

Kontrol Kecepatan Berbasis PWM (*Pulse Width Modulation*) Untuk Mesin Pamarut Kelapa Bertenaga Surya

Fadhillah Hazrina^{1*}, Riyani Prima Dewi², Betti Widianingsih³, Laura Sari⁴, Mifta Zulfahmi Muassar⁵

^{1,2,3}Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Cilacap

⁴Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Negeri Cilacap

⁵Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Islam Negeri Palopo

^{1,2,3,4}Jalan Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: fadhillahazrina@pnc.ac.id¹, ryanipd@pnc.ac.id², bettiwidianingsih@pnc.ac.id³, laurasari@pnc.ac.id⁴, miftazulfahmi@iainpalopo.ac.id⁴

Abstrak

Energi surya merupakan energi baru terbarukan (EBT) yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif pembangkit listrik menggantikan energi fosil atau supply dari (PLN). Salah satu pemanfaatannya dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari pada peralatan rumah tangga yaitu mesin pamarut kelapa. Mesin pamarut kelapa yang digunakan dipasaran masih menggunakan bahan bakar fosil untuk menghancurkan daging kelapa, sehingga dilakukan implementasi energi surya sebagai energi alternatif untuk mengoperasikan mesin pamarut kelapa. Penggunaan *panel surya* pada penelitian ini sangat bergantung pada paparan sinar matahari. Selain itu, posisi kemiringan panel surya juga dapat menentukan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Posisi kemiringan panel surya dapat diatur secara manual mengikuti pergerakan arah sinar matahari pada waktu tertentu. Ketika sekitar tengah hari sinar matahari dapat ditangkap secara maksimum. Pada saat itu akumulator/baterai akan cepat terisi dan mesin pamarut kelapa dapat digunakan dengan kecepatan rendah maupun kecepatan tinggi. Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan kontrol berbasis sistem PWM (*Pulse Width Modulation*) sebagai pengatur kecepatan motor pada mesin pamarut kelapa. Teknologi PWM dipasang untuk mendapatkan hasil putaran yang optimal dan berpotensi hemat energi listrik. Hasil penelitian didapatkan bahwa panel surya yang terpasang dapat menghasilkan daya listrik rata-rata sebesar 4,86 Watt pada jam 08.00 WIB dan maksimal menghasilkan daya listrik sebesar 5 Watt pada jam 12.00 WIB. Pada kondisi mesin tanpa beban, didapatkan nilai arus sebesar 0,38A dan kecepatan motor sebesar 3724 Rpm. Ketika mesin diuji dengan menggunakan beban didapatkan nilai kecepatannya sebesar 2926 Rpm.

Info Naskah:

Naskah masuk: 27 Mei 2025

Direvisi: 8 Juli 2025

Diterima: 25 Juli 2025

Abstract

Solar energy is a new renewable energy (EBT) that can be used as an alternative energy source for electricity generation to replace fossil fuels or supplies from the National Electricity Company (PLN). One of its uses can be applied in everyday life in household appliances, namely, coconut grater machines. Coconut grater machines used in the market still use fossil fuels to crush coconut meat, so solar energy is implemented as an alternative energy to operate the coconut grater machine. The use of solar panels in this study is highly dependent on sunlight exposure. In addition, the tilt position of the solar panel can also determine the power generated by the solar panel. The tilt position of the solar panel can be manually adjusted according to the direction of sunlight at certain times. Around midday, sunlight can be captured optimally. At that time, the accumulator/battery will quickly charge, and the coconut grater machine can be used at low or high speeds. The purpose of this study is to implement a PWM (Pulse Width Modulation) system-based control as a motor speed regulator on a coconut grater machine. PWM technology is installed to obtain optimal rotation results and has the potential to save electrical energy. The research results showed that the installed solar panels could produce an average of 4.86 watts of electrical power at 8:00 a.m. WIB and a maximum of 5 watts of electrical power at 12:00 p.m. WIB. Under no-load operating conditions, the current was 0.38 A and the motor speed was 3,724 Rpm. When the engine was tested under load, the speed was 2,926 Rpm.

Keywords:

electrical energy;
solar panel;
speed control;
PWM;
coconut grater machine.

*Penulis korespondensi:

Fadhillah Hazrina

E-mail: fadhillahazrina@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Energi Surya merupakan sumber energi yang tidak terbatas dan tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang akan di ubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Panel surya sebagai sumber energi listrik alternatif dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang memerlukan energi listrik, namun terkendala dengan ketidaktersediaannya energi listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) [1]. Tanaman kelapa merupakan salah satu tanaman yang termasuk *famili palmae* dan banyak tumbuh didaerah tropis seperti Indonesia. Tanaman ini memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi karena hampir seluruh bagian tanaman ini dapat digunakan untuk kebutuhan manusia sehari-hari. Buah kelapa dapat diolah menjadi berbagai macam produk. Salah satunya adalah santan, minyak kelapa, biodiesel, dan minyak kopra. Semua olahan tersebut berawal dari santan yang dihasilkan melalui proses pamarutan buah kelapa [2].

Mesin parut kelapa adalah salah satu produk mesin dengan hasil teknologi untuk kebutuhan rumah tangga yang berfungsi sebagai alat untuk menghancurkan daging buah kelapa menjadi butiran-butiran kecil, dengan tujuan untuk memperoleh santan yang terkandung di daging buah kelapa. Selama ini proses pamarutan kelapa yang dilakukan masyarakat dikerjakan dengan cara manual, yaitu dengan menggunakan parut kelapa yang terbuat dari plat besi yang mempunyai duri-duri kecil yang terletak dipermukaan plat. Mesin parut kelapa yang sudah ada sekarang adalah mesin parut yang menggunakan motor bensin sebagai penggerak utamanya [3]. Banyak mesin pamarut kelapa konvensional belum menggunakan kontrol kecepatan otomatis atau masih berbasis kontrol manual, misalnya saklar ON/OFF. Mesin-mesin tersebut biasanya bekerja pada kecepatan penuh (*full speed*) secara terus-menerus tanpa mempertimbangkan kondisi kelapa (tua/muda), beban motor, ataupun efisiensi konsumsi daya.

Hasil penelitian sebelumnya mengenai kontrol mesin pamarut kelapa sudah beberapa dilakukan namun tidak banyak membahas tentang kontrol kecepatan motor utamanya kontrol berbasis PWM (*Pulse Width Modulation*). Penelitian yang dilakukan oleh Supratman dan Priyan yaitu merancang mesin pamarut kelapa berbasis motor AC 3,5 HP berkecepatan 2.800 rpm dengan kapasitas 40 kg/jam. Meskipun memiliki performa tinggi, konsumsi daya cukup besar dan tidak dilengkapi sistem pengatur kecepatan, yang berdampak pada boros energi dan umur motor yang relatif pendek [4]. Demikian pula, penelitian yang dilakukan oleh Zamali dan Saidah, penelitian ini berfokus pada pengembangan mesin dengan kecepatan putar 700 RPM dan kapasitas 30 kg/jam. Namun, desain ini juga belum menyertakan sistem kendali adaptif yang bisa menyesuaikan performa mesin dengan karakteristik kelapa yang diproses [5]. Penelitian oleh Akbar Syaifuddin telah menguji performa mesin pamarut kelapa pada berbagai kecepatan motor. Penelitian terhadap variasi jarak dan susunan gigi pamarut dengan melakukan uji parut menggunakan variasi jarak dan susunan dengan putaran yaitu variasi inline dan miring dengan kerapatan antar gigi yaitu 2 mm, 4 mm, 6 mm dan jarak kerapatan antar baris yaitu 5 mm dan menggunakan variasi putaran 933,3 Rpm dan 700 Rpm dan menunjukkan

bahwa variasi RPM mempengaruhi hasil parutan dan nilai efisiensi [6]. Namun, pengaturan kecepatan tersebut masih dilakukan secara manual dan belum otomatis mengikuti perubahan beban atau kondisi kelapa. Disisi lain, konsep kontrol kecepatan berbasis *Pulse Width Modulation* (PWM) telah terbukti secara luas di industri lain mampu memberikan efisiensi energi yang lebih baik, mengurangi konsumsi daya motor, serta memperpanjang usia motor listrik, terutama untuk motor *Direct Current* (DC) dan motor *Alternating Current* (AC) dengan inverter atau driver PWM.

Mesin pamarut saat ini kebanyakan belum mampu menyesuaikan kecepatan putar motor berdasarkan beban kelapa yang diparut, dimana dapat menyebabkan *overheat* atau kerusakan. Penggunaan PWM juga pada mesin pamarut kelapa dapat mereduksi kebisingan dan memperpanjang umur komponen mekanik mesin pamarut kelapa. Selain itu, penerapan sistem kontrol berbasis PWM juga mampu menyesuaikan daya listrik sesuai dengan kebutuhan aktual guna efisiensi energi. Mesin parut kelapa yang biasanya digunakan dipasaran yaitu mesin parut kelapa yang masih menggunakan motor bensin atau menggunakan energi listrik dari (PLN). Pemanfaatan energi surya sebagai energi alternatif ini diharapkan agar tidak bergantung pada motor bensin atau energi listrik dari (PLN) terus-menerus dan jika terjadi pemadaman arus listrik mesin parut kelapa ini tetap bisa dioperasikan dan kecepatan motornya dapat diatur sesuai kebutuhan yang diinginkan dengan menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*). PWM (*Pulse Width Modulation*) merupakan cara untuk memanipulasikan lebar sinyal dengan pulsa dalam satu periode, untuk menghasilkan tegangan rata-rata yang berbeda. PWM (*Pulse Width Modulation*) memiliki lebar pulsa (*duty cycle*) besar maka akan berpengaruh terhadap cepatnya putaran motor dan apabila nilai *duty cycle* nya kecil maka motor akan bergerak menjadi pelan. Arus yang masuk dari inverter ke PWM juga mempengaruhi kecepatan motor mesin parut kelapa.

Berdasarkan latar belakang dan penjelasan mengenai PWM serta perkembangan mesin pamarut kelapa dari waktu ke waktu, ditambah dengan kelemahan-kelemahan yang ada pada penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa mesin pamarut kelapa telah banyak dikembangkan, baik dari segi desain mekanis maupun kapasitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh nilai RPM terhadap hasil parutan kelapa dan efisiensi mesin. Oleh karena itu, penting untuk mengimplementasikan sistem kontrol kecepatan motor AC berbasis PWM pada mesin pamarut kelapa. Dengan kontrol kecepatan, mesin dapat beroperasi sesuai dengan kondisi beban, yang akan menghemat energi listrik dan memperpanjang umur komponen mekanik alat.

2. Metode

2.1 Mesin Pamarut Kelapa

Mesin pamarut kelapa, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, adalah suatu alat yang digunakan untuk membantu atau mempermudah pekerjaan manusia dalam hal pamarutan kelapa. Sumber tenaga utama mesin pamarut adalah tenaga motor [7].



Gambar 1. Mesin Pamarut Kelapa

Spesifikasi:

1. *Type* : B-200
2. *Voltage* : 220/50 Hz
3. *Speed* : 2800 rpm
4. *Daya* : 200 W
5. *Current* : 1,1 A

2.2 Panel Surya

Sinar matahari yang menyinari bumi dapat diubah menjadi energi listrik melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic* (PV). *Photo* merujuk kepada cahaya dan *voltaic* mengacu kepada tegangan [8]. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radian matahari. *Photovoltaic cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai *cell* maka electron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan [9]. Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung menjadi seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan [10].

Panel surya, yang dapat dilihat pada Gambar 2, adalah alat dengan bahan dasar silikon kristal tunggal yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik. Dalam prosesnya pengoperasiannya, cahaya matahari/*foton* harus menebus lapisan silikon agar nantinya dapat menghasilkan energi listrik [11].



Gambar 2. Sollar Cell Monocrystall

Spesifikasi:

1. *Module type* : SP-50-M36 (*Monocrystalline*)
2. *Rated max.power* : 50 WP
3. *Current at Pmax (Imp)* : 2.76 A
4. *Voltage at Pmax (Vmp)* : 18,1 V
5. *Number of cells* : 36
6. *Max. System voltage* : 700 V
7. *Temperature range* : -45°C ~ + 80°C

2.3 Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena batere penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya/panel surya. *Solar charge controller*, yang dijelaskan pada Gambar 3, menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation (PWM)* untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. [12]. Panel surya / panel surya 12 Volt umumnya memiliki tegangan *output* 16 - 21 Volt.



Gambar 3. Solar Charge Controller

Spesifikasi:

1. *Application* : *Solar System Controller*
2. *Rated voltage* : 12 V 24 V Auto
3. *Current* : 30 A
4. *Daya* : 390 W (12 V) ; 780 (24 V)

2.4 Akumulator

Baterai pada PLTS berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban [13]. Beban dapat berupa lampu refrigerator atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC. *Accumulator* atau yang akrab disebut *accu/aki*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, adalah salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor. Selain berfungsi untuk menggerakkan motor starter, aki berperan sebagai penyimpan listrik dan sekaligus sebagai penstabil tegangan dan arus listrik kendaraan [14].



Gambar 4. Akumulator

Spesifikasi:

1. Voltage : 12 V
2. Kapasitas : 35 Ah

2.5 Inverter

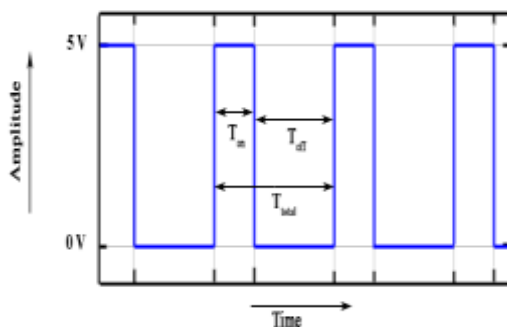
Inverter merupakan suatu alat elektronik yang berfungsi mengubah dari sumber tegangan arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensinya dapat diatur. Penjelasan mengenai inverter ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Inverter

2.6 Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse width modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Ilustrasi konsep PWM ditampilkan pada Gambar 6. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Aplikasi umum PWM dapat dilihat pada Gambar 7 [15].



Gambar 6. Sinyal PWM



Gambar 7. Modul PWM

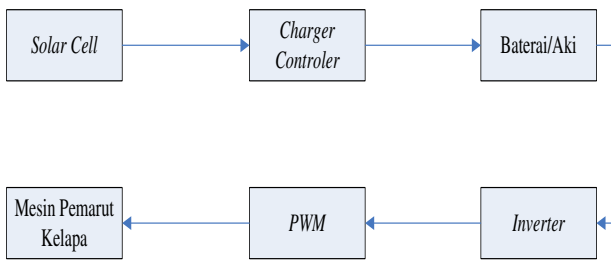
Spesifikasi :

1. Voltage : 220 V
2. Current : 16 A

Penelitian diawali dengan mengumpulkan komponen – komponen yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini. Panel surya yang dipakai adalah Panel surya dengan kapasitas 50 Wp dan memiliki jenis *Monocrystalline*. Pada langkah kedua yang perlu dilakukan adalah pemasangan *Solar Charger Controller*. *Panel surya* akan menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi energi listrik yang akan disimpan dalam baterai/aki sebagai sumber dari sistem ini. *Charger controller* juga akan bekerja menstabilkan tegangan dari baterai/aki sebelum dialirkan keseluruh sistem. Selain itu, *inverter* juga akan bekerja mengubah arus DC menjadi arus AC dan PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dapat mengatur kecepatan motor

Selanjutnya yaitu, menghubungkan panel surya pada port 1 dan baterai pada port 2 serta beban pada port 3. Setelah tahap pertama dan kedua dilakukan, sekarang pada tahap ketiga adalah menghubungkan *inverter* pada port 3 *solar charger controller*, karena arus searah atau DC yang dikeluarkan oleh panel surya harus diubah terlebih dahulu menjadi arus bolak balik atau AC. Setelah itu baru dihubungkan ke PWM (*Pulse Width Modulation*) kemudian ke beban yang telah disiapkan. Sebelum beban dinyalakan, panel surya akan terlebih dahulu mengisi baterai, baru setelah beban dinyalakan maka *solar charger controller* secara otomatis membagi arus yang keluar dari Panel surya ke baterai dan beban, bila terdapat beban berlebih maka *solar charger controller* secara otomatis akan menggunakan seluruh energi pada panel surya dan baterai kepada beban.

Pengujian dilakukan dengan mengambil hasil output arus (Ampere) dan tegangan (Volt) dari panel surya. Pengujian PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan mengukur nilai arus yang masuk ke motor AC dan kecepatan yang dihasilkan. Kecepatan motor yang dihasilkan akan mempengaruhi kecepatan mesin pamarut kelapa sesuai dengan levelnya. Penentuan level kecepatan dilakukan pada potensiometer sebagai eksternal input. Posisi potensiometer ada tiga ditentukan untuk mengukur level kecepatan mesin pamarut kelapa.



Gambar 8. Blok Diagram Sistem

Pada diagram blok sistem pada Gambar 8, terdiri dari sel surya yang berfungsi untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung menjadi seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan listrik. Diagram blok sistem ini ditunjukkan pada Gambar 8. *Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai *Accumulator* atau accu/aki adalah salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor. Selain berfungsi untuk menggerakkan motor starter, aki juga berperan sebagai penyimpan listrik dan sekaligus sebagai penstabil tegangan dan arus listrik [16]. *Inverter* merupakan suatu alat elektronika yang berfungsi mengubah dari sumber tegangan arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensinya dapat diatur [17].

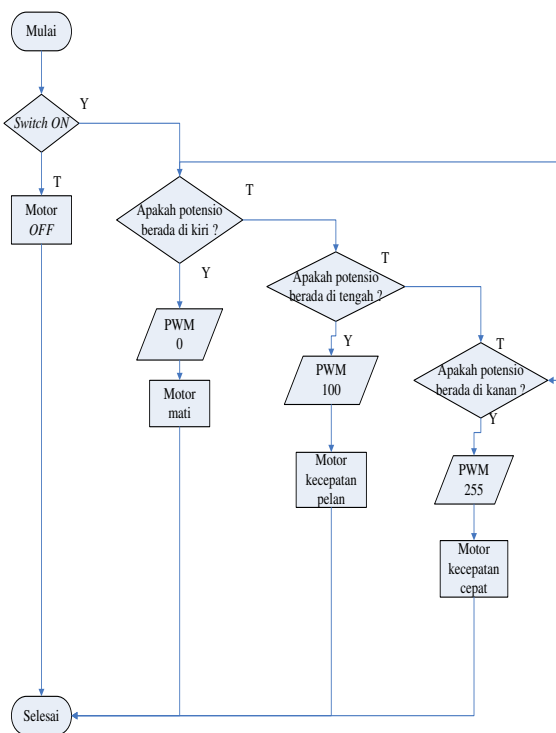
adalah jika potensiometer berada pada posisi kiri, maka motor tidak akan bekerja atau mati dan apabila potensiometer berada pada posisi tengah, maka motor akan bekerja dengan kecepatan motor pelan, selanjutnya jika potensiometer berada pada posisi kanan, maka motor akan bekerja dengan kecepatan motor tinggi (maksimal).

Pada alat ini juga dilengkapi dengan tenaga surya sebagai alternatif energi selain energi listrik yang dari PLN. Panel surya atau *solar cell* sebagai sumber berfungsi untuk menyuplai tegangan kesemua komponen yang akan digunakan pada alat ini. Panel surya digunakan untuk menerima dan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Kemudian dilanjutkan pada SCC (*Solar Charge Controller*) sebagai pengatur charge dari panel surya pada baterai agar mencegah terjadinya overcharging dan memperlama masa pakai baterai. SCC juga mengatur daya yang keluar dari baterai ke beban, dan memutuskan daya beban dari baterai apabila tegangan dari baterai turun dibawah tingkat tertentu. Inverter digunakan untuk mengkonversi tegangan DC (12 Volt) menjadi tegangan AC (220 Volt) karena tegangan listrik dari SCC maupun dari baterai adalah 12 Volt. Setelah tegangan energi listrik sudah dikonversi ke 220 Volt, energi listrik tersebut akan digunakan sebagai daya untuk menghidupkan mesin pamarut kelapa

3. Hasil dan Pembahasan

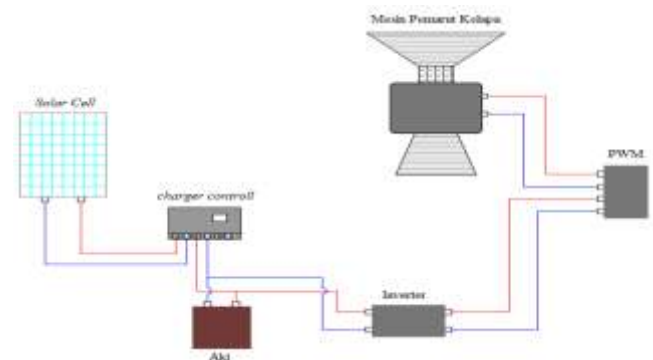
3.1 Perancangan Instalasi Panel Surya

Perancangan ini menggambarkan instalasi yang dibuat dan diterapkan pada penelitian ini. Sistem instalasi ini terdiri dari terdiri dari panel surya, SCC, aki, PWM dan mesin pamarut kelapa sebagai beban yang ingin diaktifkan. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan disimpan di dalam baterai/aki melalui *charger controller*. *Charger controller* akan mengatur tegangan dan arus yang masuk ke baterai/aki.



Gambar 9. Diagram Alir Sistem

Pada Gambar 9 menggambarkan diagram alir sistem secara keseluruhan. Jika tombol *switch on* ditekan, motor akan bekerja dan mesin pamarut kelapa akan aktif. Jika tombol *switch off* ditekan, maka motor tidak bekerja dan mesin pamarut kelapa dalam kondisi tidak aktif. Pada alat ini juga dipasangkan potensiometer sebagai input eksternal untuk memberikan input level kecepatan pada mesin pamarut kelapa. Cara kerja potensiometer pada alat ini



Gambar 10. Perancangan Instalasi Panel Surya

Dari Gambar 10, beban yang digunakan yaitu mesin pamarut kelapa yang merupakan perangkat yang memerlukan *supply* tegangan AC. Inverter pada sistem ini digunakan untuk mengubah tegangan DC dari baterai/aki menjadi sebuah sumber tegangan AC. Tegangan AC yang dihasilkan digunakan untuk mengoperasikan mesin pamarut kelapa. Mesin Pamarut kelapa ini memerlukan *supply* tegangan AC 220 Volt. Untuk kontrol menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*) digunakan untuk mengatur level kecepatan mesin pamarut kelapa. PWM berfungsi untuk

menghidupkan dan mematikan sinyal listrik secara tepat dalam satu siklus tertentu. Nilai yang diatur adalah nilai *duty cycle*. *Duty cycle* merupakan persentase waktu sinyal saat berada pada kondisi ON dalam satu siklus. Pada penelitian ini sesuai dengan uraian *duty cycle*, bahwa nilai daya listrik yang dihasilkan bergantung pada nilai *duty cycle*-nya.

3.2 Perancangan Mekanik Kerangka Panel Surya

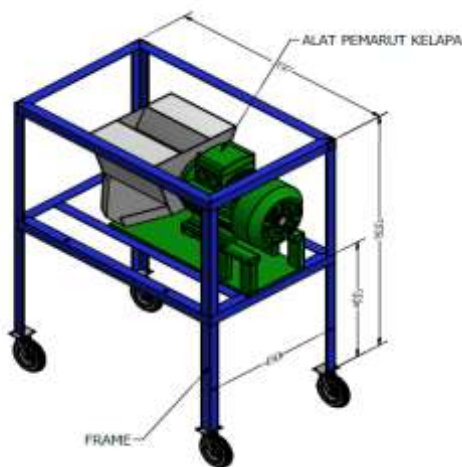
Pada gambar 11 merupakan desain alat secara keseluruhan. Sket desain mekanik alat digambar menggunakan *software* AutoCad agar mendapatkan hasil desain yang presisi dan bagus. Gambar teknik sangat diperlukan pada proses perancangan dan pembuatan suatu mesin.



Gambar 11. Perancangan Mekanik Kerangka Panel Surya

Material kerangka yang terbuat dari besi siku dengan panjang 0,30 m, lebar 0,30 m, dan tinggi 1,5 m. Bahan kerangka panel surya dibuat dari besi siku, karena besi siku mampu menahan mesin pemarut kelapa yang cukup berat. Pemilihan besi siku juga karena kerangka lebih rapih dan lebih presisi menggunakan besi siku tersebut. Selain itu, pada bagian tengah terdapat kotak untuk menyimpan baterai/aki. Sisi bawah terdapat roda yang berfungsi untuk fleksibilitas kerangka untuk dapat dipindahkan posisinya

3.3 Perancangan Tempat Mesin Parut Kelapa



Gambar 12. Perancangan Rangka Tempat Mesin Pamarut Kelapa

Gambar 12 merupakan hasil desain perancangan kerangka atauudukan untuk tempat mesin pemarut kelapa. Material yang digunakan sama dengan bahan untuk

membuat kerangka mekanikal untuk panel surya. Bahan kerangka mesin pemarut kelapa dibuat dari bahan besi siku. Desain perancangan rangka tempat mesin pemarut kelapa dibuat dengan menggunakan *software* AutoCAD. Pembuatan mesin ini hanya untuk skala industri kecil dan rumah tangga. Material kerangka mekanik yang digunakan adalah bahan besi siku ukuran 3x3 cm dan bahan stainless steel. Untuk bahan stainless steel digunakan pada bagian yang bersentuhan langsung dengan hasil parutan kelapa. Bahan besi siku dipilih karena dinilai kokoh untuk menopang motor dan beban mesin.

3.4 Pengujian Modul Panel Surya

Penggunaan panel surya sangat bergantung pada paparan sinar matahari, pada penelitian ini menggunakan jenis panel surya *monocrystal*. Pengukuran dilakukan di lingkungan Politeknik Negeri Cilacap. Ketinggian suatu tempat dari permukaan laut, kabut (berawan tebal), suhu udara/kelembaban udara, kadar polusi udara dan intensitas cahaya matahari merupakan hal-hal yang sangat mempengaruhi suatu nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya.

Panel surya pada umumnya, dipasang dengan posisi yang tetap sehingga menyebabkan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan selalu bervariasi dan tidak stabil [18]. Posisi kemiringan panel surya juga dapat menentukan besarnya daya listrik yang dihasilkan. Ketika sekitar tengah hari sinar matahari dapat ditangkap secara maksimum. Pada saat itu akumulator/baterai akan cepat terisi dan mesin pemarut kelapa dapat digunakan dengan kecepatan pelan maupun dengan kecepatan cepat.

3.5 Hasil Pengukuran Nilai Arus Panel Surya

Percobaan dilakukan selama tiga hari berturut-turut dan didapatkan hasil bahwa pada hari pertama nilai arus rata-rata per dua jam sebesar 0,38 A. Pada hari kedua didapatkan arus rata-rata per dua jam sebesar 0,38 A. Pada hari ketiga didapatkan arus rata-rata per dua jam sebesar 0,37 A. Maka dapat disimpulkan arus rata-rata yang didapatkan dari *solar cell* per dua jam selama tiga hari berturut-turut adalah sebesar 0,38 A. Pada Gambar 13 adalah hasil pengukuran nilai arus selama 3 hari yang ditampilkan dalam bentuk grafik pembacaan.



Gambar 13. Perbandingan Hasil Pengukuran Nilai Arus Hari 1, Hari 2, dan Hari 3

Tampilan grafik diatas terdapat tiga warna yang menandakan fungsi waktu (hari) pengambilan data nilai arus. Garis berwarna biru menandakan hasil pengukuran nilai arus pada hari ke-1, garis berwarna merah menandakan hasil pengukuran nilai arus pada hari ke-2, dan garis berwarna hijau menandakan hasil pengukuran nilai arus pada hari ke-3. Gambar 10 menunjukkan bahwa percobaan pengukuran nilai arus dilakukan selama tiga hari secara berurut. Data rata-rata nilai arus untuk tiga hari nilainya sama, yaitu 0,38A. Nilai arus ini akan mempengaruhi kecepatan putar motor. Nilai arus yang dihasilkan diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan alat ukur multimeter digital. Hasil nilai arus ini akan digunakan untuk mengetahui nilai daya listrik yang dikonsumsi oleh mesin pamarut kelapa saat beroperasi.

3.6. Hasil Perhitungan Nilai Daya Listrik

Berdasarkan data pengukuran yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tegangan nominal dari panel surya mengalami fluktuasi tergantung intensitas cahaya dan waktu. Semakin panas sinar matahari, maka daya nominal semakin meningkat. Hal ini terlihat bahwa daya rata-rata yang dihasilkan pada pukul 08.00 WIB yaitu 4,86Watt dan pada pukul 12.00 WIB mendapat *output* paling optimal yaitu 5Watt. Pengukuran dilakukan secara intensif selama tiga hari dengan frekuensi pengukuran adalah setiap 2 jam sekali. Pengamatan dilakukan pada alat ukur dan pada SCC. Mengamati nilai arus dan tegangan yang masuk lalu dimasukkan dalam rumusan daya listrik sehingga diperoleh perbandingan nilai daya listrik untuk hari 1, hari 2, dan hari

3.7. Hasil Pengujian PWM

Pulse Width Modulation merupakan teknik pemodulasian sinyal dengan besar *duty cycle* yang dapat diubah-ubah [15]. PWM merupakan cara untuk memanipulasikan lebar sinyal dengan pulsa dalam satu periode, untuk menghasilkan tegangan rata-rata yang berbeda. Dalam PWM (*Pulse Width Modulation*) gelombang kotak, frekuensi tinggi yang mempunyai rentang frekuensi 50 Hz. Range pulsa dalam PWM yaitu 0-255. Ketika PWM (*Pulse Width Modulation*) memiliki lebar pulsa (*duty cycle*) besar maka akan berpengaruh terhadap cepatnya putaran motor dan apabila nilai *duty cycle* nya kecil maka motor akan bergerak menjadi pelan. Kecepatan motor ini akan mempengaruhi hasil parutan kelapa.

Ketika mesin pamarut kelapa dengan mode kecepatan tinggi akan menghasilkan parutan kelapa yang bagus, tetapi ketika mesin pamarut kelapa dengan mode kecepatan rendah akan menghasilkan parutan kelapa yang kurang bagus (masih ada butiran kelapa utuh). Berikut adalah tampilan salah satu parutan kelapa yang diberikan kecepatan cepat. Hasilnya terlihat pada Gambar 14 dan Gambar 15 tidak ada butiran kelapa yang berukuran besar.



Gambar 14. Hasil Parutan Kelapa dengan Mode Kecepatan Tinggi



Gambar 15. Hasil Parutan Kelapa dengan Mode Kecepatan Rendah

Tabel 1. Hasil Pengujian PWM (*Pulse Width Modulation*) Mesin Parut Kelapa Tanpa beban dan Berbeban

No	Arus (Amp)	Tegangan (Volt)		Kecepatan (RPM)	
		Tanpa beban	Dengan beban	Tanpa beban	Dengan beban
1	0,05	39	34	0	0
2	0,1	52	52	0	0
3	0,15	66	62	789	628
4	0,2	87	77	2677	1084
5	0,25	94	130	2741	2456
6	0,3	207	213	2879	2973
7	0,35	229	230	2980	3090
8	0,38	233	231	3724	2926

Berdasarkan data tabel hasil pengujian PWM, didapatkan bahwa arus yang masuk dari inverter ke PWM dapat mempengaruhi kecepatan mesin pamarut kelapa yang berbeban maupun tanpa beban. Hal itu terlihat ketika arus yang masuk dari inverter ke PWM nilainya sebesar 0,15A memiliki kecepatan mesin pamarut kelapa sebesar 789 Rpm (tanpa beban), dan dengan beban nilainya sebesar 628 Rpm. Ketika arus yang masuk dari inverter ke PWM sebesar 0,2A memiliki kecepatan mesin pamarut kelapa tanpa beban sebesar 2677 Rpm, dan dengan beban 1084 Rpm.

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah menghasilkan sistem kontrol berbasis PWM untuk mesin parut kelapa dengan sumber tenaga surya. Berdasarkan hasil pengujian arus, tegangan alat tersebut didapatkan nilai rata-rata daya listrik yaitu 4,86 Watt pada jam 08.00 dan mendapat maksimal rata-rata daya listrik yaitu 5 Watt pada jam 12.00. Nilai tegangan peak diperoleh pada jam 12.00. Arus maksimal didapatkan dari hasil pengukuran yaitu sebesar 0.38 A dan nilai kecepatannya pada kondisi tanpa beban adalah sebesar 3724 RPM. Sedangkan nilai kecepatannya saat kondisi dengan beban adalah sebesar 2926 RPM. Ketika pamarutan kelapa menggunakan mode kecepatan tinggi, maka hasil parutan yang didapatkan akan bagus sedangkan jika menggunakan mode kecepatan rendah, maka hasil parutan kurang baik, akan terlihat masih ada ukuran kelapa yang utuh.

Daftar Pustaka

- [1] Hari, Bambang. Efisiensi Penggunaan Panel surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [2] Lestari, Dewi. 2014. Rancang Bangun Mesin Pamarut dan Pemeras Kelapa Potable Model Kayu. Malang: Universitas Brawijaya.
- [3] Handoko, Joko. Rancang Bangun Mesin Pamarut Kelapa Skala Rumah Tangg Berukuran 1 Kg Per Waktu Parut 9 Menit dengan Menggunakan Motor Listrik 100 Watt. Tangerang: Universitas Muhammadiyah Tangerang.
- [4] Supratman, A., & Priyana, S. P. (2019). Rancang Bangun Mesin Pamarut Kelapa Dengan Kapasitas 40 kg/jam. *JUS TEKNO (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 3(1), 45-55.
- [5] Saidah, A., & Zamali, F. (2024). Desain dan Pembuatan Mesin Pamarut Kelapa Skala Besar Kapasitas 30 kg/jam. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 9(2), 31-38.
- [6] Syaifudin, A., Dewi, R. P., & Purnomo, S. J. (2025). Uji Performa Efektivitas Mesin Parut Kelapa Dengan Variasi Jarak Dan Susunan Gigi Pamarut Kapasitas 1 kg. *Majamecha*, 7(1), 145-152.
- [7] Ervin, M. (2020). Pemanfaatan Panel surya Sebagai Alternatif Energi Listrik Skala Rumah Tangga. *Mesin Listrik*.
- [8] Ramadhani, A., Marpaung, H. J., Iqbal, M., & Afandi, A. M. (2022). Implementasi Panel surya Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik Mandiri Pada PT Agro Putra Lestari. *Jurnal Pemberdayaan Sosial dan Teknologi Masyarakat*, 2(1), 94-98.
- [9] Dzulfikar, Dafi. 2016. Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga. Jakarta: Universitas Pancasila Jakarta.
- [10] Mungkin, M., & Satria, H. (2023). Desain Sistem Panel Surya Fleksibel dengan Penambahan Reflektor Cermin untuk Peningkatan Output Konversi Energi Listrik.
- [11] Kusuma, W., Novfowan, A. D., & Mukti, H. (2022). Penerapan Charger Controller type PWM pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3), 194-198.
- [12] Putri, S. W., Marausna, G., & Prasetyo, E. E. (2022). Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Panel surya. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(1), 29-37.
- [13] Rezky, R., Monang, R., & Firdy, R. (2023). Potensi Energi Surya Sebagai Penerangan Skala Rumah. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 8(1), 45-50.
- [14] Ibadillah, A., Alfita, R., & Laksono, D. T. (2021). Hotplace Magnetic Stirrer Automatic Heat Control and Water Velocity Based on PID (Proportional Integral Derivative). *Procedia of Engineering and Life Science*, 1(1).
- [15] Rezky, R., Monang, R., & Firdy, R. (2023). Potensi Energi Surya Sebagai Penerangan Skala Rumah. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 8(1), 45-50.
- [16] Saputra, A., & Yandra, F. E. (2020). Rancang Bangun Inverter Menggunakan IC CD4047 INPUT Batrai 12 VDC Ke Output Lampu 220 VAC Frekuensi 50-60 HZ. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPKA)*, 2(1), 1-5.
- [17] Singgeta, R. L., Wales, S., Rante, J. C., & Padachan, C. M. (2023). Implementasi Alat Penyesuai Sudut Panel Surya Terhadap Cahaya Matahari Berbasis Arduino Nano. *JEECOM J. Electr. Eng. Comput*, 5(1), 36-41.
- [18] Nurqalbi, N. (2024). Desain Simulasi Konverter Buck-Boost Berbasis PWM (Pulse Width Modulation). *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 3(9), 2085-2094.