLA 12V 7,5Ah. Kemudian Perancangan selanjutnya sistem kontrol menggunakan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai *Processor* dan pengontrol seluruh sistem. Selanjutnya, Alat pamarut kelapa ini dilengkapi dengan sensor *Infrared* yang berfungsi untuk mendeteksi benda padat, sehingga dapat menyalakan motor DC secara otomatis ketika ada benda padat yang terdeteksi oleh sensor *infrared*. Sebaliknya, jika tidak ada benda padat yang terdeteksi oleh sensor *infrared* selama 10 detik, motor DC akan mati secara otomatis. selain itu sensor arus dan sensor tegangan digunakan untuk membaca nilai arus dan nilai tegangan pada baterai. selanjutnya sensor *Load Cell* yang digunakan untuk menimbang hasil parutan kelapa, lalu LCD digunakan untuk menampilkan nilai tegangan, arus yang ada pada baterai dan berat dari hasil parutan kelapa.

3.2 Diagram Alir Keseluruhan

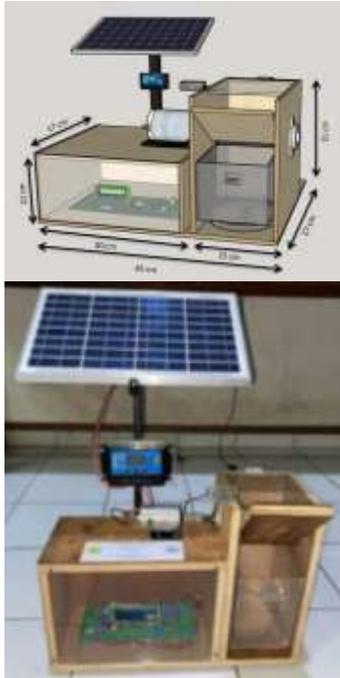


Gambar 18. Perancangan Rangkaian Secara Keseluruhan

Dari gambar 18 dapat dijelaskan bahwa motor DC pada pamarut kelapa bergerak sesuai arahan dari sensor *Infrared*, apabila sensor *Infrared* mendeteksi adanya benda padat, maka motor DC akan menyala secara otomatis. Namun apabila sensor *infrared* tidak mendeteksi adanya benda padat selama 10 detik, maka motor DC akan mati dengan otomatis. Lalu pengendalian motor DC pada pamarut kelapa ini dapat dikontrol manual melalui *push button* yang ada pada alat parut kelapa tersebut yang berfungsi mengirimkan perintah untuk menyalakan dan mematikan motor DC. Selanjutnya, data dari pembacaan sensor oleh ESP32, seperti tegangan, arus, dan berat hasil timbangan parutan kelapa, akan ditampilkan langsung pada LCD yang terpasang pada alat pamarut kelapa. Data ini diperoleh ESP32 dari sensor yang terhubung dan ditampilkan secara real-time pada LCD.

3.3 Desain Konstruksi Alat Pamarut Kelapa

Desain bentuk alat dalam penelitian ini sangat penting, dengan mempertimbangkan beberapa faktor agar dapat mencapai tujuan penelitian. Berikut pada gambar 19 adalah gambar Desain Konstruksi Alat Pamarut Kelapa :

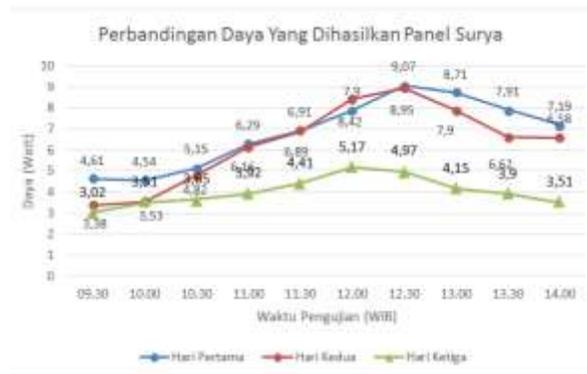


Gambar 19. Desain Konstruksi Alat Pematut Kelapa

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian dan Analisis Panel Surya

Berdasarkan hasil pengujian pada panel surya yang telah dilakukan, dihasilkan sebuah grafik perbandingan daya yang telah dihasilkan yang ditampilkan pada gambar 20 di bawah ini :



Gambar 20. Grafik Perbandingan Daya Yang Dihasilkan Panel Surya

Berdasarkan hasil pengukuran hari pertama hingga hari ketiga yang dilakukan pada pukul 09.30 hingga pukul 14.00, panel surya menghasilkan daya paling besar pada hari kedua pukul 12.30, yaitu sebesar 9,07 watt, dikarenakan langit cerah dan intensitas cahaya

matahari yang diterima panel surya cukup tinggi. Sedangkan daya paling kecil dihasilkan panel surya pada hari ketiga pukul 09.30, yaitu sebesar 3,02 watt. Hal ini dikarenakan langit mendung sehingga intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya berkurang.

4.2 Perhitungan Kapasitas Baterai dan Pengisian Baterai

Penetapan pasokan energi listrik bertujuan untuk memperkirakan jumlah daya yang dibutuhkan sesuai dengan beban yang ada pada alat pematut kelapa, dengan waktu penggunaan sekitar 2 jam. Tabel 1 menampilkan data beban yang digunakan pada saat pengujian.

Tabel 1. Beban Terpasang Pada Alat Pematut Kelapa

No	Komponen	Beban (watt)	t (jam)	Energi (Wh)
1	ESP32	0,33	2 jam	0,66
2	Modul Step Down LM-2596	0,14		0,28
3	Motor DC 12V	46		92
4	Sensor Infrared	0,10		0,20
5	Sensor Tegangan	0,03		0,06
6	Sensor Arus	0,11		0,22
7	Sensor Load Cell	0,09		0,18
8	LCD	0,12		0,24
Total		46,92		93,84

Untuk menentukan berapa banyak kapasitas baterai yang digunakan untuk memberi daya pada beban terpasang, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1, dengan penggunaan beban selama 2 jam di siang hari dan total kebutuhan energi sebesar 93,84 Wh, gunakan persamaan 4 untuk menghitung daya baterai sebagai berikut :

$$Q_{\text{baterai}} = \frac{Wh}{V_{op} \text{ (nominal baterai)}}$$

$$Q_{\text{baterai}} = \frac{93,84}{12}$$

$$Q_{\text{baterai}} = 7,82 \text{ Ah}$$

Dari hasil persamaan 4 diperoleh muatan baterai sebesar 7,82 Ah dengan waktu otonomi 1 hari. Pada analisis ini, baterai hanya dapat bertahan 1 hari (otonomi 1 hari). Pemakaian daya dalam 1

hari digunakan selama 2 jam, besarnya daya total pada alat yaitu 46,92 watt. Sedangkan besarnya beban adalah 46,92 x 2 jam sehingga total kebutuhan daya sebesar 93,84 Wh setiap harinya.

Tingkat pengurasan baterai, yang juga dikenal sebagai DoD (Depth of Discharge), yang biasanya digunakan, adalah 80%. Baterai tidak akan dikosongkan hingga benar-benar kosong 100%. Hal ini dilakukan untuk menghindari kerusakan baterai, yang akan mengurangi masa pakainya. Persamaan 5 dapat digunakan untuk menghitung kapasitas baterai yang digunakan.

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

$$C_{\text{baterai}} = \frac{7,82 \text{ Ah} \times 24 \text{ jam}}{0,8}$$

$$C_{\text{baterai}} = 234,6 \text{ Ah}$$

Jumlah baterai yang dibutuhkan untuk menyuplai beban sebesar 93,84 watt dengan tambahan waktu otonomi selama satu hari adalah baterai dengan kapasitas total 234,6 Ah. Namun, pada sistem pamarut kelapa ini, baterai yang dipilih adalah jenis VRLA deep cycle 12 volt DC dengan kapasitas 7,5 Ah, dan hanya menggunakan satu unit baterai.

Waktu pengisian baterai dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kapasitas baterai yang digunakan. Dengan kapasitas baterai 7,5 Ah, efisiensi 80%, dan panel surya yang mampu menghasilkan arus maksimum sebesar 0,57 A, persamaan 6 dapat digunakan untuk memperkirakan waktu yang diperlukan untuk mengisi baterai.

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

$$\text{Estimasi Waktu Charge} = \frac{7,5 \text{ Ah}}{80\% \times 0,57 \text{ A}} = 16 \text{ Jam}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi daya pada baterai dengan kapasitas 7,5 Ah adalah 16 jam.

Karena baterai digunakan untuk menyuplai energi ke beban, daya pada baterai akan berkurang seiring waktu. Berdasarkan persamaan 7, estimasi waktu yang dibutuhkan untuk mengoperasikan beban, mulai dari kondisi baterai yang penuh hingga kosong, dapat

dihitung menggunakan rumus tersebut.

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

$$\text{Estimasi waktu discharge} = \frac{7,5 \text{ Ah} \times 12 \text{ V}}{80\% \times 46,92 \text{ W}} = 2,39 \text{ Jam}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, baterai dengan tegangan 12 volt dan kapasitas 7,5 Ah yang menyuplai beban sebesar 46,92 watt dapat bertahan selama 2,39 jam, mulai dari kondisi baterai terisi penuh hingga kosong.

4.3 Menentukan Jumlah Modul Panel Surya

Pada perhitungan menentukan jumlah modul panel surya, dapat ditentukan dengan berapa beban yang akan digunakan melalui tabel 4.3. Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung waktu radiasi rata-rata, yang diperlukan untuk menghitung total daya yang digunakan pada beban. Radiasi total rata-rata harian diasumsikan sebesar 4.760 Wh/m².

$$\text{Lama waktu radiasi } (t_r) = \frac{\text{radiasi total matahari} \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}{\text{intensitas radiasi modul surya} \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}}$$

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

Berdasarkan hasil perhitungan, rata-rata lama waktu radiasi matahari yang diterima adalah 4,76 jam setiap harinya. Untuk mengetahui jumlah panel surya yang diperlukan, kita perlu menggunakan spesifikasi panel surya yang digunakan. Modul panel surya tersebut dapat menyuplai energi listrik rata-rata, yang perhitungannya dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.

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

$$E_{\text{modul}} = 10 \text{ WP} \times 4,76 \text{ Jam} = 47,6 \text{ Wh per hari}$$

Berdasarkan perhitungan, sistem membutuhkan waktu 16 jam untuk mengisi ulang baterai hingga penuh. Dengan kebutuhan beban sebesar 46,92 Wh per hari dan waktu otonomi satu hari, jumlah modul panel surya yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

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

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Modul } (N) &= \frac{46,92 \text{ Wh} \times 24 \text{ jam}}{47,6 \times 16 \text{ jam}} \\ &= 1,47 \text{ modul} \approx 2 \text{ modul} \end{aligned}$$

Sistem ini membutuhkan dua modul panel surya dengan kapasitas 10 Wp agar dapat memenuhi kebutuhan total beban terpasang sebesar 46,92 watt dengan total energi sebesar 93,84 Wh dan waktu otonomi satu hari.

4.4 Pengujian dan Analisis Motor DC

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur kecepatan motor DC pamarut kelapa dengan tachometer. Hasil pengukuran kecepatan pada motor DC dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kecepatan Motor DC

Pengujian	Pengujian Kecepatan (rpm)	Tegangan Motor DC (volt)
Percobaan ke-1	3109	12,02
Percobaan ke-2	3427	12,05
Percobaan ke-3	3817	12,10
Percobaan ke-4	4066	12,14
Percobaan ke-5	4301	12,17

Berdasarkan pengujian kecepatan motor DC, dapat dianalisis bahwa peningkatan tegangan motor DC akan meningkatkan kecepatan putar motor DC,

4.5 Pengujian dan Analisis Sensor Infrared

Pengujian ini dilakukan dengan menguji kinerja sensor *Infrared* dalam mode otomatis. Proses pengujian yaitu dengan cara mendekatkan benda padat ke sensor *Infrared* maka motor DC otomatis akan menyala.

Hasil pengujian oleh sensor *Infrared* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Infrared

Pengujian	Jarak Deteksi Sensor <i>Infrared</i> (cm)	Keterangan
Percobaan Ke-1	2	Motor DC ON
Percobaan Ke-2	5	Motor DC ON
Percobaan Ke-3	8	Motor DC ON
Percobaan Ke-4	10	Motor DC OFF

Setelah melakukan empat kali pengujian jarak deteksi dengan benda padat menggunakan sensor *Infrared*, dapat dijelaskan bahwa dalam mode otomatis pada alat pamarut kelapa ini,

sensor *Infrared* merespons dengan menyalakan motor DC saat ada benda padat yang terdeteksi pada jarak <8 cm di depan sensor dan pada jarak >8 cm sensor *Infrared* tidak merespon.

4.6 Pengujian dan Analisis Sensor Load Cell

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membandingkan berat yang dihasilkan dari sensor *load cell* dengan timbangan konvensional. Hasil pengujian sensor *load cell* dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Load Cell

BERAT ASLI (gr)	HASIL TIMBANGAN DENGAN SENSOR <i>LOAD CELL</i> (gr)	DEVIASI (%)
100	99,98	0,0002
100	99,98	0,0002
100	99,97	0,0003
100	99,99	0,0001
100	99,97	0,0003
100	99,99	0,0001
100	99,97	0,0003
100	99,97	0,0003
100	99,98	0,0002
100	99,98	0,0002
Rata Rata	99,97	0,0003

Pada pengujian perbandingan berat antara timbangan standar dengan sensor berat (*load cell*) yang dilakukan sebanyak 10 kali pengujian menunjukkan bahwa selisih terbesar yaitu dengan nilai 0,03 gr.

Persamaan 8 berikut digunakan untuk menghitung keakuratan yang dihasilkan dari sensor berat (*load cell*). Untuk perhitungan ini di ambil dari hasil rata-rata pengujian pada sensor berat.

$$\begin{aligned}
 \text{Kesalahan Relatif} &= \frac{|99,97 - 100|}{100} \times 100\% \\
 &= \frac{0,03}{100} \times 100\% \\
 &= 0,0003 \times 100\% \\
 &= 0,0003\%
 \end{aligned}$$

Jadi, deviasi pengukuran dari sensor *load cell* dengan timbangan konvensional adalah 0,0003%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilaksanakan beberapa pengujian pada alat pamarut kelapa *portable* menggunakan *solar cell*, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jumlah daya tertinggi yang dihasilkan panel surya sebesar 9,07 watt pada pukul 12.30 hari pertama, dikarenakan langit cerah dan intensitas sinar matahari yang diterima panel surya tinggi. Dan daya terendah yang dihasilkan panel surya pada pukul 09.30 hari kedua yaitu sebesar 3,02 watt, dikarenakan langit berawan dan tutupan awan mengurangi intensitas sinar matahari yang diterima panel surya.
2. Panel surya 10 WP dapat mengisi baterai berkapasitas 7,5 Ah 12 volt (DoD 80%) dari keadaan kosong hingga terisi penuh yang membutuhkan waktu sekitar 16 jam. Sedangkan waktu pemakaian baterai dari keadaan penuh hingga habis dengan beban terpasang 46,92 watt dapat bertahan hingga 2,39 jam.
3. Untuk memenuhi kebutuhan total beban yang terpasang pada sistem yaitu sebesar 46,92 watt dengan total energi 93,84 Wh dan waktu otonomi satu hari, maka sistem membutuhkan dua buah modul panel surya dengan kapasitas 10 WP.
4. Kecepatan tertinggi yang dihasilkan motor DC pada tegangan 12,17 v adalah 4301 rpm, sementara kecepatan terendah yang dihasilkan motor DC dengan tegangan 12,02 v adalah 3109 rpm.
5. Jarak respons dari sensor Infrared mendeteksi benda padat untuk menyalakan motor DC yaitu <8 cm dan pada jarak >8 cm sensor Infrared tidak merespon.
6. Dalam perbandingan berat, timbangan standar dengan sensor berat (*Load Cell*). Pengujian menunjukkan selisih error tertinggi sebesar 0,03 gram dengan besar deviasi antara nilai pengukuran *load cell* dan nilai timbangan standar adalah 0,0003%,

7. kinerja pada alat dapat bekerja dengan baik dan berhasil memarut kelapa dengan halus sesuai dengan yang diharapkan.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian, ditemukan beberapa informasi yang dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut, yakni :

1. Disarankan agar penyambungan poros motor DC dengan poros mata parut dilakukan secara sentrik, sehingga mata parut dapat berputar dengan lancar.
2. Disarankan untuk menambahkan sistem keamanan pada alat ini guna memastikan keselamatan selama proses pamarutan kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iqbal Thasinwa, Hermin Istiasih, Rachmad Santoso “Rancang Bangun Alat Pamarut Kelapa Menggunakan Tenaga Listrik” Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2021
- [2] Gugun Gundara, Slamet Riyadi “Rancang Bangun Mesin Parut Kelapa Skala Rumah Tangga Dengan Motor Listrik 220 Volt” Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, 2017.
- [3] Abdurrahman Nur, A. Saif Ahmad, Muhammad Nur “Mesin pamarut kelapa otomatis berbasis mikrokontroler avr atmega328pu” Politeknik Bosowa, 2022.
- [4] Azhar. Muhamad. Dkk, “Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional”, *Administrative Law & Governance Journal*. Vol. 1, 2018.
- [5] N. A. Yusuf, “Analisis Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di PT. Pertamina (Persero) Unit Pengolahan IV Cilacap”, *Institut Teknologi Sepuluh November*, pp. 8-04, 2016.
- [6] Sreega, R., K. Nithyananthan, and B. Nandhini. "Design And Development Of Automated Solar Panel Cleaner And Cooler." *Int. J. Electr. Electron. Eng* 9 (2017): 186-197.

- [7] Notosudjono. Didik dan Fikri. Adzikri, "Teknologi Energi Terbarukan", Bogor : Unpak Press, 2018.
- [8] Bakhtiar. B dan Tadjuddin, "Pemilihan Solar Charge Controller (SCC) Pembangkit Listrik Tenaga Surya", Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) 78-602-60766-9-4, 2020.
- [9] Faiz. A, Dimas. A. A, dan Soedibjo, "Desain Sistem Monitoring State Of Charge Baterai Pada Charging Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic Dengan Mempertimbangkan Temperatur, Institut Teknologi Sepuluh November, Vol.5, No.2, 2016.
- [10] Sunardi, G. Toldo, and A. Triyanto, "Rancang Bangun Mesin Listrik Pemotong Rumput Menggunakan Control Arduino," OKTAL: Jurnal Ilmu Komputer dan Science, vol. 1, no. 3, pp. 271-282, 2022.
- [11] Asmazori, Mutiara. "Rancang Bangun Alat Pendeteksi NOx dan CO Berbasis Mikrokontroler ESP32 dengan Notifikasi Via Telegram dan Suara." JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering) 5.02 (2021): 57-62.
- [12] byju's "pengertian motor DC". Accessed 24 11, 2023.
<https://byjus.com/physics/DC-motor/>
- [13] Rahmatullah, Andreaz. Aplikasi Sensor Infra Red sebagai Pendeteksi Benda pada Alat Pemilah Sampah Logam dan Non Logam Otomatis. Diss. Politeknik Negeri Sriwijaya, 2019.
- [14] 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).
- [15] Iyan Anugrah "Pengukur Daya Listrik Menggunakan Sensor Arus Acs712-05a Dan Sensor Tegangan Zmpt101b" Universitas Negeri Yogyakarta, 2017.
- [16] Wicaksono, Ermawan. Pengaplikasian Sensor Load Cell Pada Prototype Alat Sortir Berat Beras 25 Gram Berbasis Arduino. Diss. Politeknik Negeri Sriwijaya, 2017.
- [17] Mukhammad, Yanuar, A. Santika, and Sri Haryuni. "Analisis Akurasi Modul Amplifier HX711 untuk Timbangan Bayi." Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia 4.1 (2022).
- [18] F.Y.S, M.S.A, P. "Alat Pengukur Tinggi Badan, Berat Badan, Dan Suhu Badan Digital Menggunakan Sensor Ultrasonik, Load Cell, Dan Inframerah Mlx90614"
- [19] Siregar, Devinta Ayu, Hambali, Hambali. Alat Pembasmi Hama Tanaman Padi Otomatis Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Tegangan Kejut Listrik. Jurnal Teknik Elektro Indonesia, 2020.
- [20] Arif. Adi. Nugroho, Endah Fitriani, "Rancang Bangun panel Automatic Transfer Switch (ATS) Dengan Monitoring dan Kendali Via Android Berbasis Outseal PLC", Universitas Bina Darma, 2022.
- [21] A. A. A. Wibowo, Sistem Kendali dan Monitoring Peralatan Elektronik Berbasis NODEMCU ESP8266 dan Aplikasi Blink, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Akakom Yogyakarta, 2018.
- [22] Wibowo, Tri. Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (Ats) Menggunakan Programable Logic Control (PLC) Deep Sea 7320. Diss. undip, 2018.

PENULIS

- [1] **Alfian Rowi Dharmawan, S.T.** Alumni (2024) Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan alfian.rowi.dharmawan@gmail.com
- [2] **Prof. Dr. Ir. H. Didik Notosudjono, M.Sc., IPU., ASEAN. Eng, APEC. Eng.** Staf Dosen Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan.
- [3] **Agustini Rodiah Machdi, S.T., M.T.** Staf Dosen Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik – Universitas Pakuan.