BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah sebuah negara yang terletak di kawasan tropis dan menerima sinar matahari secara terus-menerus sepanjang tahun. Keadaan ini memberikan peluang besar bagi penggunaan energi matahari sebagai salah satu sumber energi terbarukan. Terdapat dua musim di Indonesia, yaitu musim hujan dan musim kemarau, yang memungkinkan pemanfaatan energi matahari dalam waktu yang panjang. Indonesia memiliki kapasitas energi surya yang melimpah karena sinar matahari selalu tersedia sepanjang tahun [1]. Potensi sumber daya energi surya di Indonesia menjadikan energi matahari sebuah sumber energi terbarukan yang seharusnya terus dikembangkan untuk keperluan pembangkitan listrik [2]. Potensi tersebut dapat digunakan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan panel surya untuk mengonversi energi radiasi matahari menjadi listrik. Kondisi radiasi matahari dan suhu merupakan faktor penting yang mempengaruhi potensi pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia [3]. Dengan demikian, keadaan Indonesia yang kaya akan sinar matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik melalui panel surya, guna memenuhi kebutuhan energi, termasuk dalam sistem pemanas pasir silika untuk penyimpanan energi termal.

Kebutuhan energi di Indonesia terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan aktivitas publik. Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan penting karena digunakan dalam berbagai sektor, antara lain rumah tangga, industri, pertanian, dan kegiatan lainnya. Pertambahan jumlah penduduk berpengaruh langsung terhadap peningkatan kebutuhan energi di Indonesia [4]. Konsumsi listrik di Indonesia telah mencapai 1.173 kWh per individu pada tahun 2022. Kenaikan permintaan energi ini harus diimbangi dengan ketersediaan sumber energi yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan. Sumber energi tradisional seperti batu bara terbatas dan tidak dapat diperbaharui dengan cepat. Pengembangan energi baru dan terbarukan menjadi opsi penting untuk memenuhi kebutuhan energi di masa yang akan datang. Salah satu

sumber energi terbarukan dengan potensi besar di Indonesia adalah energi matahari yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui panel surya [4].

Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya tidak selalu konsisten karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan di sekitarnya. Variasi dalam intensitas sinar matahari, suhu, dan kelembapan dapat menghasilkan perubahan pada *output* tegangan dari panel surya. Intensitas cahaya, kelembapan, dan suhu memengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya [5]. Temuan dari penelitian tersebut mengindikasikan bahwa perubahan kondisi lingkungan dapat berdampak pada *output* tegangan dari panel surya, menjadikan nilai tegangan yang dihasilkan bisa berfluktuasi selama penggunaan. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya memiliki *output* tidak stabil, dapat menyebabkan tegangan yang diterima oleh beban tidak selalu sesuai dengan yang diinginkan. Diperlukan sebuah sistem yang dapat mengelola dan mempertahankan tegangan *output* agar tetap konstan meskipun ada perubahan dari sumber energi yang berasal dari panel surya.

Pada sistem penyimpanan energi berbasis pasir silika, energi listrik dari panel surya digunakan sebagai sumber panas untuk proses penyimpanan energi termal. Agar proses pemanasan berjalan optimal, dibutuhkan suplai tegangan yang stabil sehingga elemen pemanas dapat bekerja secara konsisten. Penggunaan *buck-boost converter* menjadi solusi yang tepat karena converter ini mampu menaikkan maupun menurunkan tegangan sesuai kebutuhan beban. *Buck-boost converter* digunakan untuk menyesuaikan tegangan masukan dari panel surya sehingga tegangan yang diteruskan menuju beban berada pada kondisi yang lebih terkendali meskipun tegangan masukan mengalami perubahan.

Pemanfaatan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya untuk mengoperasikan pemanas sebagai sumber panas untuk proses penyimpanan energi termal dalam sistem pasir silika yang memerlukan tegangan yang tepat dan konsisten. Pemanas berfungsi untuk mengubah listrik menjadi panas, yang berguna untuk menaikkan suhu pasir silika sebagai media penyimpanan energi termal. Voltase yang dihasilkan oleh panel surya bisa berfluktuasi akibat pengaruh cahaya matahari dan keadaan lingkungan. Fluktuasi voltase ini dapat menyebabkan daya yang diterima oleh pemanas juga berubah, sehingga proses pemanasan pasir silika

tidak dapat berjalan dengan baik. Diperlukan sistem *buck-boost converter* yang dapat menyesuaikan tegangan *output* dari panel surya agar tetap sesuai dengan kebutuhan pemanas. Rangkaian *buck-boost converter* mampu meningkatkan atau menurunkan tegangan sesuai dengan keadaan voltase *input*. Penerapan *buck-boost converter* sebagai penstabil tegangan dapat dilakukan dalam sistem panel surya yang berfungsi untuk menyuplai pemanas, sehingga tegangan yang diterima pemanas menjadi lebih stabil dan proses pemanasan pasir silika dapat berlangsung dengan lebih efektif. Selain pengaturan tegangan, diperlukan sistem *monitoring* untuk mengetahui kondisi tegangan dan arus selama sistem beroperasi. *Monitoring* dilakukan menggunakan ESP32 yang menerima data tegangan *input*, tegangan *output*, dan arus beban. Data hasil pengukuran ditampilkan secara langsung melalui LCD serta dikirimkan ke Google Spreadsheet melalui jaringan internet. Dengan sistem tersebut, perubahan kondisi kelistrikan pada *buck-boost converter* dan beban *sand battery* dapat diamati dan dicatat secara berkala.

Buck-boost converter merupakan tipe konverter DC-DC yang berfungsi untuk mengatur tegangan listrik DC dengan kapabilitas untuk meningkatkan atau mengurangi tegangan sesuai kebutuhan sistem. Kemampuan ini menjadi salah satu sebab mengapa *buck-boost converter* banyak diaplikasikan dalam sistem yang memiliki sumber tegangan yang fluktuatif, seperti panel surya. Dalam kondisi tertentu, tegangan *output* dari panel surya bisa lebih rendah atau bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan yang dibutuhkan oleh beban. Diperlukan konverter yang dapat menyesuaikan variasi tersebut sehingga tegangan yang diberikan kepada beban tetap dalam rentang yang sesuai. Konverter DC-DC banyak dimanfaatkan dalam sistem energi terbarukan karena kemampuannya untuk menyesuaikan tingkat tegangan dari berbagai sumber energi yang berbeda [6]. *Buck-boost* sangat cocok untuk digunakan dalam penelitian ini karena kemampuannya menyesuaikan tegangan keluaran dari panel surya yang berfluktuasi sebelum digunakan untuk mensuplai pemanas (*heater*) sebagai beban pemanas pasir silika. Dengan *adanya buck-boost converter*, tegangan yang diterima oleh pemanas dapat dikendalikan agar sesuai dengan kebutuhan sistem. Penelitian ini dilakukan dengan merancang sistem *monitoring buck-boost converter* pada beban *sand battery* berbasis panel

surya. Sistem digunakan untuk memantau tegangan *input*, tegangan *output*, dan arus beban menggunakan ESP32, LCD, serta Google Spreadsheet. Pengujian dilakukan pada kondisi menggunakan dan tanpa *buck-boost converter* untuk mengetahui perbedaan karakteristik tegangan yang diterima beban. Hasil pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui kemampuan *buck-boost converter* dalam membantu menjaga tegangan pada beban agar lebih terkendali.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian Rancang Bangun Sistem Monitoring *Buck-Boost Converter* Pada *Heater Sand Battery* Berbasis Panel Surya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem monitoring *buck-boost converter* pada beban *sand battery* berbasis panel surya?
2. Bagaimana kinerja sistem *buck-boost converter* dalam menstabilkan tegangan keluaran berdasarkan hasil pengujian pada berbagai kondisi tegangan masukan dari panel surya?
3. Bagaimana implementasi Google Spreadsheet dalam memantau data tegangan sistem secara *real-time*?
4. Bagaimana perbandingan antara pengujian menggunakan *buck-boost converter* dengan tidak menggunakan *buck-boost converter*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka tujuan masalah dalam penelitian Rancang Bangun Sistem *Monitoring Buck-Boost Converter* Pada *Heater Sand Battery* Berbasis Panel Surya adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem *buck-boost converter* sebagai penstabil tegangan pada sistem *sand battery* berbasis panel surya;
2. Menganalisis kinerja *buck-boost converter* dalam menjaga kestabilan tegangan keluaran terhadap perubahan tegangan masukan dari panel surya;

3. Mengimplementasikan Google Spreadsheet sebagai media *monitoring* tegangan secara *real-time*;
4. Menganalisis perbandingan antara pengujian menggunakan *buck-boost converter* dengan tidak menggunakan *buck-boost converter.*

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian Rancang Bangun Sistem Monitoring *Buck-Boost Converter* Pada *Heater Sand Battery* Berbasis Panel Surya adalah sebagai berikut:

1.4.1 Manfaat Teoritis

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang sistem konversi energi, khususnya mengenai penerapan *buck-boost converter* sebagai penstabil tegangan pada sistem *sand battery* berbasis panel surya;
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai karakteristik perubahan tegangan yang dihasilkan panel surya serta kinerja *buck-boost converter* dalam menyesuaikan tegangan sebelum disalurkan menuju beban.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem *buck-boost converter* yang mampu membantu menjaga tegangan yang diterima beban *sand battery* agar lebih terkendali ketika tegangan dari panel surya mengalami perubahan;
2. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam memantau kondisi tegangan masukan dan keluaran secara langsung melalui LCD maupun secara *real-time* melalui Google Spreadsheet;
3. Penelitian ini diharapkan dapat membantu proses pencatatan dan pengamatan perubahan tegangan dan arus selama sistem beroperasi, sehingga data hasil pengujian dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber energi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari panel surya (PLTS) sebagai sumber tegangan DC;
2. Penelitian hanya berfokus pada perancangan dan pengujian *buck-boost converter* sebagai penstabil tegangan;
3. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah tegangan masukan panel surya dan tegangan keluaran *buck-boost converter*;
4. *Monitoring* sistem dilakukan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan LCD dan Google Spreadsheet;
5. Pembacaan tegangan dilakukan mengunakan rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*);
6. Pengujian dilakukan pada rentang waktu pukul 09.00 sampai 15.00 untuk mengamati perubahan tegangan yang dihasilkan panel surya selama proses pengujian;
7. Penelitian hanya membahas kestabilan tegangan pada *buck-boost converter* dan tidak membahas analisis efisiensi termal secara mendalam pada sistem *sand battery*;
8. Data yang ditampilkan pada LCD dan Google Spreadsheet terbatas pada informasi tegangan *input*, tegangan *output*, arus pada beban dan waktu.
9. Penelitian tidak membahas perancangan mekanik panel surya, konstruksi fisik *sand battery* secara detail, maupun sistem penyimpanan energi selain pasir silika;
10. Pengujian sistem dilakukan dalam skala *prototype* dan belum diterapkan pada sistem penyimpanan energi skala besar.