

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman yang tergolong dalam keluarga rumput-rumputan (*Gramineae*) dan dikenal luas sebagai sumber utama bahan baku gula [1]. Tanaman ini tumbuh dengan baik di daerah beriklim tropis dan subtropis, dan cocok untuk dibudidayakan di Indonesia. Tebu memiliki banyak manfaat, mulai dari bahan baku pembuatan gula pasir, gula merah, hingga berbagai produk olahan lainnya [2]. Karena kegunaan yang luas dan permintaan yang tinggi, tebu berperan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat serta memberikan peluang ekonomi yang besar [3].

Tebu dapat diolah menjadi dua produk utama yaitu gula pasir (*centrifugal sugar*) dan gula merah (*non-centrifugal sugar*) yang memiliki kandungan, proses produksi, dan dampak kesehatan yang berbeda [4]. Gula pasir sebagian besar terdiri sukrosa murni dan tidak mengandung mineral maupun vitamin, karena diperoleh melalui proses pemurnian berlapis sehingga sebagian besar zat gizi alami hilang selama pengolahan [5]. Sebaliknya, gula merah dihasilkan dari pemanasan langsung sari tebu tanpa proses pemurnian, sehingga tetap mengandung molase yang kaya mineral seperti kalsium, fosfor, dan zat besi, serta senyawa antioksidan dan fitonutrien seperti fenol dan flavonoid yang tidak ditemukan dalam gula pasir, sehingga memberikan manfaat tambahan bagi kesehatan. Gula merah memiliki nilai indeks glikemik yang rendah dibandingkan gula pasir yang menjadikan gula merah aman dikonsumsi bagi penderita diabetes, meskipun tetap beresiko jika dikonsumsi berlebihan [6], [7].

Di Indonesia, kebijakan mengenai energi baru dan terbarukan (EBT) diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN). Dalam kebijakan ini, ditargetkan bahwa energi baru dan terbarukan akan mencapai 23% pada tahun 2025 [8]. Namun, realisasi penggunaan EBT masih jauh dari target tersebut, dengan hanya mencapai 11,68% pada tahun 2018. Hal ini menunjukkan perlunya percepatan pemanfaatan EBT, termasuk energi surya agar memenuhi target nasional dan tren global energi bersih [9]. Indonesia sebagai negara yang berada di khatulistiwa, menerima radiasi matahari yang melimpah. Rata-rata energi matahari yang diterima setiap hari mencapai sekitar 4,8 kWh/m² yang memberikan potensi besar untuk pemanfaatan sumber energi terbarukan, khususnya energi surya [10]. Salah satu teknologi yang memanfaatkan potensi ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya [11]. Panel tersebut terdiri dari sel surya (*photovoltaic*) yang bekerja berdasarkan prinsip efek *photovoltaic*, yakni proses ketika foton dari cahaya matahari diserap oleh material

semikonduktor dan menghasilkan arus listrik searah (DC) [12]. PLTS memiliki berbagai keunggulan, antara lain tidak menghasilkan emisi karbon, bersifat ramah lingkungan, dan dapat diterapkan dalam berbagai skala penggunaan, mulai dari rumah tangga hingga fasilitas publik dan industri [13], [14]. Dengan kelebihan tersebut, pengembangan PLTS menjadi salah satu strategi penting dalam mendukung transisi energi nasional menuju sistem yang lebih bersih, berkelanjutan, dan berdaya saing [15].

Motor *Brushless Direct Current* (BLDC) merupakan motor listrik yang menggunakan magnet permanen pada rotor dan kumparan stator tanpa sikat (*brush*), sehingga tidak memerlukan penggantian sikat secara rutin [16]. Keunggulan dari motor BLDC adalah kecepatan dan torsi motor yang besar, efisiensi yang tinggi, serta pengaturan kecepatan yang mudah. Selain itu, motor ini memiliki masa operasi yang panjang, biaya perawatan yang rendah, dan menghasilkan kebisingan yang minimal karena putaran motor yang halus [17]. Motor BLDC biasanya digunakan sebagai penggerak utama dalam berbagai aplikasi pertanian [18].

Dalam konteks transisi menuju teknologi ramah lingkungan, ketidakstabilan harga bahan bakar fosil menjadi salah satu alasan utama pergeseran dari penggunaan motor diesel konvensional ke motor BLDC. Motor diesel dikenal memiliki daya tahan tinggi dan mampu menghasilkan torsi besar. Namun, memiliki kelemahan berupa emisi gas buang yang merugikan lingkungan serta efisiensi energi yang rendah pada kondisi tertentu. Oleh karena itu, motor BLDC dipandang sebagai solusi yang lebih sesuai dengan arah kebijakan energi masa depan yang menekankan efisiensi dan keberlanjutan [19].

Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Motor BLDC merupakan solusi inovatif pada sektor pertanian dengan memanfaatkan energi listrik melalui sel surya (*photovoltaic*) untuk mengisi baterai. Energi yang tersimpan pada baterai akan digunakan untuk menggerakkan motor BLDC. Sistem sel surya (*photovoltaic*) bertindak sebagai pusat daya untuk menjalankan seluruh sistem [20]. Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan motor BLDC sejalan dengan tren global menuju pertanian ramah lingkungan. Dengan mengandalkan energi terbarukan seperti tenaga surya, petani dapat memiliki sumber listrik yang lebih merata dan mandiri serta mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil [21].

Upaya untuk meningkatkan efisiensi pada mesin penggiling tebu sebelumnya sudah dilakukan dalam beberapa penelitian sebelumnya. Beberapa di antaranya adalah:

1. Harun Doe dkk [22] melakukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Mesin Peras Tebu Sistem Mekanik Tiga Roll Menggunakan Motor Bensin”. Penelitian ini menggunakan motor bensin 5,5 PK yang menghasilkan perasan lebih banyak, namun konsumsi energinya boros dan monitoring masih dilakukan secara manual.

2. Asmar Husein dkk [23] melakukan penelitian dengan judul “Perencanaan Mesin Pemeras Tebu Model 3 Roll Bergerigi Kapasitas 40 Kg/Jam”. Mesin ini memiliki kapasitas cukup besar, tetapi masih bergantung pada bahan bakar bensin dan monitoring dilakukan manual.
3. Aripin Triyanto dkk [24] melakukan penelitian dengan judul “Desain dan Rancang Bangun Panel Surya 100 WP” yang diuji pada beban motor DC. Hasilnya, panel menghasilkan tegangan maksimum 13,2 V tanpa beban dan 17,98 V dengan beban, serta mampu mengisi baterai 12V secara efisien.

Penelitian di atas menunjukkan bahwa upaya peningkatan kinerja mesin penggiling tebu masih berfokus pada aspek mekanis dan penggunaan motor berbahan bakar fosil, sehingga diperlukan inovasi baru dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan dengan menggunakan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang dapat menjadi sumber daya untuk menggerakkan motor BLDC. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi dengan memanfaatkan tenaga matahari sebagai sumber utama, sekaligus mendukung peningkatan produktivitas mesin giling tebu melalui pasokan daya yang stabil dan berkelanjutan.

Melalui implementasi sistem berbasis energi terbarukan, diharapkan mesin penggiling tebu dapat beroperasi secara lebih efisien dan andal, sehingga produktivitas penggilingan meningkat dan pasokan listrik menjadi lebih stabil. Penggunaan motor BLDC yang ditenagai oleh sistem PLTS menjadi solusi alternatif untuk menggantikan mesin diesel konvensional yang kurang ramah lingkungan dan boros energi. Oleh karena itu, pengembangan sistem PLTS sebagai penggerak motor BLDC pada mesin penggiling tebu merupakan langkah penting untuk mewujudkan efisiensi energi, peningkatan produktivitas, serta memperluas akses terhadap energi terbarukan khususnya di daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini di antaranya:

1. Bagaimana merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* yang mampu menyediakan daya listrik sebagai penggerak motor BLDC pada mesin penggiling tebu?
2. Berapa lama proses pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) pada baterai VRLA dapat mempengaruhi durasi operasi mesin penggiling tebu?
3. Bagaimana perbandingan sistem yang dibuat dengan penelitian sebelumnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari dilakukannya penelitian ini sebagai berikut.

1. Merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* yang mampu menggerakkan motor BLDC pada mesin penggiling tebu.
2. Menganalisis karakteristik pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) baterai VRLA untuk mengetahui ketahanan serta durasi operasi mesin penggiling tebu.
3. Membandingkan sistem dengan penelitian sebelumnya.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini dilakukan di Nagari Lasi, Kabupaten Agam, Sumatera Barat.
2. Sumber energi utama yang digunakan adalah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid*.
3. Motor penggerak yang digunakan adalah Motor *Brushless* DC (BLDC) sebagai penggerak utama mesin penggiling tebu.
4. Sistem penyimpanan energi yang digunakan adalah baterai VRLA.
5. Perhitungan SOC yang dilakukan berdasarkan tegangan pada baterai tanpa perhitungan mendalam terkait SOC baterai, dengan menggunakan perhitungan sederhana *open circuit voltage* dan tabel SoC.
6. Tidak membahas reaksi kimia pada Baterai VRLA 12V 40 Ah.
7. Aplikasi mesin penggiling dalam penelitian ini hanya difokuskan pada penggilingan tebu untuk skala kecil hingga menengah.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan penggunaan energi terbarukan pada mesin penggiling tebu, terutama di daerah yang belum mengetahui terkait hal tersebut. Dengan memanfaatkan tenaga surya melalui sistem PLTS yang terhubung dengan motor BLDC, penelitian ini menawarkan solusi yang tidak hanya hemat energi dan ramah lingkungan, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Selain itu, penggunaan sistem ini diharapkan dapat membantu para petani untuk menjalankan proses penggilingan tebu dengan lebih andal dan biaya operasional yang lebih rendah, serta memberikan wawasan baru bagi pengembangan sistem energi mandiri di masa depan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir dilakukan secara sistematis yang setiap babnya memiliki tujuan dalam menyampaikan hal tertentu. Hal ini dilakukan agar pembaca dapat memahaminya dengan mudah. Sistematika penulisan tugas akhir dijelaskan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi teori dasar dan ilmu penunjang yang diperlukan dalam menyelesaikan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini berisi penjelasan tentang rancangan dan prosedur yang akan digunakan untuk memecahkan permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir. Umumnya berisi rentang waktu penelitian dan diagram alir rencana penelitian.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bagian ini berisikan hasil dan analisis dari penelitian tugas akhir ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan data dari penelitian yang telah dilakukan.

