

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, proses perancangan, pengujian eksperimental, serta analisis data yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pemanas udara berbasis energi surya dapat dirancang dan dioperasikan secara fungsional tanpa bergantung pada jaringan listrik konvensional. Dalam penelitian ini, sistem menggunakan dua buah panel surya yang disusun secara seri untuk mendapatkan tegangan yang lebih tinggi, yang kemudian disalurkan langsung ke elemen pemanas melalui jalur kelistrikan sederhana yang terdiri dari breaker sebagai proteksi dan wattmeter sebagai alat monitoring. Penggunaan sistem kelistrikan arus searah (DC) yang langsung dikonversi menjadi panas melalui elemen pemanas menunjukkan bahwa energi dari sinar matahari dapat dimanfaatkan secara efisien dan langsung tanpa konversi tambahan seperti inverter atau baterai penyimpanan. Hal ini menjadikan sistem lebih hemat biaya, sederhana dalam perawatan, dan cocok diterapkan di lokasi terpencil.
2. Pasir silika menunjukkan karakteristik yang sangat baik sebagai media penyimpanan panas (thermal energy storage), dengan efisiensi penyerapan dan pelepasan panas yang stabil. Berdasarkan pengujian dan data literatur, pasir silika memiliki kapasitas panas jenis yang cukup tinggi, bersifat stabil pada suhu tinggi, serta tidak mudah berubah secara kimiawi. Dalam implementasi sistem, pasir mampu menyimpan panas dari elemen pemanas dalam waktu yang cukup lama dan melepaskannya secara bertahap ketika udara dialirkan melewatinya. Hasil ini membuktikan bahwa pasir silika dapat digunakan sebagai solusi alternatif penyimpanan panas pada sistem pemanas berbasis energi terbarukan, tanpa risiko degradasi material maupun kehilangan panas yang signifikan.
3. Distribusi energi panas ke udara berlangsung secara efektif, dengan nilai perpindahan panas yang dapat dihitung menggunakan rumus laju aliran massa udara dan selisih suhu udara masuk dan keluar. Dalam penelitian ini,

laju massa udara diperoleh sebesar $0.1179 \text{ m}^3/\text{s}$, dan bersama dengan data suhu aktual dari hasil pengukuran, nilai energi yang berpindah ke udara dapat dihitung secara kuantitatif dalam satuan joule. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem mampu mentransfer energi dalam jumlah signifikan, menjawab rumusan masalah terkait kinerja sistem dalam menyalurkan panas ke udara. Ini menunjukkan bahwa sistem bukan hanya berhasil menyimpan energi panas, tetapi juga dapat menyalurkannya dengan efisien kepada fluida kerja (udara) yang mengalir.

4. Desain alat yang portabel dan terintegrasi dengan baik memungkinkan fleksibilitas tinggi dalam penggunaan, perawatan, dan pemindahan. Alat dirancang dengan struktur logam ringan dan penopang berbentuk persegi, dilengkapi dengan empat roda caster yang memungkinkan alat dipindahkan dengan mudah tanpa membongkar komponen. Penempatan dua corong sebagai saluran keluar udara panas di bagian depan, serta penggunaan tabung vertikal yang memusatkan distribusi panas secara efisien, menunjukkan bahwa alat telah mempertimbangkan aspek ergonomis, sirkulasi udara, serta kestabilan termal. Konstruksi ini juga memudahkan akses untuk pengisian pasir dan pemeriksaan heater, mendukung keberlanjutan penggunaan dalam jangka panjang.
5. Kipas angin yang diposisikan di bagian atas dengan arah aliran udara ke bawah memberikan kontribusi besar dalam proses pemanasan udara secara konveksi. Posisi kipas yang mengalirkan udara dari atas ke bawah mengikuti arah gravitasi, sehingga aliran udara melewati pasir panas lebih lancar dan terarah. Hal ini memungkinkan transfer panas yang merata, karena udara terdorong menyusuri seluruh lapisan pasir sebelum keluar melalui corong. Efek konveksi ini meningkatkan efisiensi perpindahan panas dibandingkan aliran alami, serta memastikan udara yang keluar memiliki suhu yang lebih seragam dan terkontrol.
6. Wattmeter berperan penting sebagai alat monitoring kinerja kelistrikan sistem secara real-time, yang membantu pengguna dalam mengevaluasi kerja sistem. Melalui wattmeter, pengguna dapat memantau tegangan (V), arus listrik (A), dan daya (W) yang dikonsumsi oleh elemen pemanas secara

langsung selama sistem bekerja. Data ini tidak hanya berfungsi untuk keselamatan dan pemeliharaan, tetapi juga menjadi dasar analisis efisiensi energi dan potensi optimasi sistem. Dengan adanya informasi kelistrikan yang akurat, pengguna dapat menentukan apakah sistem beroperasi pada beban yang sesuai atau perlu penyesuaian dalam kapasitas panel maupun elemen pemanas.

7. Hasil perancangan dan implementasi sistem ini menunjukkan potensi besar sebagai solusi pemanas udara ramah lingkungan yang mandiri dan efisien. Sistem ini mampu beroperasi sepenuhnya menggunakan energi matahari tanpa baterai maupun inverter, menyimpan energi panas dalam media pasir yang ekonomis, serta menyalurkan udara panas dengan konfigurasi yang sederhana namun efektif. Hal ini menjawab kebutuhan akan sistem pemanas alternatif yang dapat diterapkan di daerah yang memiliki potensi matahari tinggi namun akses listrik terbatas. Dengan pendekatan ini, sistem berkontribusi langsung terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan, efisiensi termal, dan aplikasi praktis di sektor pemanasan udara skala kecil hingga menengah.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan masukan untuk pengembangan lebih lanjut terhadap sistem pemanas udara berbasis energi surya dengan media penyimpanan panas pasir silika, antara lain:

1. Penambahan sistem kontrol suhu otomatis, mikrokontroler, agar elemen pemanas dan kipas dapat menyala dan mati secara otomatis berdasarkan suhu aktual, sehingga efisiensi sistem dan keamanan operasional dapat ditingkatkan.
2. Penggunaan isolasi termal tambahan pada tabung penyimpanan pasir sangat disarankan, untuk meminimalkan kehilangan panas ke lingkungan, menjaga suhu pasir lebih lama, dan meningkatkan efisiensi penyimpanan energi secara keseluruhan.
3. Pengujian variasi media penyimpan panas lainnya seperti batu kerikil, keramik, atau logam granular dapat dilakukan untuk membandingkan

kinerja penyimpanan energi panas antar material serta menentukan material paling optimal untuk jenis aplikasi tertentu.

4. Pengembangan skala sistem lebih besar atau penerapan dalam sistem hybrid, misalnya digabungkan dengan sistem pengering atau pemanas ruangan berbasis IoT, dapat menjadi langkah lanjutan yang menjadikan alat ini lebih fleksibel dan adaptif untuk berbagai kebutuhan industri atau rumah tangga.
5. Penerapan sistem pemantauan daya berbasis digital dan berbasis aplikasi, seperti integrasi dengan Blynk atau platform monitoring lainnya, akan meningkatkan akurasi dan kemudahan dalam pemantauan data kelistrikan serta temperatur sistem secara real-time.