

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Penelitian eksperimental pada PATS sistem aktif ini mengkombinasikan dua jenis penyimpanan kalor yaitu *paraffin wax* sebagai LHS diintegrasikan dengan air sebagai SHS.

1. Air

Air merupakan fluida yang berperan sebagai *heat transfer fluid* (HTF). Sumber air yang digunakan berasal dari air sumur.

2. *Paraffin wax*

Paraffin wax yang dipakai adalah jenis RT52 dengan *properties* seperti pada Tabel 3.1. Gambar 3.1 menunjukkan *paraffin wax* yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 3.1. Sifat termofisik PCM RT52 (Anonim, 2013)

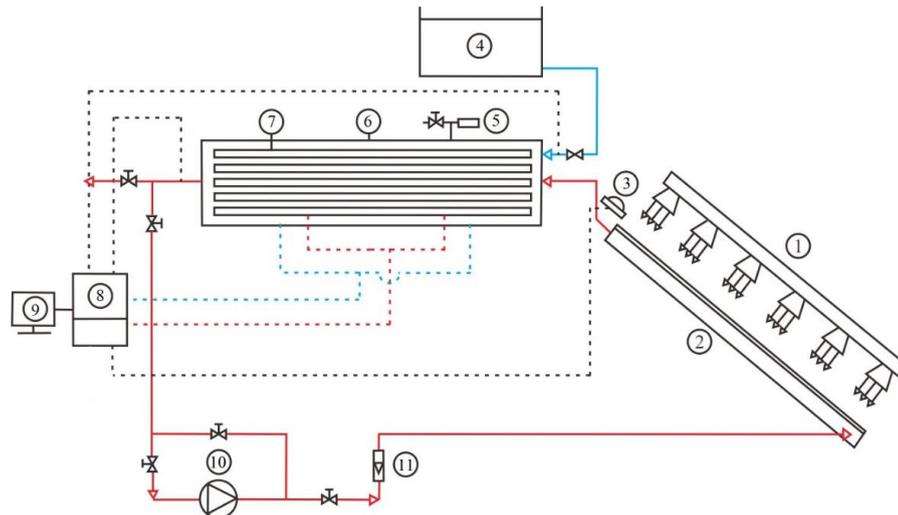
<i>Paraffin wax RT52</i>	
<i>Range</i> temperatur leleh (°C)	49-53
Massa jenis (cair) (kg/l)	0,76
Massa jenis (padat) (kg/l)	0,88
Konduktivitas termal (W/m.K)	0,2
Kalor laten (kJ/kg)	173
Kalor jenis spesifik (kJ/kg.K)	2



Gambar 3.1. *Paraffin wax* jenis RT52

3.2. Alat Penelitian

Skema alat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Skema PATS : (1) *solar simulator*, (2) kolektor surya, (3) piranometer, (4) bak penampung air, (5) kran air masuk, (6) tangki PATS, (7) kapsul PCM, (8) akuisisi data, (9) PC, (10) pompa, (11) rotameter air

Adapun komponen-komponen PATS yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Solar Simulator*

Solar Simulator merupakan aplikasi fasilitas pengujian di dalam ruangan yang terkendali dengan kondisi laboratorium standar. *Solar simulator* digunakan sebagai sumber penyinaran untuk menggantikan radiasi sinar matahari pada pengujian *indoor*. *Solar simulator* berfluks tinggi digunakan untuk menghasilkan eksperimen suhu tinggi yang terkendali. Sebagai alternatif *solar simulator* pada pengujian *indoor* menggunakan 24 buah lampu *tungsten halogen* dengan total daya lampu 7200 Watt yang menghasilkan *heat flux* sebesar 800, 1000, dan 1200 W/m². Gambar 3.3 menunjukkan *solar simulator* yang digunakan dalam penelitian. Dimensi utama dari *solar simulator* meliputi panjang 2,27 m, lebar 1,73 m, dan tinggi 3 m. Tabel 3.2. menunjukkan spesifikasi lampu *tungsten halogen* yang digunakan pada *solar simulator*.



Solar Simulator

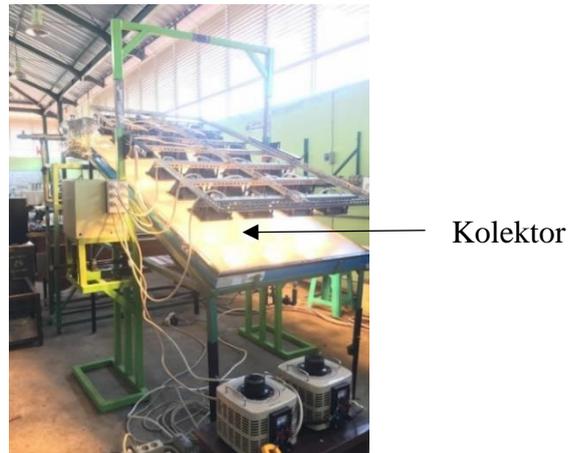
Gambar 3.3. Solar Simulator

Tabel 3.2. Spesifikasi lampu tungsten halogen

Lampu	
Tipe	Tungsten halogen
Merk	Philips Plusline R7s
Daya	300 W
Tegangan	230 V
Lifetime	2000 jam
Jumlah	24 buah

2. Kolektor

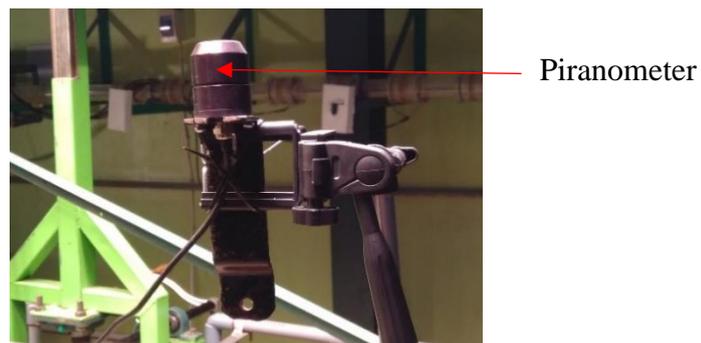
Kolektor berfungsi mengkonversi *solar simulator* menjadi energi termal untuk memanaskan air yang berada di dalam kolektor. Pada pengujian ini, kolektor yang digunakan memiliki ukuran 1 m x 1,9 m dan dipasang dengan kemiringan 30°. *Material absorber* dan pipa *absorber* masing-masing menggunakan aluminium dan pipa tembaga. *Low Iron Patterned Glass (Tempered)* dengan tebal 3,2 mm sebagai kover atas dan menggunakan insulasi berupa *High Density polyurethane+Aluminium Foil*. Kolektor yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Kolektor

3. Piranometer

Piranometer berfungsi mengukur besarnya energi radiasi yang dipancarkan *solar simulator* pada tiap satuan luasnya. Pengukuran dapat dilakukan hingga intensitas 1280 W/m^2 . Akurasi dan resolusi pada piranometer masing-masing adalah $\pm 10 \text{ W/m}^2$ dan $1,25 \text{ W/m}^2$. Piranometer masih dapat bekerja dengan baik apabila masih dalam jarak temperatur pengoperasian, yaitu dari $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ sampai $75 \text{ }^\circ\text{C}$. Pengujian dilakukan dengan menggunakan piranometer Hobo Weather Station seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Piranometer

4. Tangki PATS

Tangki PATS merupakan penyimpan energi termal yang terdapat pada air (sensibel). Tangki PATS ditutup dengan *glass wool* dan *aluminium foil* untuk mengurangi *heat loss*. Tangki memiliki panjang $90,65 \text{ cm}$, diameter luar $27,8 \text{ cm}$,

dan kapasitas 60 liter yang terlihat sebagaimana pada Gambar 3.6. Material yang digunakan sebagai bahan pembuatan tangki terdiri dari plat baja karbon dengan ketebalan yang bervariasi antara 0,5 cm. Spesifikasi tangki TES ditunjukkan pada Tabel 3.3.



Gambar 3.6. Tangki PATS

Tabel 3.3 Spesifikasi tangki TES

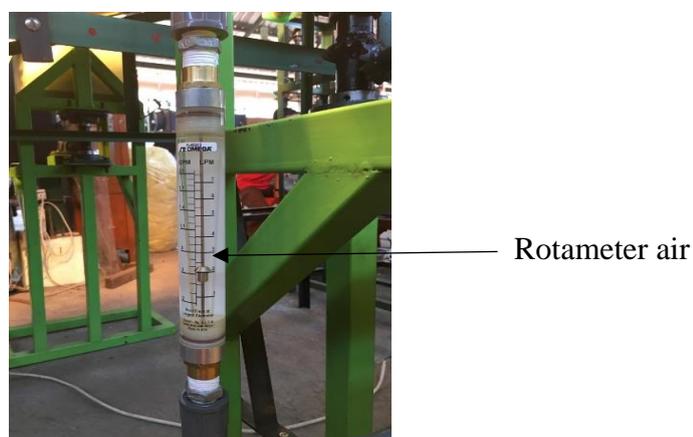
Tangki TES	
<i>Dimensi Keseluruhan</i>	
Panjang (cm)	90,65
Diameter luar (cm)	27,8
Diameter dalam (cm)	26
<i>Flange</i>	
Jumlah	2
Diameter luar (cm)	35
Diameter pitch	30
Tebal (cm)	0,5
<i>Hole Bagian Atas</i>	
Jumlah	6
Diameter luar (cm)	2,35
Diameter dalam (cm)	1,4
Jarak antar pusat diameter 1 – 2 (cm)	10
Jarak antar pusat diameter 2 – 3 (cm)	15,5
Jarak antar pusat diameter 3 – 4 (cm)	8,65
Jarak antar pusat diameter 4 – 5 (cm)	15,5
Jarak antar pusat diameter 5 – 6 (cm)	10
<i>Hole Bagian Bawah</i>	
Jumlah	2
Diameter luar (cm)	2,33
Diameter dalam (cm)	1,35
Jarak antar pusat diameter (cm)	38,8
<i>Hole pada Bagian Head Kanan</i>	
Jumlah	2
Diameter luar (cm)	2,66

Tabel 3.3 Spesifikasi tangki TES (lanjutan)

Diameter dalam (cm)	1,33
<i>Hole</i> pada Bagian <i>Head</i> Kiri	
Jumlah	3
Diameter luar (cm)	2,44
Diameter dalam (cm)	1,36
Jaring (per satuan <i>square</i>)	
Panjang (cm)	3,37
Tebal (cm)	0,40

5. Rotameter air

Rotameter air berperan sebagai pengatur debit air yang masuk ke PATS. Rotameter yang digunakan mampu mengukur debit hingga 7,5 LPM. Batas temperatur, batas tekanan, dan penurunan tekanan maksimum pada rotameter yang digunakan berturut-turut adalah 65 °C pada 0 psig, 150 psig pada 21 °C, dan 2 psi. Rotameter yang digunakan merupakan pabrikan dari Omega dan ditunjukkan pada Gamabr 3.7.



Gambar 3.7. Rotameter air

6. Akuisisi data

Akuisisi data digunakan sebagai alat penyimpan data dari kabel-kabel termokopel yang sudah terpasang pada tangki PATS. Gambar 3.8. menunjukkan data akuisisi Graphytec midi LOGGER GL220 dan GL820 yang digunakan dalam

pengujian. Setiap data akuisisi dapat dipasang 10 dan 20 channel termokopel sehingga total termokopel yang dapat dipasang adalah 30 buah.



Akuisisi data

Gambar 3.8. Akuisisi data

7. *Personal Computer* (PC) dan Laptop

Pembacaan data yang disimpan oleh akuisisi data dibaca pada PC dan laptop. Gambar dan spesifikasi PC ditunjukkan pada Gambar 3.9. dan Tabel 3.4. Gambar 3.10. dan Tabel 3.5. menunjukkan gambar dan spesifikasi laptop yang digunakan dalam pembacaan data selama eksperimen.



Gambar 3.9. PC

Tabel 3.4. Spesifikasi PC

Computer Name	DESKTOP-9T2RB08
Operating System	Windows 10 Pro 64-bit (10.0, Build 17134)
Language	English (Regional Setting : English)
System Manufacturer	LENOVO
System Model	80XG
Bios	4WCN37WW
Processor	Intel®Core™I3-6006U CPU@2.00GHz(4CPUs), ~2.0GHz
Memory	4096MB RAM
Page File	3977MB used, 3576MB available
Directx Version	Directx 12



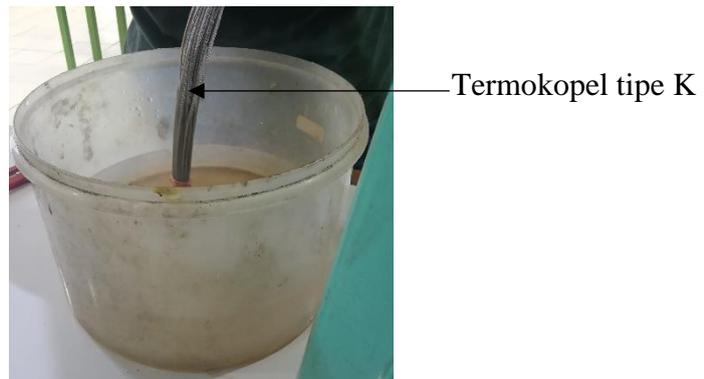
Gambar 3. 10. Laptop

Tabel 3.5. Spesifikasi Laptop

Merk	ASUS SIMCOOL
Tipe Grafis	Genuine Intel®
Processor	Intel UHD 2140 @ 1.6 Hz
Memori/RAM	1 GB
Harddisk	4 GB

8. Termokopel

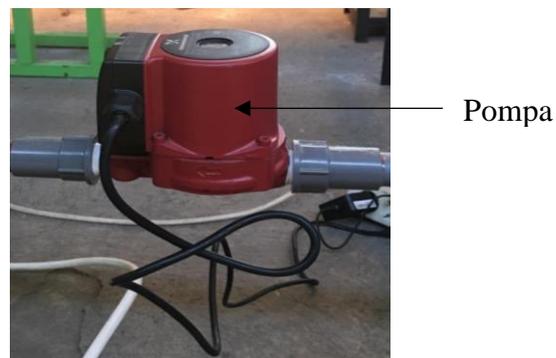
Termokopel tipe K digunakan untuk mengukur temperatur. Termokopel tipe K dipasang di PCM, HTF, permukaan tangki dan saluran input dan output pada sistem PATS yang jumlahnya 25 buah. Untuk mendapatkan temperatur yang sebenarnya, termokopel tipe K dikalibrasi terlebih dahulu seperti yang terlihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Kalibrasi termokopel tipe K

9. Pompa

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk membantu mendorong sirkulasi air pada PATS sistem aktif. Pompa yang digunakan jenis pompa dorong seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.12. dan spesifikasi pompa disajikan pada Tabel 3.6.



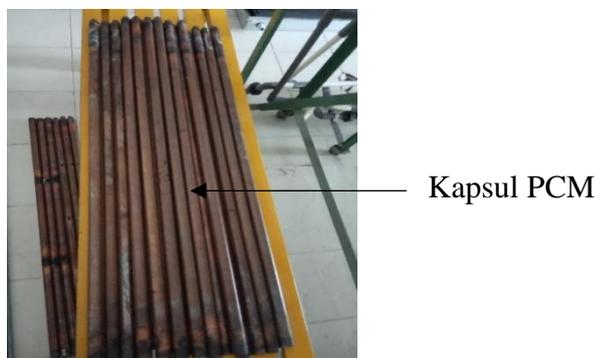
Gambar 3.12. Pompa

Tabel 3.6. Spesifikasi pompa

Merk	GRUNDFOS – HOME BOOSTER
Tipe	Type UPA 15-90.160 P/N : 59539519 . PC : 0908
Tegangan	220 V
Frekuensi	50 Hz
Kapasitor	3 μ F
Arus1/1	0.48 W
P1 / P2	120 W / 40 W
Tekanan	Max. 0.6 MPa .
CE	IP 42 . TF 95. Class H.
Qmax	30 lt/min
Headmax	9 m

10. Kapsul PCM

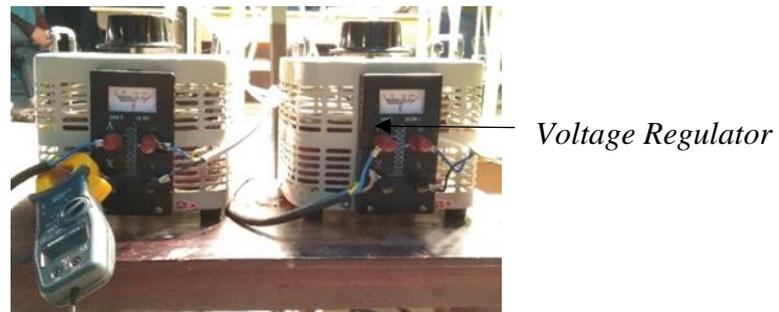
Kapsul PCM merupakan wadah dari *paraffin wax* yang berperan sebagai penyimpan energi termal kalor laten. Kapsul dipasang di dalam tangki PATS dengan jumlah 13 buah. Masing-masing kapsul PCM memiliki panjang 1 m, tebal 2,5 mm dan diameter luar 1 inch. Bahan kapsul menggunakan material tembaga. Kapsul PCM ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Kapsul PCM

11. Voltage Regulator

Voltage regulator merupakan alat yang berperan sebagai perantara sebelum masuknya arus listrik ke *solar simulator*. Alat ini memiliki tegangan maksimal yang dapat disalurkan sebesar 250 V dengan arus 20 A. Jumlah *voltage regulator* yang dibutuhkan untuk menguji *solar simulator* sebanyak 2 buah yang disesuaikan dengan kebutuhan jumlah daya yang dihasilkan dari 24 buah lampu. *Voltage regulator* ditunjukkan pada Gambar 3.14.

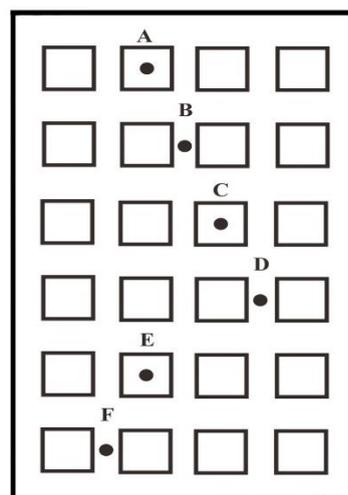


Gambar 3.14. *Voltage regulator*

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Pengujian *Solar Simulator*

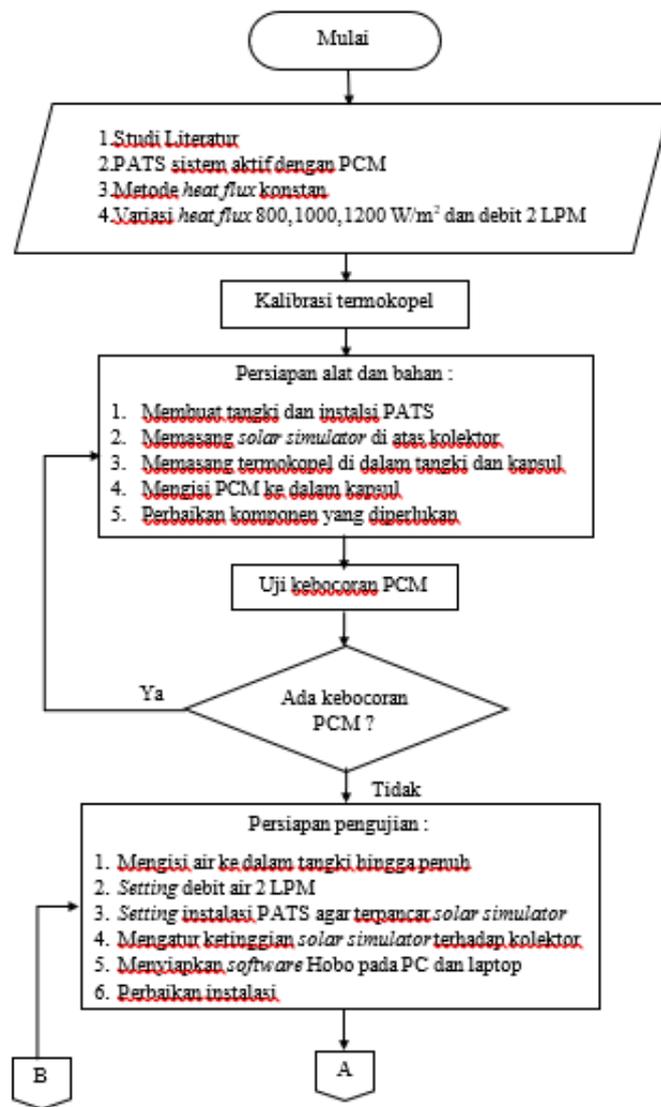
Berdasarkan pertimbangan keamanan, kapasitas tegangan yang ada pada *voltage regulator* tidak sepenuhnya digunakan, sehingga variasi tegangannya adalah 210 V. Selanjtnya untuk mendapatkan *heat flux* 1000 W/m^2 , maka alternatif lain adalah dengan mengatur ketinggian *solar simulator*. Variasi ketinggian yang digunakan ada 3, diantaranya adalah 10, 15, dan 22 cm. Selain itu, titik-titik penempatan *pyranometer* ditentukan berdasarkan distribusi cahayanya. Ada 6 titik penempatan *pyranometer*, masing-masing titiknya sudah dianggap mewakili setiap baris lampu. Titik-titik penempatan *pyranometer* ditunjukkan pada Gambar 3.15.



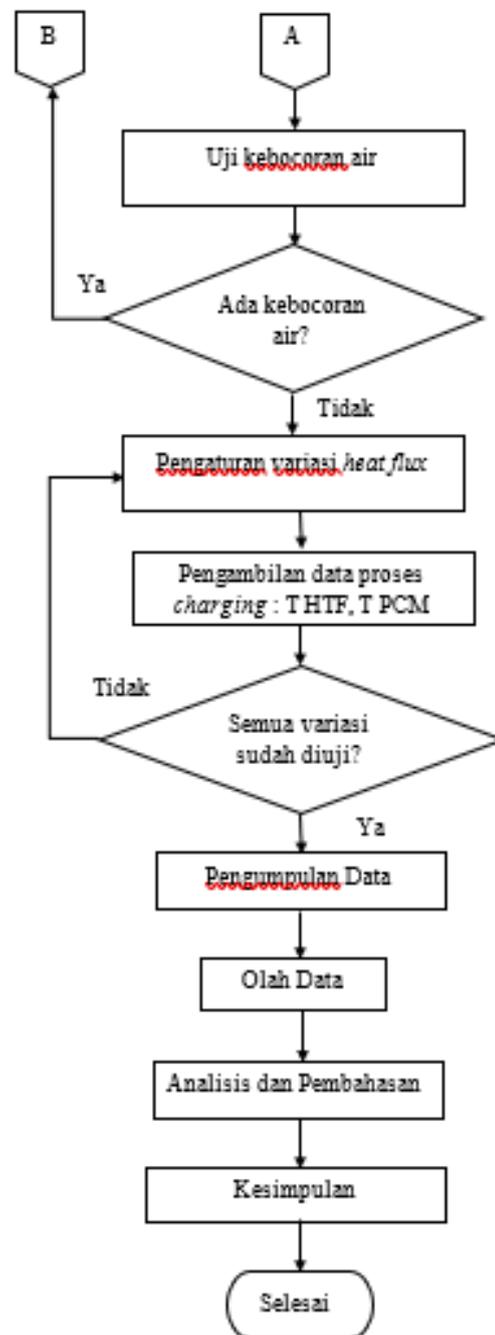
Gambar 3.15. Titik penempatan *pyranometer*

3.3.2. Diagram Alir Penelitian

Proses jalannya penelitian dari awal sampai akhir ditunjukkan oleh diagram alir seperti pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16. Diagram alir penelitian



Gambar 3.16. Diagram alir penelitian (lanjutan)

3.3.2. Langkah Pelaksanaan

Sebelum melakukan pengujian, hal yang harus dilakukan adalah dengan mempersiapkan alat dan bahan pengujian. Persiapan dilakukan dengan membuat tangki dan seperangkat unit instalasi PATS, kalibrasi termokopel, dan memasang termokopel ke dalam tangki PATS. Setelah alat siap, selanjutnya dilakukan pengecekan alat terhadap kebocoran air pada tangki. Apabila terdapat kebocoran, maka dilakukan perbaikan untuk mengatasi kebocoran air pada tangki. Kemudian jika kebocoran sudah dapat diatasi, maka dilanjutkan dengan melapisi *glasswool* pada permukaan tangki. Selanjutnya memposisikan PATS agar terkena radiasi *solar simulator* dengan cara mengatur ketinggian jarak antara kolektor dengan *solar simulator* untuk mengetahui besarnya variasi *heat flux* yang dipancarkan dari *solar simulator*. Langkah berikutnya adalah mengisi tangki PATS dengan air hingga penuh, menyiapkan *HOBO software* pada PC dan laptop kemudian mengaktifkannya. Setelah pompa dinyalakan, selanjutnya dimulai proses *charging* dengan menyalakan *solar simulator*. Komputer dinyalakan terlebih dahulu sebelum *solar simulator* diaktifkan.

3.3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data rekaman temperatur HTF dan PCM selama proses *charging*. Data eksperimen diambil dari *software* data logger temperatur yang ada di *personal computer* (PC) dan laptop.

3.3.4. Olah Data dan Analisis Data

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung nilai temperatur rata-rata HTF, temperatur rata-rata PCM, nilai kalor tersimpan sesaat dan kalor tersimpan kumulatif. Selanjutnya memplot grafik evolusi temperatur rata-rata HTF, evolusi temperatur rata-rata PCM, grafik kalor tersimpan sesaat dan grafik akumulasi penyimpanan energi termal terhadap waktu selama proses *charging*. Hasil olah data ditampilkan dalam grafik kemudian dilakukan analisis grafik.

3.4. Kesulitan Penelitian

Kesulitan yang dihadapi selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut.

1. Pembacaan alat akuisisi data yang error menghambat jalannya penelitian.
Beberapa kali terjadi kesalahan dalam pembacaan alat akuisisi data. Langkah yang dilakukan adalah mengecek koneksi kabel termokopel pada data akuisisi.
2. Desain dan pabrikasi *solar simulator* yang bersifat *try and error* menjadikan mundurnya penerapan di PATS.

Desain *solar simulator* mengalami beberapa kali perubahan yang disebabkan oleh tuntutan penggunaan yang harus mengakomodasi *setting* ketinggian dengan teliti. Persoalan diselesaikan dengan memasang *differential gear* untuk mengatur ketinggian.

3. Penyediaan instalasi listrik 40 A untuk *solar simulator* yang terlambat mengakibatkan jadwal pengambilan data mundur.

Laboratorium belum tersedia instalasi listrik yang diperlukan. Langkah yang dilakukan adalah menghubungi bagian teknisi listrik untuk membuat jaringan listrik baru.