

## Pengembangan Alat Pengiris Singkong Berpenggerak Motor DC dengan Penyimpanan Energi Baterai

Nadia Intani Zalbila<sup>1</sup>✉, Umi Fadlilah<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura,  
Sukoharjo, Indonesia

✉ Email korespondensi: [intannadia384@gmail.com](mailto:intannadia384@gmail.com)

**Abstrak.** Proses pengirisan singkong secara manual yang masih banyak digunakan sering kali memakan waktu, kurang aman, dan bergantung pada tenaga manusia. Alat pengiris singkong yang ada saat ini kebanyakan menggunakan tenaga manusia untuk memasukkan singkong dan menggerakkan pisau potongnya, sehingga dapat menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak hati-hati dalam pengoperasiannya. Hal lain yang mempengaruhi yaitu ketika terjadi pemadaman listrik yang menyebabkan alat berhenti beroperasi sehingga menghambat proses pengirisan singkong. Oleh sebab itu, akan dikembangkan alat pengiris singkong yang lebih aman dan praktis untuk meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan motor DC sebagai penggerak utama, yang energinya disuplai oleh baterai. Dengan sistem semi otomatis, singkong akan didorong oleh *actuator linier* menuju pisau pemotong yang digerakkan motor DC. Baterai berfungsi sebagai sumber energi yang dapat menyediakan daya sementara saat terjadi mati listrik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, alat pemotong singkong berbasis motor DC dan baterai mampu beroperasi selama 45 menit tanpa beban dan 30 menit dengan beban, dengan konsumsi energi yang meningkat seiring waktu akibat penurunan tegangan dan daya karena pelemahan kapasitas baterai. Sensor PZEM-017 menunjukkan akurasi pengukuran yang baik, dengan selisih tegangan 0.36–0.76 Volt (*error* maksimal 4.264%), selisih arus tertinggi 0.13 Ampere (*error* 2.995%), dan selisih daya mencapai 2.41 Watt (*error* maksimal 6.624%). Penurunan RPM dan kecepatan potong menjadi indikasi turunnya efisiensi mekanik akibat berkurangnya suplai energi. Selama tegangan dan arus masih dalam batas optimal, alat mampu memotong singkong dengan baik dan hasil yang stabil.

**Kata kunci:** Baterai, Energi, Motor DC, Pengiris Singkong, Sensor Proximity.



## PENDAHULUAN

Singkong merupakan contoh sumber pangan yang memiliki nilai kandungan dan potensial olah yang tinggi. Ubi kayu atau singkong merupakan komoditas pangan utama yang potensial bagi pertumbuhan ekonomi di Indonesia [1]. Hal tersebut yang menjadikan Indonesia sebagai negara penghasil singkong terbesar di dunia. Berdasarkan data dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal, Pada tahun 2022 Lampung menjadi provinsi sentra utama yang memiliki total produksi sebanyak 5,95 juta ton dan kontribusi sebesar 39,74% [2]. Produk olahan yang dihasilkan dari singkong mampu memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi, seperti tepung-tepungan, keripik, bahan baku makanan, dan berbagai olahan makanan ringan. Selain dijadikan produk olah, singkong juga memiliki kandungan karbohidrat yang baik bagi tubuh. Karbohidrat yang dimiliki singkong dapat digunakan sebagai alternatif pengganti sumber karbohidrat lain, seperti nasi.

Tahap pengirisan menjadi salah satu tahap dimulainya produk-produk olahan dari singkong. Hal tersebut memiliki peranan penting untuk hasil akhir dari bahan baku pembuatan keripik dengan memastikan kualitas produk. Namun, umumnya yang terjadi di Indonesia yaitu pengolahan singkong yang masih menggunakan tenaga manusia pada proses pembuatannya, selain itu menggunakan motor listrik yang memerlukan daya cukup besar yang hanya bisa digunakan ketika listrik menyala. Alat pengiris singkong yang ada saat ini kebanyakan menggunakan tenaga manusia untuk memasukkan singkong dan menggerakkan pisau potongnya, sehingga dapat menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak hati-hati dalam pengoperasiannya.

Berdasarkan kondisi tersebut, menyebabkan adanya kebutuhan mendesak untuk mengembangkan alat pengiris singkong yang mulanya dilakukan secara manual menjadi alat pengiris singkong semi otomatis, sehingga hasil yang ditimbulkan yaitu dapat mengurangi ketergantungan terhadap tenaga manusia. Selain itu, alat tetap dapat beroperasi ketika terjadi pemadaman listrik sehingga tidak menghambat proses produksi. Oleh karena itu, pengembangan alat pengiris singkong menjadi alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pengembangan ini berbasis teknologi modern, seperti penggunaan motor DC dengan penyimpanan energi dari baterai, yang dapat menjadi solusi efektif dalam proses pengirisan. Perubahan energi listrik menjadi energi mekanik menyebabkan motor DC akan berputar dengan kecepatan tertentu [3]. Dengan demikian, inovasi dalam teknologi alat pengiris singkong dapat meningkatkan daya saing produk singkong di pasar sekaligus berperan dalam memajukan sektor pertanian dan industri pengolahan singkong di Indonesia.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan mesin pengiris singkong yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama guna meningkatkan



efisiensi dan produktivitas pengolahan singkong, terutama pada skala usaha rumah tangga dan industri kecil. Perancangan mesin pengiris singkong dengan kapasitas produksi 40 kg/jam yang mengaplikasikan motor listrik 1,25 HP dan sistem transmisi sabuk-puli yang mampu mentransfer daya secara optimal ke pisau pemotong. Desain ini memungkinkan pemotongan singkong dengan hasil irisan yang seragam serta meningkatkan kecepatan produksi tanpa mengorbankan kualitas hasil potongan [4]. Sementara itu, [5] mengembangkan mesin pengiris singkong berkapasitas 38 kg/jam dengan motor listrik 1/2 HP. Penelitian ini menekankan pada desain mekanis yang stabil dan efisien untuk memaksimalkan hasil irisan singkong sekaligus mengurangi getaran dan kebisingan selama operasi mesin. Kedua penelitian ini menegaskan pentingnya pemilihan komponen motor dan transmisi yang tepat dalam rangka menghasilkan alat yang tidak hanya efektif tapi juga tahan lama dan mudah dioperasikan.

Alat pengiris ini dirancang sedemikian rupa sehingga waktu yang diperlukan jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode manual. Alat ini juga menggunakan metode *reverse engineering*, sebuah sistem dengan mengidentifikasi komponen-komponen yang ada dan hubungan antar komponen tersebut [6]. Penelitian mengenai perancangan alat pemotong singkong otomatis dengan metode *reverse engineering* ini dilakukan dengan membongkar mesin pemotong otomatis yang sudah ada, lalu mengidentifikasi bahan, mekanisme kerja, dan teknologi yang digunakan [7]. Masalah utama dalam pengirisan singkong adalah keselamatan dan kesulitan mengiris dalam jumlah besar secara manual. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengembangan, merancang, dan memproduksi alat yang lebih aman dan ekonomis.

Dalam hal ini, penulis melakukan pengembangan pada alat pengiris singkong dengan merancang sebuah alat fungsional yang merupakan pengembangan dari alat sebelumnya. Pengembangan ini dilakukan dengan mengubah motor yang digunakan pada alat sebelumnya, yaitu motor listrik menjadi motor DC. Motor DC beroperasi melalui pengaturan tegangan pada jangkar (*armature*), selain itu dapat melalui tegangan atau arus pada penguat medan (*eksitasi*) [8]. Terdapat driver L298N untuk pengendalian terhadap pengontrolan motor DC dengan *type 775* dengan kapasitas 12 volt dengan daya 100 watt. Driver motor L298N berupa pengontrolan *H-bridge* digunakan untuk mengontrol putaran motor melalui metode PWM (*Pulse Width Modulation*) [9]. Selain itu, terdapat pula penggunaan sensor *proximity* yang memungkinkan pendeteksian keberadaan singkong, sehingga alat dapat bekerja hanya saat bahan tersedia. Kemudian, terdapat penggunaan *software* aplikasi *Blynk* yang digunakan untuk memonitoring keadaan dari *actuator linier* dan kapasitas pada baterai. Ketebalan irisan dari produksi ini akan diatur menjadi ukuran yang sama.



## METODE

### 2.1 Persiapan Alat dan Bahan

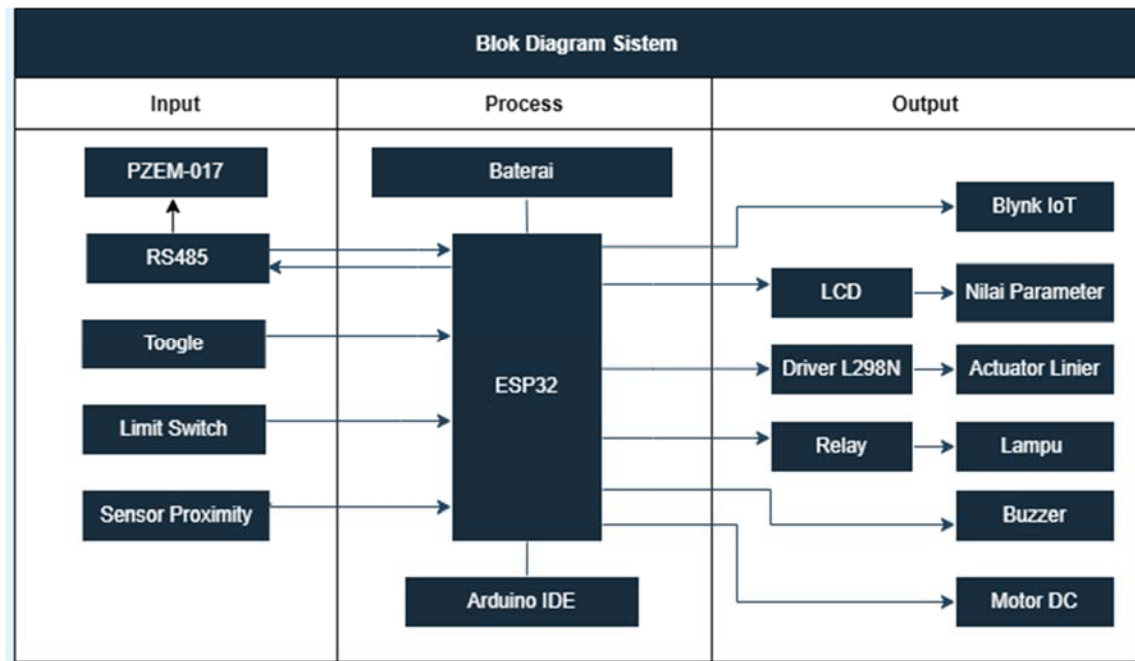
Pada proses perancangan tugas akhir ini, *hardware* dan *software* yang digunakan sebagai berikut :

- a. *Software* yang digunakan yaitu adalah Arduino IDE dan *Blynk*.
- b. *Hardware* menggunakan ESP 32 untuk *microcontroller* yang dapat diprogram menggunakan pemrograman bahasa C dengan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16 x 2 I2C digunakan untuk menampilkan nilai parameter pada perangkat. Menggunakan Sensor *Proximity* D80NK untuk mendeteksi keberadaan singkong yang terletak pada bagian *inlet*. Kemudian, terdapat 2 *Toogle* yang digunakan untuk menyalakan sistem dan menyalakan motor DC. *Driver* L298N untuk mengendalikan kecepatan motor DC pada *actuator linier*. Fungsi pada *actuator linier* yaitu untuk mendorong singkong secara otomatis untuk diiris oleh pisau. Selanjutnya, 2 *limit switch* digunakan untuk mendeteksi batas gerakan maju dan mundur. Untuk mengukur parameter seperti tegangan, arus, daya, dan energi pada arus DC yang tertampil menggunakan PZEM-017. Selain itu, baterai digunakan sebagai *supply* daya listrik dan penyimpanan energi listrik dengan indikator berupa lampu dan *buzzer*.
- c. Alat lain yang digunakan terdapat lem tembak, solder, *project board*, baut, mur, obeng, dan kabel *jumper*.

### 2.2 Perancangan sistem

Perancangan ini bertujuan untuk memastikan ketersediaan alat sekaligus menilai apakah kinerjanya telah sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Pada blok diagram terdapat tiga bagian dimana input yang terdiri dari RS485, PZEM-017, *Toogle* (2), *Limit Switch* (2), Sensor *Proximity*. bagian proses terdapat baterai, ESP 32 sebagai mikrokontroler, dan Arduino IDE. Pada bagian output terdapat *Blynk*, LCD, driver L298N, *relay* dan *actuator linier*. Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 2.1.





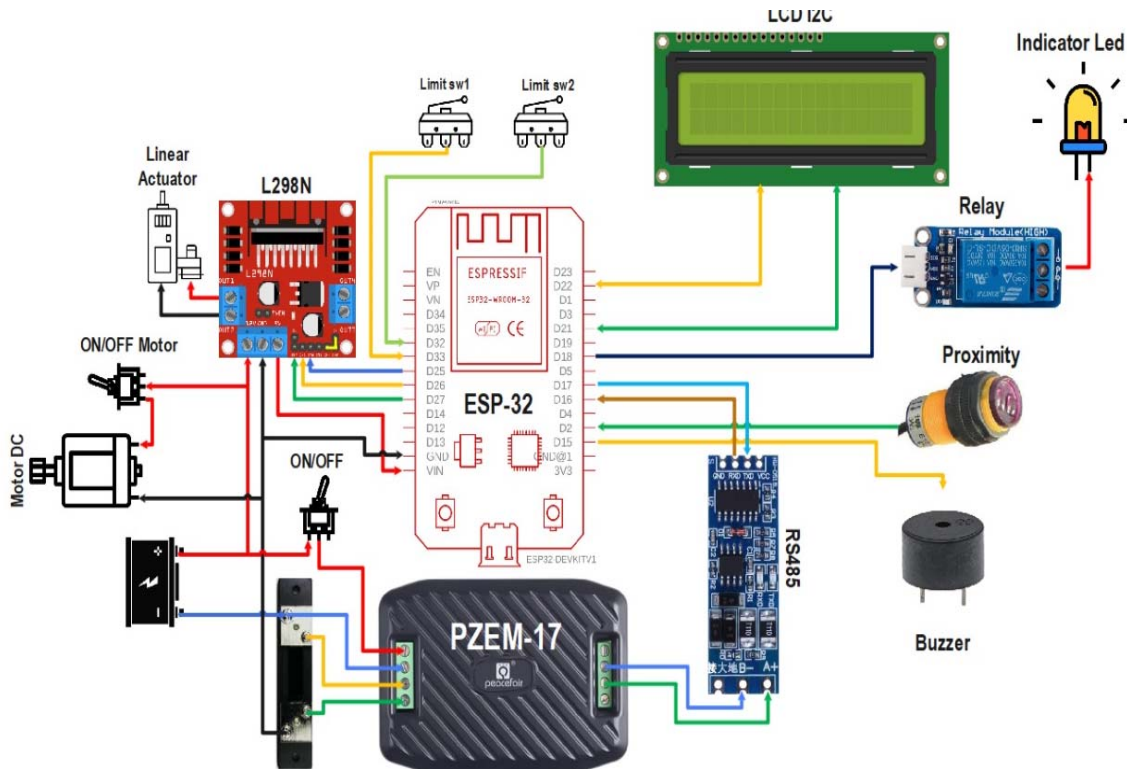
**Gambar 2.1** Blok Diagram Perancangan Sistem

Gambar 2.1 menunjukkan bagian input terdapat sensor PZEM 0-17 yang digunakan untuk memantau nilai tegangan dan arus pada sistem arus searah. Terdapat pula sensor *proximity* yang digunakan untuk mendeteksi adanya keberadaan singkong yang terdapat pada *inlet* sehingga *actuator linier* akan bergerak. Kemudian hasil pembacaan diolah oleh ESP32 di program melalui Arduino IDE yang hasilnya akan ditampilkan pada bagian output bagian *Blynk* dan LCD untuk menampilkan hasil parameter. Terdapat *toogle* untuk menyalakan sistem dan menggerakkan motor DC. *Driver L298N* digunakan untuk mengendalikan *actuator linier*. Kemudian *relay* akan bekerja dengan ditandai indikator berupa lampu dan *buzzer* yang menyala ketika daya pada baterai kurang. *Limit switch* digunakan ketika *actuator linier* sudah mencapai batas yang ditentukan.

### 2.2.1 Perancangan Elektronika

Tahapan ini merupakan proses instalasi sistem untuk setiap komponen yang akan digunakan dalam pembuatan alat, yang dirancang menggunakan *Edraw*. Perancangan elektronika mencakup komponen seperti *microcontroller*, sensor, dan actuator. ESP32 digunakan sebagai pusat/otak pengendali semua komponen elektronik, dimana sensor *proximity*, sensor PZEM-017, *toogle*, dan *limit switch* sebagai input, data akan diproses oleh ESP32, dan outputnya akan ditampilkan ke LCD. *Wiring Diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.2.





Gambar 2.2 Wiring Diagram Perancangan Elektronika

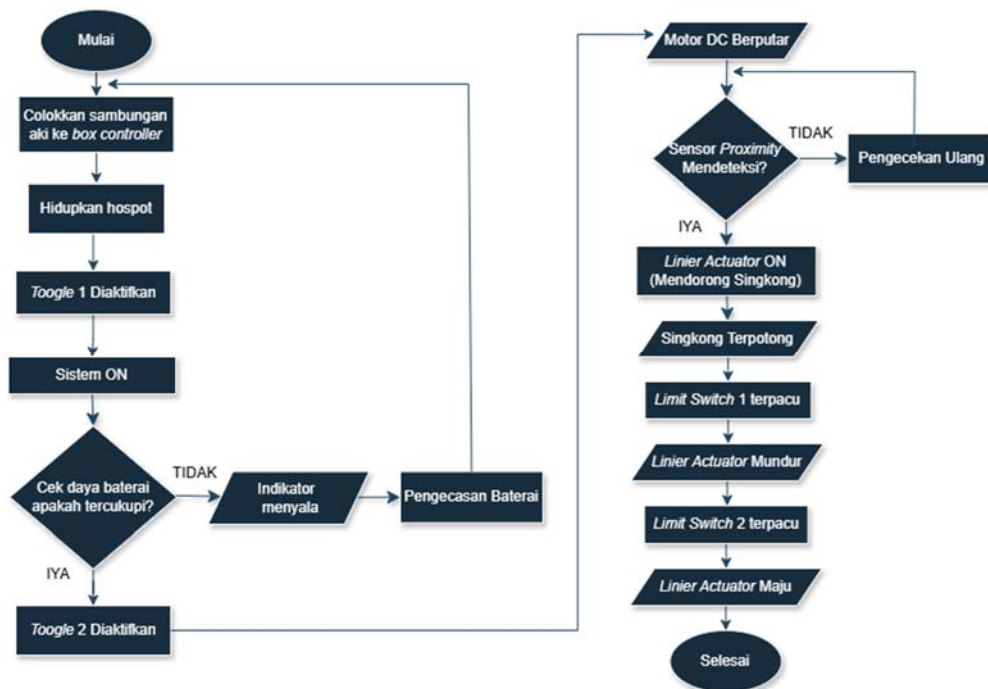
Gambar 2.2 menunjukkan *wiring diagram* dari perancangan sistem elektronika berbasis *microcontroller* ESP32. Sistem ini dirancang untuk mengontrol berbagai komponen seperti *actuator linier*, motor, sensor, dan perangkat output. ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang terhubung ke *driver* motor L298N untuk mengatur pergerakan motor DC pada *actuator linier*. *Actuator linier* ini juga dilengkapi dengan *limit switch* yang dihubungkan ke pin digital ESP32 sebagai pengaman untuk mendeteksi batas gerak. Untuk memantau konsumsi daya, digunakan modul PZEM-017 yang terhubung ke ESP32 melalui RS485, memungkinkan komunikasi data antara modul pengukur daya dan *microcontroller*. Sistem ini juga dilengkapi dengan LCD 16x2 berprotokol I2C yang menampilkan informasi penting dan hanya membutuhkan dua pin koneksi (SDA dan SCL) ke ESP32. Selain itu, terdapat sensor *proximity* yang berfungsi mendeteksi keberadaan objek dan memberikan sinyal input ke ESP32, serta *buzzer* sebagai alat pemberi peringatan suara. Sistem ini juga menggunakan relay untuk mengontrol perangkat listrik eksternal seperti indikator LED. Relay ini dikendalikan langsung oleh ESP32 melalui output digital. Terdapat pula beberapa tombol ON/OFF yang berfungsi sebagai kontrol manual untuk mengaktifkan atau menonaktifkan motor dan sistem secara keseluruhan. Dengan konfigurasi ini, sistem menjadi terintegrasi dan otomatis, mampu



menjalankan tugas secara efisien dengan masukan dari sensor dan kendali *microcontroller*

### 2.2.2 Perancangan *Software*

Alat pengiris singkong dapat dimonitoring apabila sudah tersambung dengan WiFi maupun *hotspot* yang diaktifkan dari *smartphone* ke aplikasi *Blynk*. Nilai pada parameter akan tertampil apabila alat sudah bekerja. Pengguna dapat memulai mengaktifkan alat dengan menggeser tuas *toggle* pada boks sehingga terjadi pengecekan terhadap baterai dan sistem akan aktif apabila nilai pada baterai masih terpenuhi. *Flowchart* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** *Flowchart* Sistem

Gambar 2.3 menunjukkan alur kerja sistem otomatis pemotong singkong berbasis *microcontroller*. Proses dimulai dengan mengaktifkan *hotspot* sebagai koneksi awal, kemudian menyambungkan aki ke *black box* sebagai sumber daya utama. Setelah itu, pengguna menyalakan sistem dengan mengaktifkan *Toggle 1*. Jika sistem berhasil dinyalakan, langkah berikutnya adalah memeriksa apakah daya baterai mencukupi. Jika daya tidak mencukupi, indikator akan menyala dan sistem akan diarahkan untuk melakukan pengisian baterai terlebih dahulu. Apabila daya baterai memadai, *Toggle 2* diaktifkan untuk menghidupkan motor DC. Selanjutnya, sistem akan menunggu sinyal



dari sensor *proximity* untuk mendeteksi keberadaan objek (dalam hal ini singkong). Jika tidak terdeteksi, sistem akan mengulangi proses pemeriksaan. Jika terdeteksi, maka *linear actuator* akan menyala dan mendorong singkong ke arah pemotong hingga singkong berhasil terpotong sampai *limit switch* 1 terpacu sehingga menyebabkan *linear actuator* bergerak mundur sebagai tanda bahwa actuator telah mencapai batas dorongan maksimal. Selanjutnya, *linear actuator* akan bergerak mundur sampai *limit switch* 2 terpacu. *Flowchart* ini menunjukkan sistem kerja yang otomatis dan berulang.

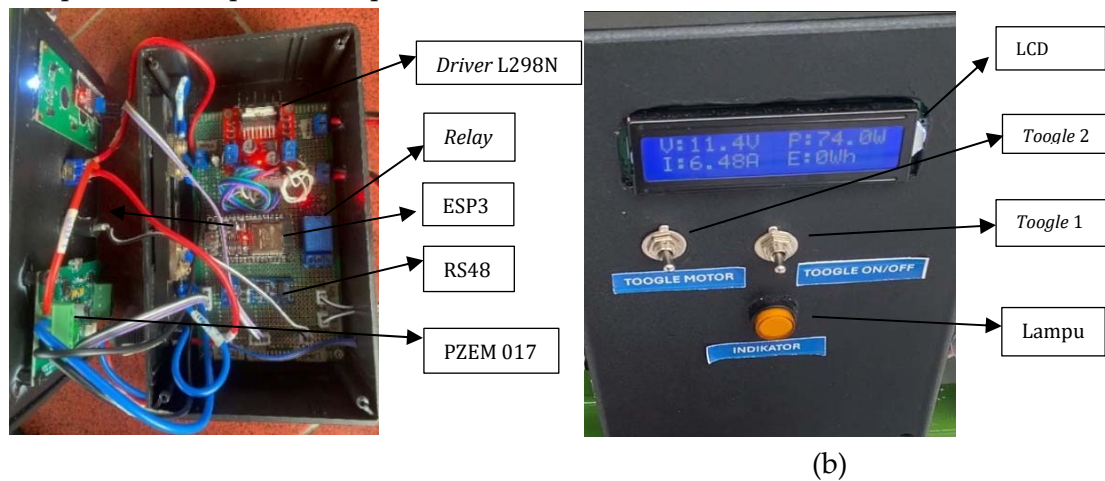
### 2.3 Pembuatan Alat

Pembuatan alat pada penelitian ini memerlukan beberapa tahap, tahapan ini dimulai dari pembuatan rangkaian elektronika, pengembangan kerangka, dan pembuatan sistem *software*.

#### 2.3.1 Pembuatan Rangkaian Elektronika

Berikut tahapan pengerjaan pembuatan rangkaian elektronika, sebagai berikut :

1. Peneliti memilih komponen yang sesuai untuk merangkai alat.
2. Seluruh komponen yang telah disiapkan kemudian dirangkai dan diinstalasi dengan dihubungkan pada papan PCB.
3. Melakukan pengujian terhadap rangkaian yang sudah dibuat.
4. Rangkaian yang telah diuji dapat dirapikan dan dipindahkan ke dalam *box*. Penempatan alat dapat dilihat pada Gambar 2.4 (a) dan (b).



**Gambar 2.4** Pembuatan Rangkaian Elektronika

(a) Bagian dalam *Black Box* (b) Bagian depan *Black Box*

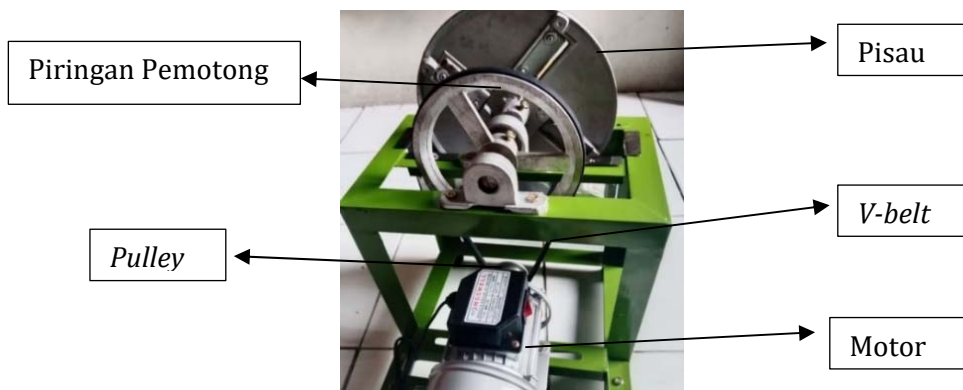
Gambar 2.4 menunjukkan tampilan dari sistem kontrol elektronik yang digunakan dalam proyek pemotong singkong. Pada Gambar 2.4 (a) terlihat komponen-komponen elektronik yang dirakit di dalam sebuah kotak kontrol (*control box*) dengan ditunjukkan



oleh masing-masing tanda panah. Di dalamnya terdapat papan PCB yang diisi dengan berbagai modul seperti *microcontroller*, *driver motor L298N*, modul relay, serta modul sensor yang tersambung dengan kabel-kabel berwarna sebagai jalur komunikasi dan distribusi daya. Sementara itu, bagian kanan gambar menunjukkan tampilan luar dari kotak kontrol. Di sana terdapat sebuah layar LCD 16x2 yang menampilkan informasi penting berupa tegangan (V), arus (I), daya (P), dan energi (E) yang dibaca dari modul PZEM-017. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dilengkapi dengan pemantauan konsumsi listrik secara *real time*.

### 2.3.2 Pengembangan Kerangka

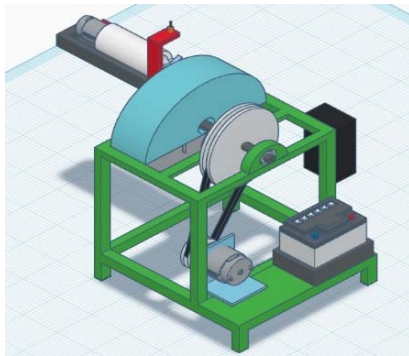
Berdasarkan latar belakang yang sudah peneliti tuliskan, yaitu mengenai pengembangan alat dimana alat pengiris singkong ini mulanya sudah ada sehingga peneliti hanya mengembangkan dari alat pengiris singkong sebelumnya. Secara umum, untuk alat pemotong singkong sebelumnya terdiri dari motor listrik, kerangka, pisau, *pulley*, dan *inlet*. Pengembangan kerangka dapat dilihat pada Gambar 2.5.



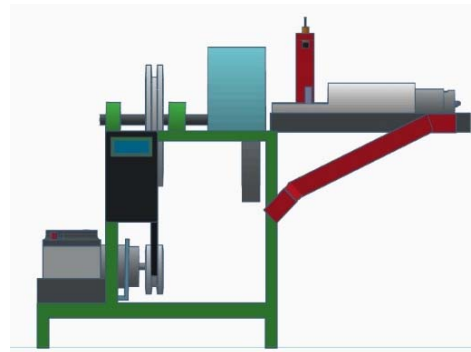
**Gambar 2.5.** Kerangka Sebelum Pengembangan

Berdasarkan Gambar 2.5 menunjukkan bagian mekanik dari mesin pemotong singkong sebelum peneliti kembangkan. Terlihat sebuah rangka kokoh berwarna hijau yang berfungsi sebagai penopang seluruh sistem, terbuat dari besi *hollow* untuk memastikan kestabilan dan kekuatan saat proses pemotongan berlangsung. Di bagian atas terdapat pisau pemotong berbentuk piringan (*disc cutter*) yang dihubungkan dengan poros dan sabuk ke motor penggerak di bagian bawah. Motor listrik ini berfungsi sebagai sumber tenaga utama yang memutar pisau pemotong melalui mekanisme transmisi sabuk dan pulley. Desain ini memungkinkan singkong dipotong secara cepat dan presisi saat didorong oleh *actuator linier* ke arah pisau. Alat tersebut memiliki panjang 37 cm, lebar 32,5 cm tinggi 46,5 cm, dan 6,2 berat kg. Untuk kerangka yang akan dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 2.6 (a) dan (b).





(a)



(b)

**Gambar 2.6.** Desain Kerangka Pengembangan Alat

(a) Desain Tampak Depan, (b) Desain Tampak Samping

Berdasarkan Gambar 2.6 mengenai desain kerangka pengembangan, perbedaan antara kerangka asli dengan kerangka pengembangan yaitu terletak pada bagian *inlet*, motor, dan boks kontroler. Pada bagian *inlet* yang awalnya terdapat besi pendek, dikembangkan dengan menggunakan besi penyangga sebagai tempat *actuator linier* bergerak. Selanjutnya, pada bagian motor yang mulanya menggunakan motor listrik AC diganti dengan motor DC dengan *type 775* beserta dudukan motor dan *pulley* dengan *type* yang serupa. Kemudian, pada bagian *v-belt* yang semula ukuran M29 diganti dengan ukuran M33 karena menyesuaikan panjang dari bentuk motor dan *pulley*. Untuk bagian tambahannya, ada boks kontroler dimana digunakan sebagai monitoring sistem. Dimensi alat setelah dikembangkan yaitu memiliki panjang 76 cm, lebar 39 cm, tinggi 54,5 cm, dan berat 9,85 kg.

### 2.3.3 Pembuatan *Software*

Tahapan ini bertujuan untuk mengintegrasikan sistem perangkat lunak dan perangkat keras agar keseluruhan sistem dapat beroperasi sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan pengguna yang telah ditetapkan. Proses pemrograman dilakukan melalui platform *Arduino IDE*, yang berperan sebagai inti pengendali sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Dalam implementasinya, aplikasi *Blynk* digunakan sebagai antarmuka pengguna berbasis *mobile*, yang memungkinkan pengguna untuk memberikan instruksi secara jarak jauh serta memantau performa alat secara *real-time* melalui perangkat *smartphone*. Pembuatan *software* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



```

pzem.ino
1 void read_pzem(){
2   uint8_t result;
3   result = node.readInputRegisters(0x0000, 6);
4   if (result == node.ku8MBSuccess) {
5     uint32_t tempdouble = 0x00000000;
6     PZEMVoltage = node.getResponseBuffer(0x0000) / 100.0;
7     PZEMCurrent = node.getResponseBuffer(0x0001) / 100.0;
8     tempdouble = (node.getResponseBuffer(0x0003) << 16) + node.getResponseBuffer(0x0002);
9     PZEMPower = tempdouble / 10.0; //Divide the value by 10 to get actual power value (as per manual)
10    tempdouble = (node.getResponseBuffer(0x0005) << 16) + node.getResponseBuffer(0x0004);
11    PZEMEnergy = tempdouble;
12    Serial.print(PZEMVoltage, 1); //Print Voltage value on Serial Monitor with 1 decimal*/
13    Serial.print("V ");
14    Serial.print(PZEMCurrent, 3); Serial.print("A ");
15    Serial.print(PZEMPower, 1); Serial.print("W ");
16    Serial.print(PZEMEnergy, 0); Serial.print("Wh ");
17    lcd.clear();
18    lcd.setCursor(0,0);
19    lcd.print("V:");lcd.print(PZEMVoltage,1);lcd.print("V");
20    lcd.setCursor(0,1);
21    lcd.print("I:"); lcd.print(PZEMCurrent,2);lcd.print("A");
22    lcd.setCursor(9,0);
23    lcd.print("P:");lcd.print(PZEMPower, 1);lcd.print("W");
24    lcd.setCursor(9,1);
25    lcd.print("E:");lcd.print(PZEMEnergy, 0);lcd.print("Wh");
26    Serial.println();
27  } else {
28    Serial.println("Failed to read modbus");
29    lcd.clear();
30    lcd.setCursor(1,0);
31    lcd.print("No Supply");
32    Serial.println();
33  }
34  delay(1000);
35 }
36 void resetEnergy(uint8_t slaveAddr) {
37   uint16_t u16CRC = 0xFFFF;
38   static uint8_t resetCommand = 0x42;
39   u16CRC = crc16_update(u16CRC, slaveAddr);
40   u16CRC = crc16_update(u16CRC, resetCommand);
41   Serial.println("Resetting Energy");
42   Serial2.available();
43   Serial2.write(slaveAddr);
44   Serial2.write(resetCommand);
45   Serial2.write(lowByte(u16CRC));
46   Serial2.write(highByte(u16CRC));
47   delay(1000);
48   // Cek respons reset
49   if (Serial2.available()) {
50     Serial.print("Response: ");
51     while (Serial2.available()) {
52       Serial.print(Serial2.read(), HEX);
53       lcd.setCursor(0,0);
54       lcd.print("Resetting Energy");
55       Serial.print(" ");
56     }
57     Serial.println();
58   } else {
59     Serial.println("No response received for reset.");
60   }
61 }
62 }
63 void setShunt(uint8_t slaveAddr) {
64   static uint8_t SlaveParameter = 0x06;
65   static uint16_t registerAddress = 0x0003;
66
67   uint16_t u16CRC = 0xFFFF;
68   u16CRC = crc16_update(u16CRC, slaveAddr);
69   u16CRC = crc16_update(u16CRC, SlaveParameter);
70   u16CRC = crc16_update(u16CRC, highByte(registerAddress));
71   u16CRC = crc16_update(u16CRC, lowByte(registerAddress));
72   u16CRC = crc16_update(u16CRC, highByte(NewshuntAddr));
73   u16CRC = crc16_update(u16CRC, lowByte(NewshuntAddr));
74
75   Serial.println("Change shunt address");
76   Serial2.write(slaveAddr); //these whole process code sequence refer to manual
77   Serial2.write(SlaveParameter);
78   Serial2.write(highByte(registerAddress));
79   Serial2.write(lowByte(registerAddress));
80   Serial2.write(highByte(NewshuntAddr));
81   Serial2.write(lowByte(NewshuntAddr));
82   Serial2.write(lowByte(u16CRC));
83   Serial2.write(highByte(u16CRC));
84   delay(10); delay(100);
85   while (Serial2.available()) {
86     Serial.print(char(Serial2.read()), HEX); //Prints the response and display on Serial Monitor
87     Serial.print(" ");
88   }
89 } //setShunt Ends
90
91

```

Gambar 2.7. Script Dari Program Microcontroller



Berdasarkan Gambar 2.7 merupakan *script* dari program *microcontroller* ESP32 yang digunakan untuk berkomunikasi dengan sensor PZEM-017, yaitu sebuah modul pengukur parameter listrik seperti tegangan (V), arus (A), daya (W), dan energi (Wh) melalui protokol Modbus RTU. Fungsi `read_pzem()` digunakan untuk membaca data dari PZEM-017 dengan memanfaatkan *library* Modbus. Jika pembacaan berhasil (`node.ku8MBSuccess`), maka nilai tegangan dan arus diambil langsung dari *register* dan dibagi sesuai skala sensor, sedangkan nilai daya dan energi dikonversi dari dua *register* 16-bit menjadi satu nilai 32-bit untuk mendapatkan hasil yang akurat. Data tersebut kemudian ditampilkan baik melalui Serial Monitor maupun LCD 16x2, memungkinkan pengguna melihat kondisi kelistrikan sistem secara *real-time*. Fungsi `resetEnergy()` bertugas untuk mengirimkan perintah reset energi ke modul PZEM menggunakan perintah khusus (kode 0x42) dan memverifikasi respons dari modul. Sementara itu, fungsi `setShunt()` digunakan untuk mengatur ulang nilai *shunt* resistor *address*, yaitu parameter penting yang harus sesuai dengan sensor untuk mendapatkan pembacaan arus yang akurat. Semua komunikasi ini dilakukan melalui port Serial2, menunjukkan bahwa koneksi dilakukan menggunakan antarmuka serial RS485. Program ini penting dalam sistem pemotong singkong otomatis karena membantu memantau konsumsi daya secara *real-time* dan menjaga efisiensi serta keamanan sistem.

#### 2.4 Pengujian dan Perbaikan Alat

Tahap pengujian merupakan bagian krusial dalam proses pengembangan sistem yang bertujuan untuk menilai apakah program telah berjalan sesuai dengan fungsinya. Jika selama proses pengujian ditemukan kerusakan pada perangkat keras atau kesalahan dalam program, maka tindakan perbaikan dan penyempurnaan akan segera dilakukan. Setelah alat pengiris singkong yang digerakkan oleh motor DC dan menggunakan penyimpanan energi baterai selesai dirakit, dilakukan serangkaian pengujian untuk menilai kinerja pemotongan, efisiensi motor, serta daya tahan baterai. Apabila baterai mengalami penurunan tegangan setelah digunakan, maka untuk mengatasinya dapat dilakukan pengisian baterai aki kembali menggunakan cas aki. Proses pengujian ini menegaskan pentingnya evaluasi dan perbaikan dalam memastikan alat dapat berfungsi optimal saat digunakan di lapangan. Pengujian dan perbaikan alat dapat dilihat pada Gambar 2.8 (a) dan (b).





(a)



(b)

**Gambar 2.8** (a) Pengujian Alat dan (b) Perbaikan Alat

Gambar 2.8 menunjukkan proses penting dalam tahap evaluasi kinerja alat, yaitu pengujian dan perbaikan. Pada gambar (a), terlihat proses pengujian alat dilakukan dengan memantau nilai output sistem melalui layar LCD serta pengukuran tegangan menggunakan *clampmeter*, sementara *stopwatch* pada *smartphone* turut digunakan untuk mencatat waktu untuk memverifikasi data keluaran. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat berfungsi sesuai dengan parameter yang diharapkan. Sedangkan pada gambar (b), tampak proses perbaikan yang dilakukan menggunakan perangkat pengisi daya baterai untuk memastikan catu daya dalam kondisi optimal. Perbaikan ini dilakukan untuk mengatasi masalah kelistrikan yang dapat mengganggu performa alat secara keseluruhan. Gambar 2.8 menunjukkan bahwa tahapan pengujian dan perbaikan sangat krusial guna memastikan alat bekerja secara efektif dan siap digunakan.

## 2.5 Pembuatan Laporan

Tahap penyusunan laporan melibatkan penjabaran mengenai tahapan perancangan dan proses pembuatan alat, serta penyajian data hasil penelitian yang diperoleh dari pengujian alat, yang kemudian dirangkum secara sistematis dalam bentuk dokumen laporan. Laporan ini disusun untuk mendokumentasikan proses pengembangan alat pengiris singkong berpenggerak motor DC dengan penyimpanan energi baterai. Laporan mencakup tahap perancangan, pembuatan, pengujian, serta analisis hasil secara sistematis. Penyusunan laporan ini bertujuan sebagai bukti ilmiah sekaligus referensi untuk pengembangan alat serupa di masa mendatang.



## HASIL

### 3.1 Pengujian *Software*

Pada tahap pengujian ini, sistem otomatis digunakan untuk mengontrol alat yang dibuat dengan beberapa parameter pada tampilan *Blynk* yang dapat dimonitoring oleh pengguna melalui *smartphone*. Terdapat *display* berupa LCD 12x4 yang dapat digunakan untuk menampilkan nilai tegangan, arus, daya, dan energi. Tampilan tersebut akan muncul ketika alat mulai diaktifkan, untuk mengetahui tegangan pada aki masih dapat mencukupi untuk sistem bekerja atau tidak. Apabila tegangan yang tertampil sudah tidak mencukupi, maka indikator berupa lampu dan *buzzer* akan menyala sebagai tanda bahwa aki dalam kondisi perlu pengisian. Sistem ini hanya dapat dimonitoring ketika *smartphone* memiliki akses internet. ESP32 dihubungkan ke *hospot* dari *smartphone*. *Smartphone* juga terhubung ke internet melalui data seluler, sehingga perangkat dapat berkomunikasi dengan *server Blynk* melalui internet. Tampilan *Blynk* dapat dilihat pada Gambar 3.1



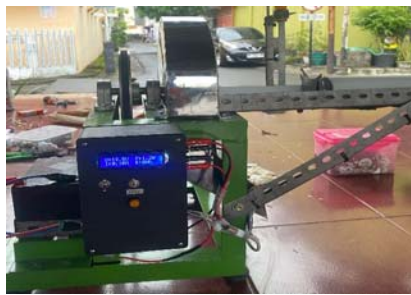
**Gambar 3.1** Monitoring Menggunakan *Blynk*

Gambar 3.1 menunjukkan proses monitoring kinerja alat menggunakan aplikasi *Blynk* yang terintegrasi dengan sistem berbasis *Internet of Things (IoT)*. Pada gambar terlihat bahwa data pengukuran dari alat, seperti tegangan, arus, dan daya, ditampilkan secara *real-time* melalui layar LCD pada alat serta aplikasi *Blynk* yang terpasang di ponsel pintar. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi alat dari jarak jauh secara praktis dan efisien. Penggunaan *Blynk* memberikan kemudahan dalam melakukan evaluasi performa alat tanpa harus mengakses langsung perangkat kerasnya, sehingga meningkatkan keandalan dan kenyamanan dalam proses pengoperasian maupun pemeliharaan alat.



### 3.2 Pengujian *Hardware*

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan keberhasilan alat yang sudah dibuat, setelah setiap komponen dirakit maka alat dapat melakukan pengujian secara menyeluruh. Sebelum menjalankan alat, komponen-komponen dapat diberikan sumber tegangan sesuai dengan spesifikasinya. Alat pengiris singkong ini menggunakan sumber aki baterai sebesar 12V dengan kapasitas aki sebesar 12Ah. Kemudian terdapat *toggle* untuk menyalakan system yang terhubung pada pin *driver* L298N power input yang terhubung pula dengan sensor PZEM 017. Ketika *toggle* diaktifkan, sistem akan menampilkan tegangan yang terdapat pada baterai untuk mengkonfirmasi bahwa tegangan pada aki siap untuk *supply*. Kemudian motor dc akan menyala yang menandakan bahwa sistem akan mulai bekerja. Ketika *proximity* mendeteksi, maka *actuator linier* akan mendorong singkong untuk dipotong oleh pisau. Ketika singkong habis terpotong, maka ujung *linier* akan mendorong *limit switch* sehingga *shaft* akan terdorong mundur ke posisi semua. Tampilan *hardware* dapat dilihat pada Gambar 3.2 (a), (b), dan (c).



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.2** Gambar Alat (a) Tampak samping, (b) Tampak depan, dan (c) Tampak belakang

Gambar 3.2 menunjukkan tampilan lengkap dari alat pengiris singkong berpengerak motor DC dengan penyimpanan energi baterai dari tiga sudut berbeda, yaitu (a) tampak samping, (b) tampak depan, dan (c) tampak belakang. Pada tampilan samping (a), terlihat panel kontrol yang dilengkapi dengan layar LCD untuk monitoring parameter listrik serta tombol pengoperasian. Tampak depan (b) menunjukkan posisi



pisau pemotong danudukan singkong, serta motor penggerak yang terpasang dengan kuat. Sementara itu, tampak belakang (c) memperlihatkan komponen utama seperti motor DC dan baterai sebagai sumber energi, serta sistem transmisi *V-belt* yang menghubungkan motor dengan mekanisme pemotongan. Desain ini menunjukkan integrasi antara sistem mekanik dan elektronik yang dirancang untuk mendukung kerja alat secara efisien dan mandiri.

### 3.3 Hasil Penelitian Alat

Hasil penelitian dari skripsi yang berjudul "*Pengembangan Alat Pemotong Singkong Berpenggerak Motor DC dengan Penyimpanan Energi Baterai*" menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu bekerja secara efektif selama 30 menit dengan menggunakan sumber daya dari baterai yang memiliki kapasitas 12 Ah. Kinerja kelistrikan menunjukkan bahwa konsumsi energi meningkat seiring waktu, sementara tegangan cenderung menurun, yang menjadi indikator penurunan kapasitas baterai. Dari sisi mekanik, alat mampu mempertahankan kecepatan putaran motor dan torsi yang relatif stabil dalam durasi tertentu, meskipun kecepatan potong menurun di akhir pengujian. Waktu yang diperlukan singkong dengan ukuran tersebut habis terpotong yaitu berkisar kurang dari 33 detik. Untuk jarak sensor *proximity* mendeteksi keberadaan singkong berkisar 16 cm. Selain itu, untuk *actuator linier* dapat berjalan dalam 1 periode dengan waktu kurang lebih 1 menit.

#### 3.3.1 Perbandingan Alat Ukur dan Sensor PZEM 17

Pada pengujian pertama ini merupakan uji coba perbandingan dari nilai sensor PZEM yang tertampil pada LCD dengan nilai yang dihasilkan oleh alat ukur. Alat ukur yang digunakan yaitu beragam. Untuk pengukuran tegangan dan arus, menggunakan *clamp meter* dengan *type* Hobotest HT207D. Sedangkan untuk waktu pengujian menggunakan *stopwatch* pada *smartphone*. Untuk nilai persentase dicari dengan menggunakan rumus antara nilai pada sensor dan nilai pada *clampmeter*, seperi pada Persamaan 1.

$$\text{Persentase error (\%)} = \left( \frac{|NS-NC|}{NC} \right) \times 100 \quad (1)$$

Keterangan dari Persamaan 1:

NS : Nilai Sensor (Volt (V) & Ampere (A))

NC : Nilai *Clampmeter* (Volt (V) & Ampere (A))

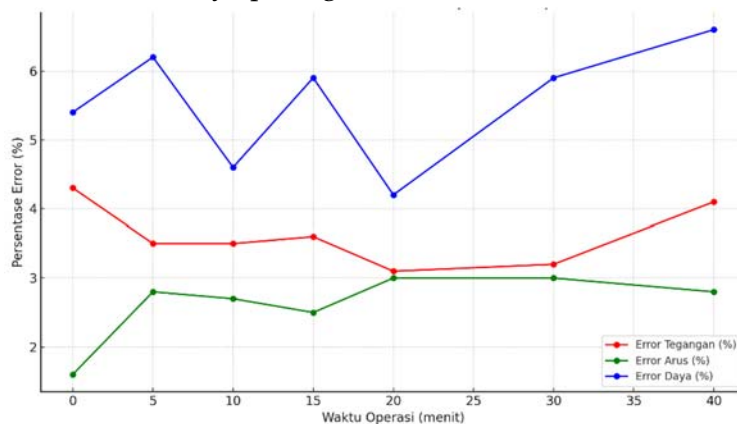
Untuk pengujian ini memiliki tujuan untuk membandingkan nilai yang tertampil dengan hasil nilai alat ukur, apakah persentase *error* nya jauh atau tepat. Untuk hasil data dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Tabel 3.1 Hasil Data Pengujian Perbandingan Alat Ukur dan Sensor PZEM 17

| No | Waktu Operasi (Menit) | Tegangan Sensor (Volt) | Tegangan Clampmeter (Volt) | Persentase error (%) | Arus Sensor (Ampere) | Arus Clampmeter (Ampere) | Persentase error (%) | Daya Sensor (Watt) | Daya Perhitungan (Watt) |
|----|-----------------------|------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| 1  | 0                     | 11.9                   | 12.43                      | 4.264                | 5.31                 | 5.4                      | 1.667                | 63.4               | 67.122                  |
| 2  | 5                     | 11.7                   | 12.12                      | 3.465                | 4.53                 | 4.66                     | 2.790                | 53                 | 67.122                  |
| 3  | 10                    | 11.6                   | 12.02                      | 3.494                | 4.31                 | 4.43                     | 2.708                | 50.8               | 67.122                  |
| 4  | 15                    | 11.5                   | 11.93                      | 3.604                | 4.28                 | 4.39                     | 2.505                | 49.3               | 67.122                  |
| 5  | 20                    | 11.4                   | 11.76                      | 3.061                | 4.22                 | 4.35                     | 2.988                | 49                 | 67.122                  |
| 6  | 30                    | 10.7                   | 11.05                      | 3.167                | 4.21                 | 4.34                     | 2.995                | 45.1               | 67.122                  |
| 7  | 45                    | 8.4                    | 8.76                       | 4.109                | 4.11                 | 4.23                     | 2.836                | 34.6               | 67.122                  |

Berdasarkan Tabel 3.1 menunjukkan data perbandingan antara hasil pengukuran sensor PZEM-017 dengan alat ukur *clamp meter* terhadap tegangan, arus, dan daya listrik selama pengoperasian alat pemotong singkong dalam rentang waktu 0 hingga 45 menit. Pada awal pengujian (menit ke-0), tegangan sensor tercatat sebesar 11,9 V, sedangkan multimeter menunjukkan 12,43 V, menghasilkan persentase *error* sebesar 4,264%. Sementara itu, arus yang terukur oleh sensor adalah 5,31 A dan oleh multimeter sebesar 5,4 A, dengan *error* 1,667%. Nilai daya sensor pada titik tersebut adalah 63,4 W, sedangkan hasil perhitungan dari tegangan dan arus menunjukkan 67,122 W, dengan *error* 5,345%. Seiring bertambahnya waktu, nilai tegangan dan arus mengalami penurunan, terutama pada menit ke-45 di mana tegangan sensor hanya 8,4 V dan arus 4,11 A, menghasilkan daya 34,6 W dengan *error* daya tertinggi sebesar 6,624%. Secara keseluruhan, nilai *error* yang masih dalam kisaran di bawah 7% menunjukkan bahwa sensor PZEM-017 cukup andal untuk pemantauan daya pada sistem ini. Berdasarkan hasil Tabel 3.1 dapat dilihat dan digambarkan hasil nilainya pada grafik di Gambar 3.3.


 Gambar 3.3 Grafik Persentase *Error* Sensor PZEM terhadap Waktu


Berdasarkan Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa grafik gabungan yang menampilkan persentase *error* tegangan, arus, dan daya terhadap waktu operasi memberikan gambaran menyeluruh mengenai akurasi sensor PZEM-17 dibandingkan dengan alat ukur *clamp meter*. Berdasarkan grafik, persentase *error* tegangan menunjukkan tren yang relatif stabil dengan kisaran antara 3,06% hingga 4,26%, di mana *error* cenderung menurun hingga menit ke-30 namun kembali meningkat pada menit ke-45. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran tegangan oleh sensor cukup konsisten, meskipun terjadi sedikit penyimpangan di akhir pengujian. Sementara itu, persentase *error* arus memiliki nilai yang paling rendah dan stabil, berkisar antara 1,67% hingga 2,99%, yang mengindikasikan bahwa sensor mampu membaca arus dengan tingkat akurasi yang tinggi. Berbeda dengan kedua parameter sebelumnya, grafik *error* daya menunjukkan fluktuasi yang lebih besar, dimulai dari 4,21% hingga mencapai 6,62% pada menit ke-45. Hal ini wajar karena daya merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus, sehingga kesalahan kecil dalam pengukuran keduanya dapat memengaruhi hasil perhitungan daya secara signifikan.

### 3.3.2 Pengujian Dengan Beban

Pada pengujian dengan beban menggunakan objek berupa singkong yang dapat langsung diproduksi. Singkong didorong oleh *linier* untuk dipotong oleh pisau pengiris. Parameter yang diamati yaitu berupa waktu operasi dengan tampilan tegangan, arus, daya, dan konsumsi energi yang tertampil pada LCD yang berubah secara *real-time*. Untuk ketentuan dari Panjang singkong yang dapat masuk pada *inlet* yaitu singkong dengan Panjang tidak lebih dari 15 cm dengan diameter pipa 2 *inch* atau sekitar 5.08 cm. Artinya, singkong yang masuk pada *inlet* hanya bisa singkong yang berukuran diameter kurang dari 5,08 cm. Untuk hasil data dapat dilihat pada Tabel 3.2.

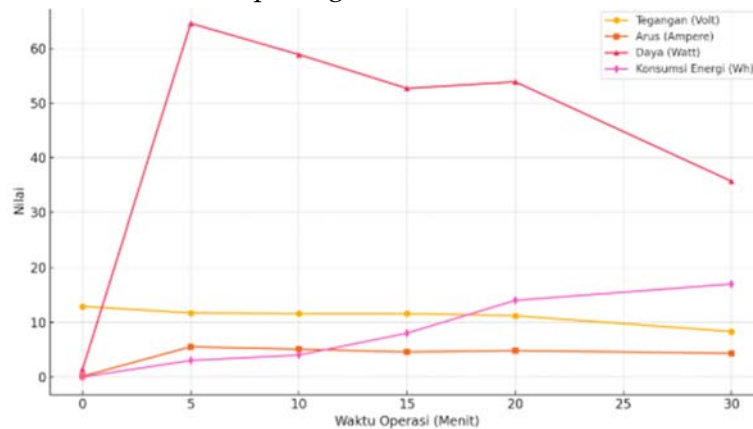
**Tabel 3.2** Hasil Data Pengujian dengan Beban

| No. | Waktu Operasi (Menit) | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | Konsumsi Energi (Wh) |
|-----|-----------------------|-----------------|---------------|-------------|----------------------|
| 1   | 0                     | 12.9            | 0.11          | 1.4         | 0                    |
| 2   | 5                     | 11.7            | 5.51          | 64.6        | 3                    |
| 3   | 10                    | 11.6            | 5.06          | 58.9        | 4                    |
| 4   | 15                    | 11.6            | 4.56          | 52.7        | 8                    |
| 5   | 20                    | 11.2            | 4.81          | 53.9        | 14                   |
| 6   | 30                    | 8.3             | 4.31          | 35.7        | 17                   |

Berdasarkan Tabel 3.2 yang menampilkan data hasil pengujian produksi singkong dengan mencatat parameter kelistrikan selama waktu operasi tertentu. Tabel ini memuat informasi mengenai waktu operasi (menit), tegangan (volt), arus (ampere), daya (watt), dan konsumsi energi (Wh) pada enam titik waktu yang berbeda, mulai dari 0 hingga 30 menit. Data menunjukkan bahwa seiring berjalannya waktu, konsumsi energi meningkat



secara bertahap, dari 0 Wh pada menit ke-0 hingga mencapai 17 Wh pada menit ke-30. Tegangan dan arus mengalami *fluktuasi*, yang berdampak langsung terhadap perubahan daya yang dihasilkan oleh alat selama proses produksi. Pada menit ke-20 terdapat kenaikan arus dikarenakan terdapat percobaan memasukkan singkong menggunakan tangan, sehingga motor bekerja memproduksi dua kali lipat untuk mempertahankan daya sehingga motor dapat tetap berputar secara kontinu. Tabel ini memberikan gambaran mengenai performa dan efisiensi energi dari alat produksi singkong yang diuji. Berdasarkan hasil Tabel 3.2, dapat digambarkan melalui Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Grafik Hasil Pengujian Dengan Beban

Berdasarkan Gambar 3.4 menunjukkan hasil pengujian performa sistem alat pemotong singkong dengan beban berdasarkan waktu operasi. Terlihat bahwa tegangan cenderung menurun secara bertahap dari 12,9 Volt pada menit ke-0 menjadi 8,3 Volt pada menit ke-30, mengindikasikan penurunan daya baterai seiring waktu. Arus mengalami kenaikan signifikan pada awal pengujian hingga menit ke-5, lalu *fluktuatif* menurun pada menit berikutnya. Daya menunjukkan pola serupa yang melonjak pada menit ke-5 (64,6 Watt), kemudian menurun secara bertahap hingga akhir pengujian. Konsumsi energi (Wh) terus meningkat seiring bertambahnya waktu, mencerminkan akumulasi penggunaan energi oleh alat. Gambar 3.4 memberikan gambaran jelas tentang bagaimana performa sistem berubah seiring dengan penggunaan, yang penting dalam mengevaluasi efisiensi energi dan ketahanan daya alat selama beroperasi.

### 3.3.3 Data Kinerja Mekanik

Pada kinerja mekanik, parameter yang digunakan yaitu berupa uji coba ketahanan baterai dengan waktu operasi baterai selama 30 menit. Kecepatan motor di ukur dengan menggunakan alat ukur yaitu Tachometer. Selain itu, torsi dan kecepatan potong dicari dengan menggunakan rumus seperti pada Persamaan 2 dan Persamaan 3.

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi \times n} \quad (2)$$

Keterangan dari Persamaan 2 :



T : Torsi (Nm)

P : Daya Mekanik (Watt)

n : Kecepatan Putaran (RPM)

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{60} \quad (3)$$

Keterangan dari Persamaan 3 :

v : Kecepatan Potong (m/s)

D : Diameter Benda Kerja (m)

n : Kecepatan Putaran (RPM)

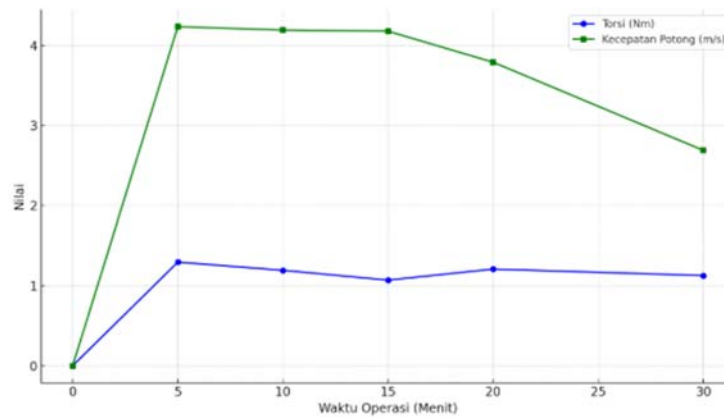
Berdasarkan rumus yang terdapat pada Persamaan 2 dan Persamaan 3 yaitu mencari torsi dan kecepatan potong, dikarenakan waktu operasi penelitian dalam kondisi menit, maka dapat proses perhitungan dapat diubah menjadi detik terlebih dahulu. Hasil data kinerja mekanik dapat dilihat melalui hasil pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil Data Kinerja Mekanik

| No. | Waktu Operasi (Menit) | Rpm motor (Tachometer) | Torsi (Nm) | Kecepatan Potong (m/s) |
|-----|-----------------------|------------------------|------------|------------------------|
| 1   | 0                     | 0                      | 0          | 0.000                  |
| 2   | 5                     | 475.9                  | 1.297      | 4.234                  |
| 3   | 10                    | 471.2                  | 1.194      | 4.192                  |
| 4   | 15                    | 469.6                  | 1.072      | 4.178                  |
| 5   | 20                    | 426                    | 1.209      | 3.790                  |
| 6   | 30                    | 302                    | 1.129      | 2.687                  |

Berdasarkan Tabel 3.3 yang menyajikan hasil data kinerja mekanik dari suatu alat pemotong, berdasarkan pengamatan selama waktu operasi tertentu. Tabel 3.3 mencakup parameter waktu operasi (menit), kecepatan putaran motor (rpm), torsi (Nm), dan kecepatan potong (m/s). Pada menit ke-0, seluruh parameter menunjukkan nilai nol karena alat belum beroperasi. Seiring bertambahnya waktu, rpm motor dan kecepatan potong mengalami penurunan secara bertahap, yang menunjukkan adanya penurunan performa mekanik alat. Sementara itu, nilai torsi menunjukkan sedikit *fluktuasi* namun cenderung stabil di kisaran 1,07 hingga 1,29 Nm. Data ini memberikan gambaran tentang bagaimana karakteristik mekanik alat berubah selama proses pemotongan berlangsung. Berdasarkan hasil Tabel 3.3 dapat digambarkan melalui Gambar 3.5.





**Gambar 3.5** Grafik Torsi dan Kecepatan Potong Terhadap Waktu Operasi

Gambar 3.5 menunjukkan hubungan antara waktu operasi terhadap **torsi** dan kecepatan potong dari alat pemotong singkong. Dapat dilihat bahwa pada awal pengoperasian (menit ke-5), nilai torsi dan kecepatan potong mencapai nilai tertinggi, yaitu sekitar 1,297 Nm dan 4,234 m/s. Seiring bertambahnya waktu operasi, baik torsi maupun kecepatan potong cenderung mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa performa mekanik alat menurun seiring pemakaian, kemungkinan disebabkan oleh penurunan suplai daya dari baterai atau peningkatan beban kerja motor. Grafik Gambar 3.5 ini penting untuk mengevaluasi efisiensi dan batas optimal pengoperasian alat sebelum terjadi penurunan performa signifikan.

### 3.3.4 Hasil Pengujian Kapasitas Baterai

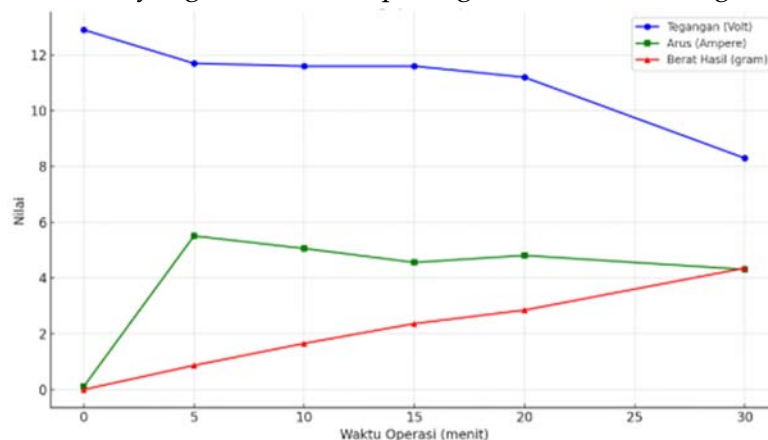
Pengujian kapasitas baterai dilakukan untuk mengetahui sejauh mana daya tahan dan efisiensi baterai dalam menyuplai energi listrik selama alat pemotong singkong beroperasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati perubahan tegangan, arus, dan daya yang dikonsumsi alat dalam rentang waktu tertentu. Selain itu, mengamati dan meneliti ketebalan potong dan nyala atau matinya indikator sehingga dapat dievaluasi performa baterai dalam mendukung kinerja motor DC secara kontinu. Data yang diperoleh menjadi dasar dalam menilai kestabilan *supply* energi serta menentukan durasi optimal penggunaan alat sebelum baterai perlu diisi ulang.

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Kapasitas Baterai



| No. | Waktu Operasi (menit) | Tegangan (volt) | Arus (ampere) | Berat hasil potong (gram) | Ketebalan potong (mm) | Indikator alarm |
|-----|-----------------------|-----------------|---------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|
| 1   | 0                     | 12.9            | 0.11          | 0                         | 0.8                   | Mati            |
| 2   | 5                     | 11.7            | 5.51          | 0.865                     | 0.8                   | Mati            |
| 3   | 10                    | 11.6            | 5.06          | 1.655                     | 0.8                   | Mati            |
| 4   | 15                    | 11.6            | 4.56          | 2.365                     | 0.8                   | Mati            |
| 5   | 20                    | 11.2            | 4.81          | 2.85                      | 0.8                   | Mati            |
| 6   | 30                    | 8.3             | 4.31          | 4.355                     | 0.8                   | Nyala           |

Berdasarkan Tabel 3.4 yang menunjukkan hasil pengujian kapasitas baterai dari alat pemotong singkong selama operasi berlangsung. Tabel ini mencatat waktu operasi (menit), tegangan (volt), arus (ampere), berat hasil potongan (gram), ketebalan potong (mm), dan status indikator alarm. Selama 30 menit pengujian, tegangan baterai mengalami penurunan signifikan dari 12,9 V menjadi 8,3 V, sementara arus menunjukkan *fluktuasi* dengan kecenderungan menurun. Berat hasil potongan meningkat seiring waktu, menunjukkan produktivitas alat, sementara ketebalan potong tetap konstan di 0,8 mm. Indikator alarm tetap dalam kondisi "Mati" hingga menit ke-30, saat alat mulai menunjukkan peringatan dengan indikator "Nyala", yang mengindikasikan bahwa kapasitas baterai telah menipis atau mendekati batas aman penggunaan. Berdasarkan hasil uji Tabel 3.4, nilai-nilai yang dihasilkan dapat digambarkan melalui grafik Gambar 3.6.



**Gambar 3.6** Grafik Hasil Pengujian Kapasitas Baterai

Berdasarkan Gambar 3.6 menggambarkan grafik hasil pengujian kapasitas baterai. Grafik ini menampilkan hubungan antara waktu operasi (menit) terhadap tiga parameter utama, yaitu tegangan (volt), arus (ampere), dan berat hasil potong (gram). Dari grafik terlihat bahwa seiring bertambahnya waktu operasi, tegangan baterai mengalami penurunan secara bertahap, yang menunjukkan proses pelemahan kapasitas baterai. Arus cenderung meningkat secara signifikan pada awal operasi dan kemudian menurun



perlahan, mencerminkan beban kerja alat yang bervariasi. Sementara itu, berat hasil potong terus meningkat dari waktu ke waktu, menunjukkan bahwa alat tetap mampu bekerja dan memproses singkong hingga akhir pengujian, meskipun daya listrik mulai menurun. Grafik ini menunjukkan bagaimana performa alat dipengaruhi oleh kondisi baterai selama siklus operasi. Dalam konteks pengujian yang ditampilkan, saat baterai masih dalam kondisi penuh, tegangan tinggi memungkinkan arus yang besar mengalir untuk menggerakkan motor dan memberikan torsi maksimum. Seiring berjalannya waktu dan menurunnya tegangan akibat berkurangnya kapasitas baterai, arus yang mengalir juga ikut menurun. Hal ini terjadi karena motor DC dalam alat ini merupakan beban resistif-induktif.

## PEMBAHASAN

### 4.1 Efektivitas Sistem Monitoring Berbasis IoT

Sistem monitoring menggunakan ESP32 yang terhubung ke *Software Blynk* memberikan manfaat besar dalam pengoperasian alat secara jarak jauh. *Blynk* memungkinkan pengguna untuk memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan energi secara *real-time* tanpa harus membuka alat secara langsung. Hal ini sangat membantu terutama ketika alat digunakan di lokasi produksi yang kurang fleksibel. Namun, sistem ini memiliki keterbatasan karena bergantung pada koneksi internet. Artinya, saat tidak ada jaringan, sistem tidak dapat dimonitoring melalui *Blynk*. Maka dari itu, LCD 16x2 yang ditampilkan langsung pada alat berperan penting sebagai cadangan monitoring lokal, yang tetap memberikan informasi utama walau tidak ada jaringan.

### 4.2 Akurasi Sensor PZEM-017

Sensor PZEM-017 menunjukkan akurasi pengukuran yang baik terhadap parameter tegangan, arus, dan daya. Berdasarkan hasil perbandingan antara sensor dan *clamp meter*, *error* tertinggi pada tegangan adalah 4,264%, arus 2,995%, dan daya 6,624%. Nilai ini masih berada dalam toleransi standar pengukuran sistem monitoring (>90% akurat). Kecenderungan *error* yang sedikit meningkat pada menit-menit akhir pengujian menunjukkan bahwa performa sensor sedikit terdampak oleh penurunan suplai daya. Namun secara keseluruhan, sensor PZEM-017 cukup andal digunakan pada sistem monitoring energi berbasis baterai seperti alat ini.

### 4.3 Ketahanan Operasional



Alat mampu beroperasi secara optimal selama 30 menit saat digunakan untuk memotong singkong. Hasil ini membuktikan bahwa sistem baterai 12V 12Ah cukup memadai untuk satu sesi produksi menengah. Pada pengujian, tegangan menurun bertahap dari 12,9V ke 8,3V, menunjukkan pelemahan alami kapasitas baterai. Penurunan ini berpengaruh langsung terhadap performa motor DC, yang menyebabkan turunnya RPM dan kecepatan potong. Namun, selama tegangan masih berada di atas ambang kritis, alat tetap dapat bekerja dengan hasil potongan yang konsisten.

#### 4.4 Efisiensi Energi dan Konsumsi Daya

Konsumsi energi tercatat terus meningkat seiring waktu, dari 0 hingga 17 Wh pada menit ke-30. Hal ini disebabkan oleh beban kerja motor yang harus mempertahankan daya saat tegangan menurun. Kenaikan arus menjadi strategi kompensasi sistem, namun berdampak pada pemborosan daya. Kinerja seperti ini masih bisa ditingkatkan dengan penambahan modul DC-DC *converter* agar tegangan output ke motor tetap stabil meskipun input baterai melemah. Selain itu, sistem masih dapat dikembangkan dengan kontrol kecepatan motor berbasis PWM untuk menyesuaikan konsumsi daya sesuai kebutuhan pemotongan.

#### 4.5 Stabilitas Hasil Produksi

Data menunjukkan bahwa alat mampu menghasilkan potongan dengan ketebalan yang stabil, yaitu 0,8 mm, selama seluruh durasi pengujian. Meskipun terjadi penurunan performa kelistrikan dan mekanik, sistem mekanisme potong tetap menunjukkan kestabilan berkat kecepatan linier actuator yang tetap dan pisau yang cukup tajam. Keberhasilan menjaga ketebalan ini merupakan indikator bahwa desain mekanik dan keselarasan antar komponen bekerja dengan baik, bahkan dalam kondisi daya menurun.

#### 4.6 Evaluasi Keseluruhan

Hasil pengukuran menggunakan *tachometer* menunjukkan bahwa RPM motor DC menurun dari 475,9 RPM pada menit ke-5 menjadi 302 RPM pada menit ke-30. Penurunan ini berbanding lurus dengan kecepatan potong, dari 4,234 m/s menjadi 2,687 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa suplai daya yang menurun langsung memengaruhi kemampuan mekanik alat. Torsi relatif stabil, berkisar antara 1,072–1,297 Nm, menandakan bahwa motor masih mampu menjaga gaya dorong walau kecepatan menurun. Jika ingin mempertahankan kecepatan dan efisiensi, perlu dilakukan pengembangan sistem manajemen daya serta penggunaan motor dengan efisiensi lebih tinggi atau *gear reduction* untuk memaksimalkan torsi di RPM rendah.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat pemotong singkong yang dikembangkan menggunakan motor DC dan sistem



penyimpanan energi berbasis baterai berhasil beroperasi dengan baik. Alat mampu bekerja secara efektif selama 45 menit tanpa beban dan selama 30 menit dengan beban singkong, menunjukkan bahwa kapasitas baterai cukup untuk mendukung satu siklus produksi dalam skala kecil hingga menengah. Selama pengujian berlangsung, parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya listrik menunjukkan pola yang cenderung berbanding lurus, di mana penurunan tegangan seiring waktu mengindikasikan pelemahan kapasitas baterai dan berpengaruh terhadap penurunan daya.

Sensor PZEM-017 yang digunakan dalam sistem ini menunjukkan akurasi pengukuran yang baik. Hasil perbandingan dengan alat ukur clamp meter menunjukkan bahwa selisih tegangan antara sensor dan clamp meter berkisar antara 0,36 hingga 0,76 Volt, dengan error maksimum sebesar 4,264%. Untuk parameter arus, selisih maksimum adalah 0,13 Ampere dengan error tertinggi sebesar 2,995%. Sedangkan untuk daya, error maksimum tercatat sebesar 6,624%. Nilai error yang relatif rendah menunjukkan bahwa sensor ini cukup presisi dan dapat diandalkan dalam sistem monitoring alat.

Dari aspek mekanik, performa alat menunjukkan penurunan selama pengoperasian berlangsung. Kecepatan putaran motor (RPM) tertinggi tercatat sebesar 475,9 RPM pada menit ke-5 dan menurun hingga 302 RPM pada menit ke-30. Hal ini sejalan dengan penurunan kecepatan potong dari 4,234 m/s menjadi 2,687 m/s, yang menunjukkan bahwa suplai energi dari baterai berpengaruh signifikan terhadap kinerja motor. Torsi relatif stabil di kisaran 1,072 hingga 1,297 Nm, yang menandakan bahwa alat masih mampu memberikan gaya dorong meskipun kecepatannya menurun. Selama tegangan dan arus berada dalam batas optimal, alat tetap mampu memotong singkong dengan hasil yang baik dan konsisten.

Selama proses pemotongan berlangsung, berat hasil potongan singkong meningkat secara bertahap dari 0,865 gram pada menit ke-5 hingga 4,355 gram pada menit ke-30, dengan ketebalan potong yang konsisten sebesar 0,8 mm. Indikator alarm pada sistem tetap dalam kondisi mati selama 25 menit pertama, dan baru menyala pada menit ke-30, menandakan bahwa kapasitas baterai telah mencapai batas minimal. Hal ini menunjukkan bahwa sistem indikator bekerja dengan baik dalam memberikan peringatan dini terhadap pelemahan daya.

Secara keseluruhan, alat pemotong singkong berpengerak motor DC dengan penyimpanan energi baterai ini dinilai layak digunakan untuk kebutuhan produksi skala kecil dan menengah. Alat ini memberikan efisiensi kerja yang baik, konsumsi energi yang terpantau, serta hasil potongan yang stabil. Keandalan sensor, sistem monitoring, dan desain mekanik yang tepat menjadi keunggulan utama dari alat ini. Namun, pengembangan lebih lanjut masih diperlukan untuk meningkatkan durasi kerja, stabilitas daya, serta fitur keamanan alat secara menyeluruh.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas rahmat yang sudah diberikan sehingga dalam proses penyusunannya, penulis selalu diberi kelancaran untuk menyelesaikan penelitian ini, kepada Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) dan Laboratorium Teknik Elektro atas fasilitas, dukungan, dan kesempatan yang telah diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Selain itu, ucapan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam proses penyelesaian tugas akhir, terutama kepada

1. Pintu surgaku, Ibunda Indah Ningsih selaku ibu dari peneliti. Beliau memang tidak sempat menamatkan pendidikan di bangku perkuliahan, tetapi do'a, semangat dan dukungannya mampu membuat peneliti kuat dalam menyelesaikan studinya sampai sarjana. Beliau mampu membuat peneliti merasa sangat beruntung lahir di dalam keluarga kecil yang bahagia, penuh kasih sayang, dan cukup. Rasa bersyukur yang sedari kecil ditanamkan oleh beliau, mampu membuat penulis kuat dalam menghadapi segala hal. Terimakasih telah berjuang di tengah-tengah kesulitan, selalu mengusahakan segalanya ketika orang lain meragukan hingga peneliti mendapatkan gelar S.T. Semoga Allah SWT senantiasa selalu memberikan umur panjang, kesehatan, dan kebahagiaan kepada beliau.
2. Pahlawanku, Ayahanda Eko Sujarwanto selaku ayah dari peneliti. Beliau memang bukan sosok ayah yang sempurna, tetapi beliau mampu membuat putri-putrinya merasakan hal yang lebih dari cukup. Rasa percaya diri yang beliau tanamkan, mampu membuat peneliti percaya dan yakin akan keputusan yang peneliti ambil. Beliau mampu meyakinkan peneliti, bahwa hari esok pasti akan jauh lebih baik dari hari ini. Terimakasih atas segala pengorbanan dan cinta kasih yang diberikan kepada putri busungunya, semoga beliau selalu diberikan rezeki yang melimpah dan kesehatan.
3. Pelindungku, Saudari Shintia Yunita Sari selaku kakak dari peneliti. Beliau memang pantas dijadikan panutan. Saudari yang patut untuk dicontoh, selain pintar dan sabar beliau juga serba bisa. Terimakasih atas bantuan dan perlindungan yang beliau berikan kepada peneliti sedari peneliti kecil hingga peneliti mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Keikutsertaan beliau dalam proses tumbuh kembang peneliti mampu membuat peneliti merasa beban yang ada menjadi lebih ringan. Peneliti yakin, beliau akan menjadi orang hebat dikemudian hari.
4. Almarhumah Ibu Hartini S.Pd dan Bapak Soeroso S.H, selaku nenek dan kakek peneliti. Keduanya merupakan bagian dari sosok hebat yang membuat peneliti menginjakkan kaki sampai detik ini. Sosok inspirasi yang peneliti jadikan acuan untuk



menjadi orang hebat suatu saat nanti. Terimakasih atas banyak hal yang sudah keduanya berikan kepada keluarga kecil peneliti.

5. Ibu Umi Fadlilah, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing. Terimakasih atas arahan, dukungan, dan motivasi yang beliau berikan, sehingga peneliti mampu menyelesaikan masa studi secara tepat waktu. Terimakasih atas bantuan dan perlindungan yang sudah ibu berikan kepada peneliti. Ibu merupakan sosok yang mampu membuat peneliti merasakan kenyamanan dan dilindungi. Semoga ibu dan sekeluarga selalu diberi kesehatan dan rezeki yang melimpah.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro UMS yang telah memberikan banyak ilmu kepada peneliti selama proses masa perkuliahan.
7. Rekan-rekan di laboratorium dan kampus, Farid Ahmad Fauzan, Soraya Komala Firdaus, Rozan Iqbal Haq, Hafizh Atsal Febriyanto, Muhammad Abdurrohimi, dan Sherlen Nanda Arfiyanti yang telah memberikan bantuan teknis, dukungan diskusi, serta semangat selama kegiatan perancangan dan pengujian alat berlangsung. Atas waktu dan dorongan teman-teman dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, peneliti ucapkan terimakasih dan salam hangat. Semoga teman-teman selalu diberikan kesehatan dan kelancaran dalam meraih cita-cita.
8. Untuk seseorang yang belum bisa peneliti sebutkan secara jelas disini, namun sudah secara jelas tertulis di *Lauhul Mahfudz*. Meskipun penulis belum tahu keberadaanmu secara jelas tetapi peneliti yakin bahwa jodoh pasti ada, dan jodoh pasti bertemu. Terimakasih sudah menjadi salah satu sumber motivasi peneliti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu bentuk peneliti untuk memantaskan diri dan berjuang selangkah demi selangkah untuk masa depan yang akan kita tempuh.
9. *Last but not least*. Terimakasih untuk diri saya sendiri, Nadia Intani Zalbila yang mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan dari luar, mampu bertahan dan kuat. Terimakasih atas usaha-usaha yang telah peneliti lakukan untuk mencapai apa yang peneliti inginkan. Terimakasih atas kemandirian peneliti yang mampu bertahan hidup dan pandai untuk mencari peluang-peluang emas selama ini. Peneliti sangat bekerja keras selama masa pendidikan, baik dari masa remaja sampai sekarang yang bekerja mati-matian untuk meraih beasiswa dan hidup rantau jauh dari orang tua selama 7 tahun. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab menyelesaikan apa yang telah dimulai dan mengusahakan semua hal agar terlihat baik-baik saja. Peneliti sangat bersyukur atas segala hal yang peneliti dapatkan selama ini. Tugas Akhir ini merupakan bukti nyata bahwa peneliti mampu belajar dengan baik dan semaksimal mungkin dalam proses penyelesaiannya. Hal ini merupakan pencapaian yang patut peneliti banggakan.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. W. Asmarantaka and A. Zainuddin, "Efisiensi dan Prospektif Usaha Tani Ubi Jalar (Studi Kasus Desa Petir, Dramaga, Jawa Barat, Indonesia)," *J. PANGAN*, vol. 26, no. 1, pp. 23–24, 2017.
- [2] M. D. N. Saida, "Analisis Kinerja Perdagangan Ubi Kayu," *Pus. Data dan Sist. Inf. Pertan. Sekr. Jendral, Kementerian. Pertan.*, vol. 12, no. 2A, p. XIII, 2023.
- [3] Normansyah, "Rancang Bangun Sepeda Listrik Self Charging Dengan Memanfaatkan Motor Dc Sebagai Alternator," *ENTRIES (Journal Electr. Netw. Syst. Sources)*, vol. 03, no. 01, p. 8, 2024, doi: 10.58466/entries.
- [4] S. Anderson, K. Amri, H. Harfardi, and R. Pranata, "Pembuatan Mesin Pengiris Singkong Pada Usaha Industri Rumah Tangga Dengan Kapasitas 40kg/Jam," *J. Tek. Mesin*, vol. 15, no. 2, p. 73, 2022, doi: 10.30630/jtm.15.2.789.
- [5] F. Kurnia Putra, D. Leni, V. SelviyantyYH, T. Mesin Politeknik Negeri Padang, and S. Tinggi Teknologi Pekanbaru, "Rancang Bangun Mesin Pengiris Singkong," *J. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 19–22, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm>
- [6] T. A. Dwinandana P., "Peran aktivitas reverse engineering pada Jurusan Teknik dan Desain di perguruan tinggi," *Prod. J. Desain Prod. (Pengetahuan dan Peranc. Produk)*, vol. 5, no. 2, p. 101, 2022, doi: 10.24821/productum.v5i2.7749.
- [7] M. D. Prasetyo, S. A. Salma, D. Caesaron, N. I. Ashari R, and A. P. Nugraha, "Rancangan Alat Pemotong Singkong Otomatis Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Kualitas Produksi Keripik Singkong Di Desa Sukapura," *Charity*, vol. 5, no. 1a, pp. 1–3, 2022, doi: 10.25124/charity.v5i1a.4494.
- [8] M Jidil Mustofa, "Perancangan penyearah terkendali untuk pengaturan kecepatan motor dc," *Electics*, vol. 2, no. 1, pp. 1–2, 2021.
- [9] F. A. Andriyan and W. S. Aji, "DC Motor Speed Regulation Using Speech Recognition," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, p. 42, 2021, doi: 10.12928/biste.v3i1.1751.

