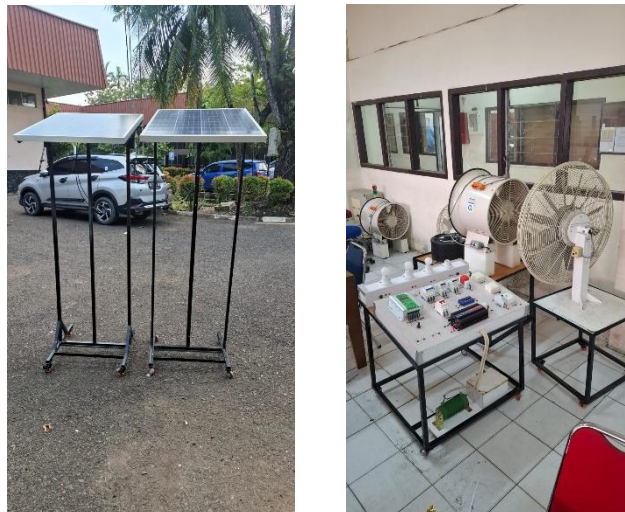


BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun Panel Trainer Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Hybrid* Terintegrasi Turbin Angin

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang dan dibangun panel trainer sistem pembangkit listrik tenaga surya *hybrid* yang terintegrasi dengan turbin angin sebagai media pembelajaran pada praktikum energi terbarukan. Perancangan dan pembangunan alat dilakukan berdasarkan tahapan perancangan yang telah dijelaskan pada BAB III, meliputi perancangan mekanik, sistem kelistrikan, pemilihan komponen, serta integrasi sumber energi terbarukan ke dalam satu sistem panel trainer.

Panel trainer yang dikembangkan menggabungkan dua sumber energi terbarukan, yaitu panel surya dan turbin angin, yang terhubung melalui *Wind Solar Charge Controller* (WSCC) sebagai pengendali proses pengisian baterai dan pengaturan distribusi daya sistem.



Gambar 4.1 Foto Jadi Alat

4.2 Pengujian dan Pembahasan Sistem

4.2.1 Pengujian Sistem *Hybrid* dan Charging Baterai

Pengujian sistem *hybrid* dilakukan untuk mengetahui kemampuan integrasi sumber energi panel surya dan turbin angin pada proses pengisian baterai melalui WSCC.

Pengujian dilakukan pada tiga kondisi operasi, yaitu:

1. Pengoperasian menggunakan panel surya
2. Pengoperasian menggunakan turbin angin
3. Pengoperasian menggunakan panel surya dan turbin angin secara bersamaan

Pengamatan yang diamati meliputi tegangan *charging* dan arus *charging* baterai.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *Charging*

Kondisi Operasi	Tegangan <i>Charging</i>	Arus <i>Charging</i>
Panel Surya	13,16 V	0,57 A
Turbin Angin	13,04 V	0,25 A
<i>Hybrid</i>	13,21 V	0,83 A

Berdasarkan hasil pengujian, sistem *hybrid* mampu mengintegrasikan dua sumber energi terbarukan dalam proses pengisian baterai melalui WSCC. Operasi *hybrid* memungkinkan sistem memperoleh suplai energi dari lebih dari satu sumber pembangkit sehingga dapat meningkatkan kontinuitas dan fleksibilitas suplai energi pada panel trainer.

4.2.2 Pengujian Beban dan *Inverter*

Pengujian *inverter* dan beban dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menyuplai beban AC maupun DC yang digunakan pada panel trainer.

Beban yang digunakan meliputi:

1. Lampu DC
2. Lampu AC
3. Kipas

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan beban pada sistem kemudian dilakukan pengukuran parameter listrik selama operasi berlangsung.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Beban

Beban	Tegangan	Arus	Status Operasi
Lampu DC	11,27 V	1,09 A	Beroperasi
Lampu AC	230,9 V	0,02 A	Beroperasi
Kipas	213 V	0,8 A	Beroperasi

Berdasarkan hasil pengujian, *inverter* mampu mengubah energi listrik DC dari baterai menjadi tegangan AC sehingga beban AC dapat beroperasi sesuai fungsi. Selain itu, beban DC juga mampu bekerja secara normal melalui suplai daya dari sistem *hybrid* yang dirancang.

4.3 Analisis dan Pembahasan Kinerja Sistem

4.3.1 Analisis Sistem *Hybrid* dan Proses *Charging* Baterai

Berdasarkan hasil pengujian sistem *hybrid*, integrasi antara panel surya dan turbin angin melalui *Wind Solar Charge Controller* (WSCC) mampu menjalankan proses pengisian baterai sesuai dengan rancangan sistem. WSCC berfungsi sebagai pengatur distribusi energi dari kedua sumber pembangkit menuju baterai serta menjaga parameter pengisian agar tetap sesuai dengan karakteristik baterai yang digunakan.

Pada kondisi pengoperasian menggunakan panel surya saja maupun turbin angin saja, sistem tetap mampu melakukan pengisian baterai. Namun, pada kondisi operasi *hybrid*, sistem memiliki potensi memperoleh suplai energi dari dua sumber secara bersamaan sehingga kontinuitas pasokan energi

dapat meningkat. Kondisi ini menjadi salah satu keunggulan sistem *hybrid* dibandingkan penggunaan sumber energi tunggal.

Selain itu, penggunaan WSCC pada sistem juga berkontribusi dalam menjaga keamanan proses *charging* baterai melalui pengendalian tegangan dan arus pengisian sehingga risiko *overcharging* maupun *overdischarging* dapat diminimalkan.

4.3.2 Analisis Kinerja *Inverter* dan Beban

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *inverter* mampu menjalankan fungsinya dalam mengubah tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC untuk menyuplai beban AC pada panel trainer. Beban berupa lampu AC dan kipas dapat beroperasi sesuai fungsi selama proses pengujian berlangsung.

Selain itu, beban DC juga mampu beroperasi dengan baik menggunakan suplai daya langsung dari sistem DC. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem panel trainer yang dirancang mampu melayani kebutuhan beban campuran (AC–DC) sesuai konsep perancangan sistem *hybrid*.

Dari sisi proteksi, penggunaan MCB pada beberapa jalur sistem membantu meningkatkan keamanan operasi dengan memberikan perlindungan terhadap potensi gangguan arus lebih maupun hubung singkat. Pemilihan ukuran kabel berdasarkan Kemampuan Hantar Arus (KHA) juga mendukung keandalan penghantar selama sistem beroperasi.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa panel trainer yang dirancang telah mampu menjalankan fungsi pembangkitan, penyimpanan energi, konversi daya, dan penyuplai beban sesuai dengan tujuan penelitian.

4.3.3 Analisis Implementasi Panel Trainer Sebagai Media Pembelajaran

Panel trainer ini berfungsi sebagai media pembelajaran untuk mendukung praktikum energi terbarukan. Desain sistem yang menampilkan komponen utama secara langsung memungkinkan pengguna melakukan pengamatan terhadap hubungan antar komponen, proses konversi energi, serta karakteristik operasi sistem *hybrid*.

Melalui panel trainer ini, mahasiswa dapat melakukan berbagai kegiatan praktikum seperti pengukuran tegangan, arus, dan daya, analisis karakteristik panel surya, pengamatan karakteristik turbin angin, pengujian proses *charging* baterai, serta pengoperasian beban AC dan DC. Selain melakukan pengamatan parameter listrik, mahasiswa juga dapat merangkai dan mengonfigurasi sistem *hybrid* dengan menghubungkan komponen-komponen utama seperti panel surya, turbin angin, WSCC, baterai, *inverter*, dan beban, sehingga mahasiswa dapat memahami secara langsung alur distribusi energi dan hubungan kerja antar komponen dalam sistem pembangkit *hybrid*.

Dengan demikian, panel trainer yang dirancang memiliki potensi untuk digunakan sebagai media pembelajaran interaktif dalam mendukung kegiatan praktikum dan pemahaman konsep energi terbarukan.