

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

5.1 Prosedur Pengujian

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian sistem pemanas air berbasis baterai pasir yang disuplai langsung oleh panel surya tanpa menggunakan sistem penyimpanan energi listrik seperti baterai atau MPPT. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan panel surya dalam menyuplai energi listrik secara langsung ke heater, mengukur kemampuan pasir dalam menyimpan panas, serta mengevaluasi efektivitas sistem dalam memanaskan air melalui media pasir yang telah dipanaskan.

Pengujian dilaksanakan di area terbuka pada siang hari yang cerah, tepatnya di lapangan basket, untuk memastikan panel surya mendapatkan paparan sinar matahari secara maksimal tanpa adanya hambatan atau bayangan yang mengurangi intensitas radiasi. Waktu pengujian dimulai pada pukul 10.00 WIB hingga 14.00 WIB, yaitu pada saat matahari berada di posisi tertinggi, sehingga energi yang dihasilkan panel berada pada kondisi optimal.

Sistem yang diuji terdiri dari dua unit panel surya berkapasitas masing-masing 200 Wp dengan konfigurasi total daya sebesar 400 Wp. Panel surya ini langsung terhubung ke pemanas listrik atau heater yang memiliki resistansi sebesar 3,3 Ohm. Heater ini dipasang di dalam sebuah wadah berbahan stainless steel yang diisi dengan pasir silika sebagai media penyimpan panas. Konfigurasi ini memungkinkan energi listrik dari panel surya langsung dikonversi menjadi energi panas tanpa melalui proses penyimpanan energi listrik terlebih dahulu.

Untuk mendapatkan data yang akurat, proses pengujian dilengkapi dengan berbagai instrumen pengukuran. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya selama pengujian dipantau menggunakan multimeter digital dan wattmeter DC. Sedangkan untuk pengukuran suhu, digunakan thermocouple tipe K yang dikoneksikan ke termometer digital. Thermocouple ini dipasang pada beberapa titik penting, yakni di dekat elemen pemanas di dalam pasir untuk mengukur suhu maksimum, di bagian tengah pasir berjarak sekitar 3 cm dari heater untuk melihat distribusi panas dalam media pasir, dan di permukaan atas pasir untuk memantau suhu pada bagian yang paling dekat dengan udara luar yang berpotensi mengalami kehilangan panas.



Gambar 5. 1 Cara Pengujian

5.2. Pengujian Daya Panel Surya

Pengujian daya panel surya dilakukan untuk mengetahui kemampuan panel dalam menyuplai energi listrik secara langsung ke sistem pemanas pasir pada berbagai kondisi cuaca dan waktu yang berbeda selama proses pengujian berlangsung. Pengukuran dilakukan setiap 15 menit selama total waktu pengujian 120 menit dengan mencatat parameter tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan panel. Selain itu, kondisi cuaca juga turut dicatat untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa sistem.

Table 5.2 Data pengukuran daya panel surya

Waktu (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Catatan
0	Tegangan terukur 29,43 V	Arus terukur 9,39 A	Daya terukur 292W	Cerah

				
15	Tegangan terukur 28,43 	Arus terukur 9.75 A 	Daya terukur 275 W 	Cerah
30	Tegangan terukur 27,06 V 	Arus terukur 9,06 A 	Daya terukur 275 W 	Cerah
45	Tegangan terukur 27,03 V 	Arus terukur 9,05 A 	Daya terukur 244 W 	Cerah
60	Tegangan terukur 26,99 V 	Arus terukur 9,03 A 	Daya terukur 243 W 	Cerah
75	Terukur 26,99 V 	Arus terukur 9,02 A 	Daya terukur 242 W 	Cerah

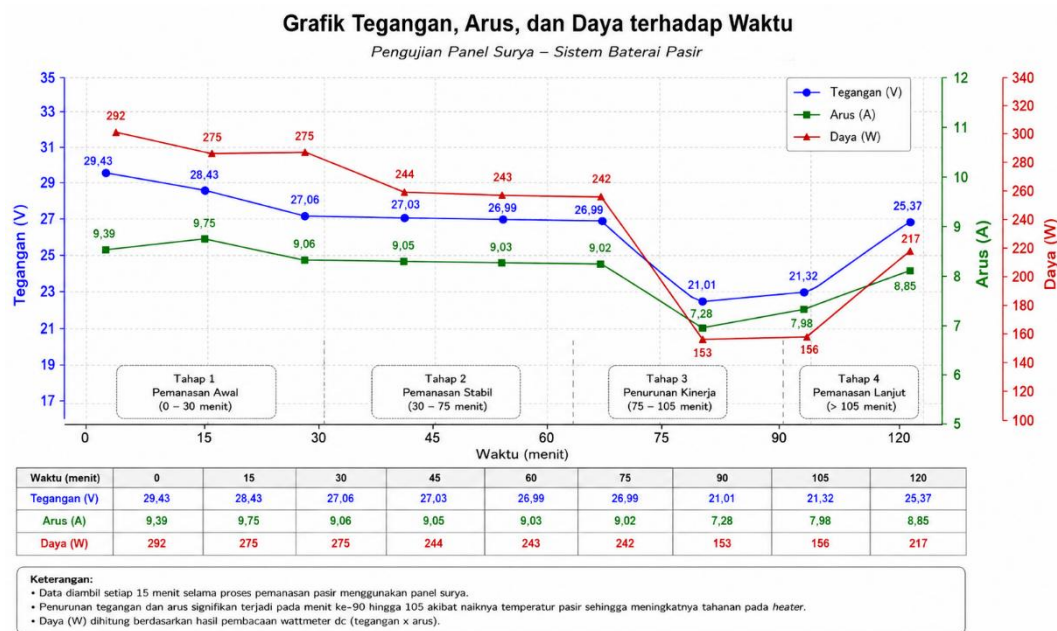
				
90	Terukur 21,01 V 	Terukur 7,28 A 	Terukur 153 W 	Berawan
105	Terukur 21,32 V 	Terukur 7,98 A 	Terukur 156 W 	Berawan
120	Terukur 25,37 V 	Terukur 8,85 A 	Terukur 217 W 	Cerah

Pada menit ke-0, saat sistem mulai dioperasikan, tercatat tegangan panel sebesar 29,43 V dengan arus sebesar 9,39 A, menghasilkan daya sebesar 292 W. Kondisi ini terjadi saat pasir dalam kondisi masih dingin, sehingga heater dapat menarik arus tinggi. Dalam catatan pengujian, kondisi saat itu tertulis sebagai "pasir terik", yang berarti matahari bersinar dengan intensitas tinggi tanpa adanya halangan awan.

Selama periode 15 hingga 75 menit, kondisi cuaca masih cerah dan konsisten. Tegangan panel perlahan menurun dari 28,26 V menjadi 26,99 V, sementara arus relatif stabil di kisaran 9,75 A hingga 9,01 A. Daya yang dihasilkan panel juga berangsur menurun dari 275 W hingga 243 W, meskipun pada menit ke-75 daya kembali naik ke 292 W, yang kemungkinan disebabkan oleh peningkatan intensitas cahaya matahari pada saat tersebut atau suhu panel yang sempat menurun.

Memasuki menit ke-90 dan 105, kondisi cuaca mulai mengalami berawan, sehingga terjadi penurunan signifikan pada tegangan dan arus panel. Tegangan turun drastis menjadi 21,01 V dengan arus 7,28 A pada menit ke-90, menghasilkan daya hanya 153 W. Kondisi ini berlanjut pada menit ke-105, di mana daya panel tercatat sebesar 156 W. Penurunan daya ini selaras dengan adanya penghalang awan yang menurunkan intensitas cahaya matahari yang diterima panel.

Setelah kondisi berawan, pada menit ke-120 cuaca kembali cerah. Tegangan panel naik menjadi 25,87 V dan arus sebesar 8,85 A, menghasilkan daya 217,8 W. Meskipun daya kembali naik, namun tidak sebesar seperti saat awal pengujian. Hal ini diduga karena suhu pasir yang sudah tinggi sehingga resistansi heater berubah, atau suhu panel yang sudah lebih panas akibat paparan matahari terus menerus.



Gambar 5. 2 Grafik Panel Surya

5.2.1 Perhitungan dan Analisa Daya Maksimum Panel

Berdasarkan hasil pengujian, daya maksimum yang dicapai panel surya terjadi pada saat pengujian awal dengan tegangan 29,43 V dan arus 9,39 A. Daya listrik yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P = V \times I$$

$$P = 29,43V \times 9,39A = 276,17 W$$

Jika dibandingkan dengan kapasitas panel surya yaitu 400 Wp, maka efisiensi output listrik terhadap kapasitas panel dapat dihitung:

$$\text{Kapasitas kinerja Panel} = \frac{276,1}{400} \times 100\% = 69\%$$

Artinya, panel mampu bekerja dengan efisiensi sekitar 69% dari kapasitas maksimumnya pada kondisi ideal saat pengujian.

Estimasi energi listrik yang telah digunakan selama pengujian 120 menit dapat dihitung dengan menjumlahkan daya rata-rata dikali dengan durasi waktu pengujian. Diasumsikan rata-rata daya sebesar 243 W, maka:

$$E_{\text{listrik}} = 243W \times 2\text{jam} = 486Wh$$

Jadi selama pengujian, sistem telah menyerap energi listrik dari panel surya sebesar 486 Wh.

5.3 Pengujian Kenaikan Suhu Pasir

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kenaikan suhu pasir seiring dengan waktu pemanasan menggunakan sistem pemanas berbasis energi listrik dari panel surya. Data yang dihasilkan menjadi dasar untuk mengevaluasi kemampuan pasir sebagai media penyimpanan panas dan menentukan waktu optimal untuk mencapai suhu target.

Table 5.3 Tabel Pengujian Suhu pasir

Waktu (menit)	Suhu Pasir (°C)	Daya Input (W)
0	Terukur 34	Trukur 292 
15	Terukur 97,4 	Terukur 275 
30	Terukur 168	Terukur 275 W

		
45	Terukur 221 	Terukur 244W 
60	Terukur 235,2 	Terukur 245W 
75	Terukur 275,8 	Terukur 243W 
90	Terukur 279,5 	Terukur 153 W 
105	Terukur 279 	Terukur 153 W 

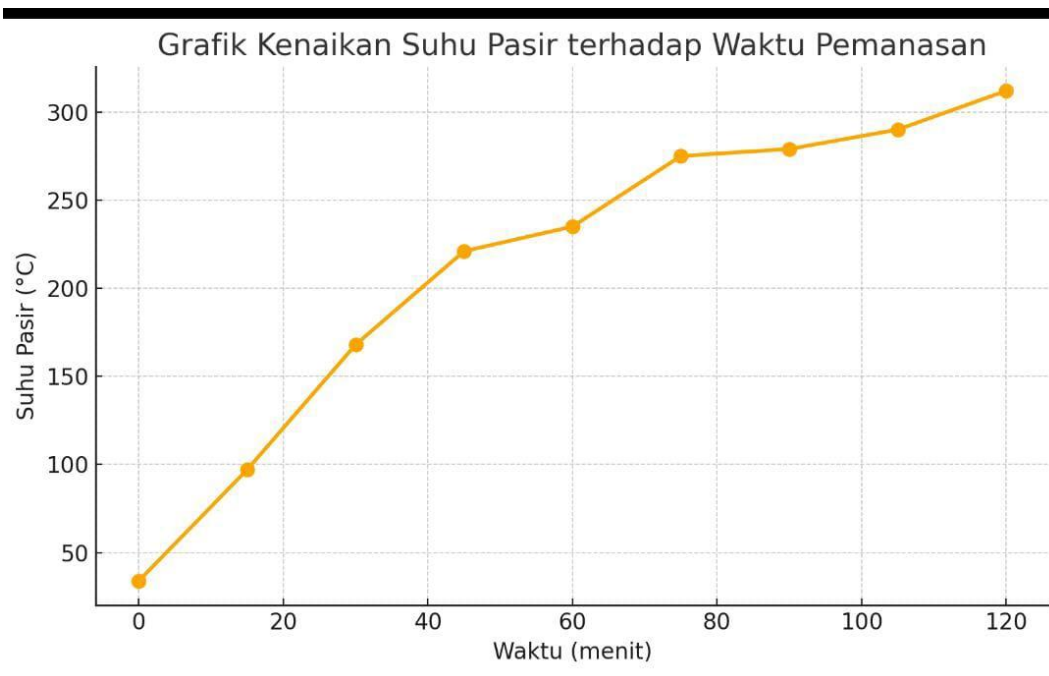
		
120	Terukur 312 	Terukur 217 W 

Tabel 5. 1 Tabel Pengujian Kenaikan Suhu Pasir

Dari hasil pengujian, terjadi peningkatan suhu pasir yang cukup signifikan pada 60 menit pertama, dari suhu awal 34°C menjadi 235°C . Peningkatan suhu berjalan cepat di fase awal karena pasir masih dalam kondisi dingin sehingga mampu menyerap energi lebih cepat.

Memasuki menit ke-60 ke atas, laju kenaikan suhu mulai melambat. Pada menit ke-120 suhu maksimum yang tercapai adalah 312°C . Ini menunjukkan kemampuan pasir dalam menyimpan panas cukup efektif dengan rentang suhu yang luas.

Terjadi pula variasi daya input selama proses pengujian. Pada awalnya daya yang dikonsumsi heater cukup tinggi yaitu 290W, namun setelah suhu pasir meningkat, daya input mengalami fluktuasi karena karakteristik heater yang responsif terhadap kenaikan suhu pasir dan perubahan intensitas tenaga dari panel surya



Gambar 5. 3 Grafik Suhu Pemanasan Pasir

Berdasarkan hasil pengujian kenaikan suhu pasir selama proses pemanasan dengan daya input yang bervariasi dari panel surya, dapat disimpulkan bahwa sistem pemanas berbasis pasir memiliki kemampuan menyimpan energi panas dengan baik. Pasir yang diuji sebanyak 8 kg mampu mencapai suhu maksimum 312°C dalam waktu 120 menit.

Kenaikan suhu pasir menunjukkan laju yang cepat pada fase awal pemanasan, khususnya selama 60 menit pertama yang mampu meningkatkan suhu dari 34°C menjadi 235°C. Setelah itu, kenaikan suhu mulai melambat karena semakin tinggi suhu pasir, semakin besar pula kehilangan panas ke lingkungan dan semakin mendekati titik keseimbangan energi antara energi masuk dan energi yang terbuang.

Daya input selama pengujian juga menunjukkan fluktuasi, yang menunjukkan pengaruh dari intensitas cahaya matahari terhadap output panel surya. Meski demikian, sistem tetap mampu mempertahankan proses pemanasan hingga mencapai suhu di atas 300°C.

Kesimpulannya, pasir sebagai media penyimpan panas terbukti efektif digunakan dalam sistem pemanas berbasis energi surya langsung tanpa baterai listrik. Hasil ini mendukung penerapan

konsep baterai pasir untuk kebutuhan penyimpanan energi termal sebagai alternatif penyimpanan energi ramah lingkungan dan berkelanjutan.

5.3.1 Analisis Perhitungan Energi pada Pengujian Kenaikan Suhu Pasir

Berdasarkan hasil pengujian kenaikan suhu pasir yang dilakukan selama 120 menit, diperoleh data kenaikan suhu pasir dari kondisi awal sebesar 34°C hingga mencapai suhu maksimum sebesar 312°C. Proses pemanasan dilakukan dengan massa pasir sebesar 8 kg. Untuk mengetahui jumlah energi panas yang berhasil disimpan oleh pasir selama proses pemanasan, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan energi kalor, yaitu:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

Q = energi panas yang disimpan (Joule),

m = massa pasir sebesar 8 kg,

c = kapasitas kalor jenis pasir sebesar 830 J/kg°C,

ΔT = perubahan suhu pasir selama pemanasan sebesar 278°C (312°C -34°C).

Dengan demikian, diperoleh perhitungan energi sebagai berikut:

$$Q = 8 \times 830 \times 278 = 1.843.120 \text{ Joule}$$

Energi sebesar 1.843.120 Joule tersebut kemudian dikonversi ke dalam satuan Watt-hour (Wh) agar lebih mudah dipahami dalam konteks energi listrik. Dengan menggunakan konversi 1 Wh = 3600 Joule, maka:

$$Q = \frac{1.843.120}{3600} = 512 \text{ Wh}$$

Hasil ini menunjukkan bahwa energi panas yang berhasil tersimpan pada pasir setelah proses pemanasan selama 120 menit sebesar 512 Wh. Energi ini ekuivalen dengan konsumsi daya listrik sebesar 512 Watt selama satu jam. Hal ini menjadi indikator bahwa pasir memiliki kemampuan menyimpan energi panas dalam jumlah cukup besar sehingga potensial untuk digunakan sebagai media penyimpan panas dalam sistem pemanas berbasis energi surya atau listrik.

Adapun kenaikan suhu pasir selama proses pemanasan tidak bersifat linear. Hal ini disebabkan oleh karakteristik termal pasir yang pada suhu rendah mampu menyerap panas dengan lebih cepat, sementara pada suhu tinggi laju kenaikan suhu cenderung menurun akibat adanya losses atau pelepasan panas ke lingkungan. Selain itu, semakin tinggi suhu pasir, semakin besar pula resistansi termal internal yang menghambat laju transfer panas ke partikel pasir lainnya. Kondisi ini tampak pada data pengujian di mana setelah menit ke-75, laju kenaikan suhu mulai melambat hingga mencapai suhu maksimum di menit ke-120 sebesar 312°C.

Dengan demikian, analisis ini dapat menjadi dasar untuk menentukan kapasitas penyimpanan energi termal pada pasir, serta merancang sistem pemanas yang optimal baik dari sisi waktu pemanasan maupun efisiensi penyimpanan panas yang dihasilkan.

5.4 Pengujian Penyimpanan Panas

Table 5.4 Tabel pengujian penyimpanan panas pasir

Waktu Setelah Heater Dimatikan (menit)	Suhu Pasir (°C)	Catatan
0	Terukur 312,4 	Suhu tersimpan tinggi
20	Terukur 269 	Mulai ada penurunan
40	Terukur 223.5 	Terus penurunan

60	Terukur 214,6 	Penurunan
80	Terukur 182,5 	Penurunan
100	161, 4 	Penurunan signifikan
120	154,6 	Penurunan signifikan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan pasir dalam mempertahankan suhu setelah pemanasan dihentikan. Uji penyimpanan panas sangat penting untuk mengevaluasi efektivitas pasir sebagai media penyimpan energi panas yang dapat dimanfaatkan dalam waktu tertentu setelah sumber panas dimatikan. Pada pengujian ini, pasir dipanaskan hingga mencapai suhu maksimum sebesar 312°C. Setelah suhu tersebut tercapai, heater dimatikan dan suhu pasir dipantau setiap 20 menit hingga 120 menit.

Berdasarkan hasil pengujian, setelah 20 menit pemadaman heater, suhu pasir menurun menjadi 269°C. Penurunan suhu ini masih tergolong kecil, menunjukkan bahwa pasir mampu menahan panas cukup baik dalam waktu singkat.

Setelah 40 menit, suhu pasir turun menjadi 223°C, dan pada 60 menit turun menjadi 214°C. Meskipun terjadi penurunan bertahap, suhu pasir masih berada di atas 200°C hingga satu jam pertama.

Pada menit ke-80, suhu pasir tercatat sebesar 192°C, dan terus menurun menjadi 161°C di menit ke-100. Setelah 120 menit atau dua jam, suhu pasir mencapai 159°C.

Secara umum, meskipun terjadi penurunan suhu, pasir masih mampu menyimpan energi panas dalam durasi yang cukup lama. Ini membuktikan bahwa pasir memiliki kapasitas penyimpanan panas yang efektif, sehingga potensial diterapkan sebagai penyimpan energi termal pada sistem pemanas berbasis energi terbarukan.

Penurunan suhu yang tidak terlalu drastis dalam dua jam pertama menunjukkan bahwa sistem ini mampu mempertahankan suhu operasional yang berguna untuk aplikasi seperti pemanas air atau sistem penyimpanan panas lainnya setelah energi dari panel surya tidak lagi tersedia.



Gambar 5. 4 Grafik Penurunan Suhu Pasir

5.4.1 Analisa Hasil Pengujian Penyimpanan Panas

Berdasarkan hasil pengujian penyimpanan panas pasir, dilakukan analisis untuk menghitung laju penurunan suhu, estimasi energi panas yang hilang, serta efisiensi penyimpanan panas dalam waktu 120 menit setelah heater dimatikan.

Laju Penurunan Suhu (*Cooling Rate*)

Laju penurunan suhu dihitung untuk mengetahui seberapa cepat suhu pasir menurun setiap interval waktu. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Laju Penurunan Suhu} = \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

Perhitungan pada interval 0-20 menit:

$$\Delta T = 312^{\circ}\text{C} - 269^{\circ}\text{C} = 43^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 20 \text{ menit}$$

$$\text{Laju Penurunan} \frac{43}{20} = 2,15^{\circ}\text{C}/\text{menit}$$

Terlihat bahwa laju penurunan suhu paling cepat terjadi pada awal waktu pendinginan, kemudian melambat seiring suhu pasir semakin rendah.

Estimasi Energi Panas yang Hilang

Energi panas yang hilang pada tiap interval dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q = m \times Cp \times \Delta T$$

Dengan:

Q = energi panas yang hilang (joule)

m = massa pasir = 8 kg

Cp = kapasitas panas spesifik pasir = 830 J/kg°C

ΔT = perubahan suhu pada setiap interval

Perhitungan pada interval 0-20 menit:

$$Q = 8 \times 30 \times 43 = 285,520 \text{ joule}$$

Total energi panas yang hilang pada semua interval dapat dihitung kumulatif, sehingga diketahui besarnya energi yang dilepas pasir selama proses pendinginan.

Persentase Kehilangan Energi

Untuk mengetahui berapa persen panas yang hilang dari suhu awal, digunakan rumus:

$$\% \text{Kehilangan Energi} = \frac{\Delta T}{T_{\text{awal}}} \times 100\%$$

Total kehilangan energi hingga 120 menit dapat dihitung dari selisih antara suhu awal dengan suhu akhir:

$$\Delta T_{\text{Total}} = 312^{\circ}\text{C} - 154^{\circ}\text{C} = 158^{\circ}\text{C}$$

$$\% \text{Kehilangan Energi} = \frac{158}{312} \times 100\% = 50\%$$

Dengan dapat disimpulkan efisiensi panas adalah:

$$\% \text{Panas tersisa} = \frac{T_{\text{akhir}}}{T_{\text{awal}}} \times 100\%$$

$$\%Panas\ tersisa = \frac{154}{312} \times 100\% = 50,96\%$$

Hasil ini menunjukkan bahwa setelah 2 jam tanpa pemanasan tambahan, pasir masih mampu menyimpan sekitar 50% panas awalnya, yang cukup efektif untuk aplikasi penyimpan panas dalam sistem berbasis energi terbarukan.

5.5 Pengujian Transfer Panas ke Air

Table 5.5 Tabel pengujian transfer panas ke air

Pengujian (Batch)	Waktu kumulatif	Volume Air	Suhu pasir	Suhu air masuk	Suhu air keluar	Perubahan suhu (	Energi ditransfer
Batch 1	5 menit	1 liter				23,7	99,211 J
Batch 2	10 menit	1 liter				23,7	99,211 J
Batch 3	15 menit	1 liter				22,7	95,022 J

Batch 4	20 menit	1 liter				21,7	90,833J
Batch 5	25 menit	1 liter				20,7	86,644 J
Batch 6	30 menit	1 liter				19,7	82,455 J
Total kumulasi	6 liter						553.376 J

5.5.1 Analisa Hasil Pengujian Transfer Panas ke Air

Pengujian transfer panas ke air bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pasir silika yang telah dipanaskan dalam mentransfer energi termalnya ke fluida kerja berupa air. Pengujian ini dieksekusi menggunakan sistem *batch*, di mana air sebanyak 1 liter dialirkan ke dalam sistem *heat exchanger* setiap interval waktu 5 menit selama total durasi 30 menit. Sepanjang pengujian, suhu air masuk (*inlet*) dijaga secara konstan pada suhu 31,1°C. Sementara itu, suhu pasir silika sebagai media penyimpan panas terus mengalami penurunan secara berangsur-angsur akibat terjadinya pelepasan kalor (perpindahan panas) ke air.

Pada tahap awal ekstraksi (*Batch 1* pada menit ke-5), suhu inti pasir masih berada pada titik puncaknya yaitu 312°C. Pada kondisi ini, sistem mampu menghasilkan suhu air keluar (*outlet*) sebesar 55°C, yang berarti terjadi lonjakan temperatur (ΔT) sebesar 23,7°C dari suhu awalnya. Seiring berjalannya waktu dan bertambahnya *batch* air yang dialirkan, suhu pasir secara

alami mengalami penurunan menjadi 279°C pada *Batch* 2, 250°C pada *Batch* 3, dan terus melandai hingga menyentuh angka 222°C pada *Batch* 6 di menit ke-30.

Penurunan suhu media pasir ini berimplikasi langsung pada pengecilan gradien suhu antara pasir dan air, yang kemudian menyebabkan menurunnya energi termal yang dapat ditransfer pada tiap siklusnya. Besaran energi yang dipindahkan per *batch* dihitung menggunakan persamaan energi kalor $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$. Pada *Batch* 1 dan 2, sistem berhasil mentransfer energi secara maksimal yaitu sebesar 99.211 Joule per *batch*. Namun, pada ekstraksi terakhir di *Batch* 6, energi yang berhasil diserap oleh air menurun menjadi 82.455 Joule, di mana suhu air keluaran turun menjadi 51°C.

Secara akumulatif, selama 30 menit pengujian dengan total 6 *batch* pemanasan, sistem ini telah berhasil memanaskan 6 liter air dan mengekstraksi energi panas secara keseluruhan sebesar 553.376 Joule, atau setara dengan 153,71 Wh. Angka ini membuktikan bahwa baterai pasir silika sangat efektif dalam menyimpan dan mentransfer energi termal untuk mensuplai pemanasan air secara bertahap.

Meskipun sistem terbukti fungsional dan mampu mempertahankan suhu keluaran air secara signifikan di atas suhu masuknya, tren penurunan energi yang ditransfer per *batch* memberikan wawasan penting untuk evaluasi perancangan. Fakta bahwa energi panas yang ditransfer semakin mengecil seiring menurunnya suhu pasir menunjukkan sebuah limitasi mekanis. Oleh karena itu, agar sistem dapat mempertahankan performa perpindahan panas yang optimal untuk pengoperasian dengan durasi yang lebih lama, diperlukan optimasi lebih lanjut, khususnya pada perluasan area kontak *heat exchanger* serta manajemen laju aliran air

5.6 Perhitungan Efisiensi Sistem

Berdasarkan seluruh rangkaian pengujian yang telah dilakukan mulai dari proses pemanasan pasir, penyimpanan panas, hingga transfer panas ke air, dilakukan analisa untuk mengetahui efisiensi sistem secara menyeluruh. Efisiensi ini dihitung berdasarkan perbandingan antara energi listrik yang digunakan sebagai input terhadap energi panas yang disimpan oleh pasir dan yang akhirnya ditransfer ke air.

$$E_{input} = 275W \times 2jam = 550Wh$$

Jika dikonversi ke Joule:

$$E_{input} = 550 \times 3600 = 1.980.000Joule$$

Pada tahap awal, proses pemanasan pasir dilakukan dengan daya listrik rata-rata sebesar 275 Watt selama 120 menit atau setara dengan 2 jam. Total energi listrik yang dikonsumsi selama proses ini adalah sebesar 550 Wh, yang jika dikonversi ke dalam satuan Joule menjadi 1.980.000 Joule. Energi ini sepenuhnya digunakan untuk memanaskan pasir dari suhu awal 34°C hingga mencapai suhu maksimum 312°C.

$$Q_{pasir} = 1.843.120 \text{ Joule} = 512 \text{ Wh}$$

Setelah proses pemanasan, energi panas yang berhasil disimpan dalam pasir dihitung menggunakan rumus energi kalor yaitu $Q = m \times c \times \Delta T$, dengan massa pasir sebesar 8 kg, kapasitas panas jenis pasir sebesar 830 J/kg°C, dan selisih suhu (ΔT) sebesar 278°C. Dari perhitungan tersebut, energi panas yang tersimpan dalam pasir sebesar 1.843.120 Joule, atau setara dengan 512 Wh. Jika dibandingkan dengan energi listrik yang masuk, maka efisiensi penyimpanan panas di pasir mencapai 93,1%. Angka ini menunjukkan bahwa pasir merupakan media yang sangat efektif dalam menyimpan energi panas karena sebagian besar energi listrik yang diberikan berhasil tersimpan sebagai panas dalam pasir.

$$Q_{air} = 553.376 = 153.71 \text{ Wh}$$

Selanjutnya, proses transfer panas dari pasir ke air dilakukan dengan mengalirkan air sebanyak 1 liter setiap 5 menit hingga total waktu 30 menit. Dari data pengujian, total energi panas yang ditransfer dari pasir ke air selama proses ini adalah sebesar 553.376 Joule, atau sekitar 153,71 Wh. Jika dibandingkan dengan energi panas yang tersimpan di pasir, maka efisiensi transfer panas dari pasir ke air adalah sekitar 30%. Artinya, hanya sepertiga dari energi panas yang tersimpan di pasir yang berhasil dipindahkan ke air, sedangkan sisanya hilang akibat konduksi yang kurang optimal, radiasi, dan konveksi bebas ke lingkungan sekitar.

Dengan demikian, efisiensi total sistem dari energi listrik yang digunakan hingga menjadi energi panas dalam air hanya mencapai sekitar 28%. Hal ini dihitung dari perbandingan antara total energi panas yang berpindah ke air terhadap total energi listrik yang masuk, yaitu:

$$\eta_{penyimpanan} = \frac{Q_{Pasir}}{Q_{Input}} \times 100\%$$

$$\eta_{penyimpanan} = \frac{1.843.120}{1.980.000} \times 100\% = 93,1\%$$

Artinya, sekitar 93,1% energi listrik yang masuk berhasil tersimpan dalam bentuk energi panas di pasir.

Efisiensi transfer dihitung:

$$\eta_{transfer} = \frac{Q_{air}}{Q_{Pasir}} \times 100\%$$
$$\eta_{total} = \frac{553.376}{1.980.000} \times 100\% = 28\%$$

Secara keseluruhan, meskipun efisiensi total sistem masih berada di angka 28%, namun sistem ini sudah mampu membuktikan potensi pasir sebagai media penyimpan panas alternatif yang efektif dalam memanfaatkan energi listrik untuk kebutuhan pemanas air. Dengan perbaikan pada aspek desain dan pengendalian proses, sistem ini memiliki peluang besar untuk dikembangkan menjadi solusi penyimpanan dan transfer energi panas yang lebih efisien dan berkelanjutan.