

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

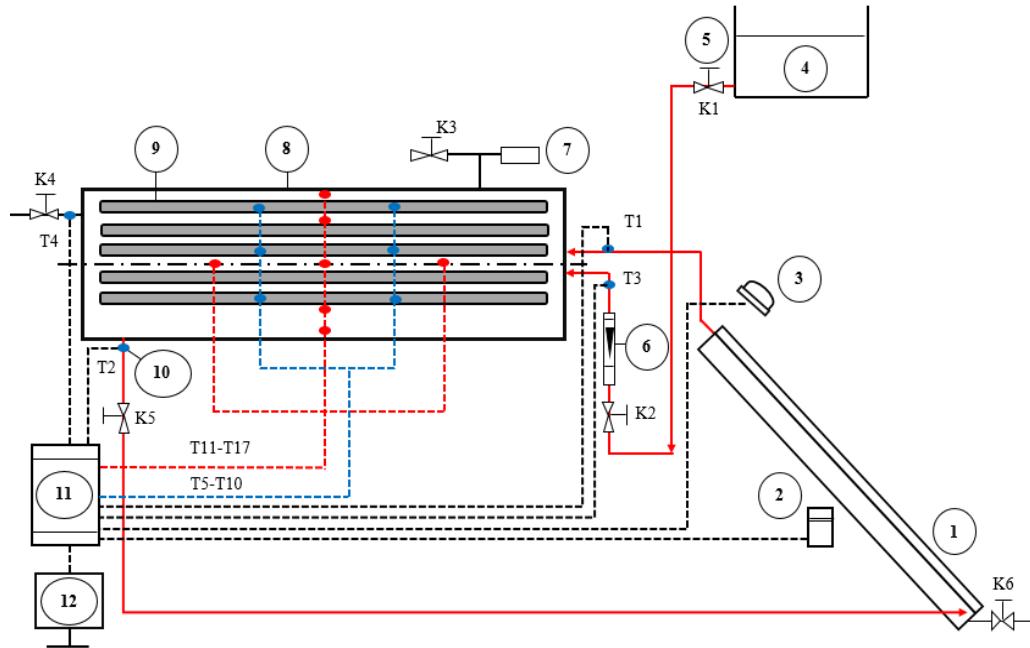
Penelitian ini memakai air dan *paraffin wax*, Air difungsikan sebagai HTF dan *paraffin wax* digunakan sebagai PCM. *Paraffin wax* yang dipakai merupakan tipe RT 52 dengan sifat fisik seperti yang disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Sifat fisik *paraffin wax* RT 52 (Nadjib, 2013).

Sifat fisik	Satuan	Nilai		
		Minimum	Nominal	Maksimum
Pelelehan	°C	49	52	53
Pembekuan	°C	48	52	52
Kalor laten peleburan	kJ/kg		173	
Kalor jenis spesifik	kJ/kg.K		2	
Densitas :				
1. Cair	kg/liter		0,88	
2. Padat	kg/liter		0,76	
Konduktivitas termal (padat dan cair)	W/m.K		0,2	

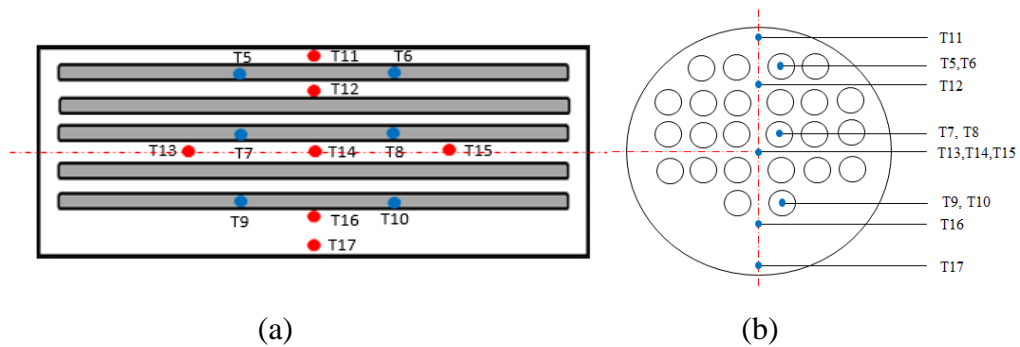
3.2. Skema Alat Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan PATS sistem pasif *thermosyphon* dengan volume 60 liter. Skema alat penelitian tersebut disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema alat penelitian: (1) kolektor matahari, (2) piranometer, (3) sensor temperatur udara, (4) tangki air dingin, (5) katup air (k_1 - k_6), (6) rotameter air dingin, (7) *safety valve*, (8) tangki TES, (9) kapsul PCM, (10) termokopel ($T_1 - T_{17}$), (11) akusisi data, dan (12) komputer.

Posisi termokopel HTF dan PCM disajikan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Posisi pemasangan termokopel HTF dan PCM
(a) tampak sisi depan, (b) tampak sisi samping

3.3. Alat Penelitian

1. Kolektor matahari

Kolektor matahari mempunyai fungsi sebagai penyerap panas radiasi matahari menjadi energi listrik dan kemudian mengubahnya menjadi energi termal untuk memanaskan air. Kolektor matahari diilustrasikan seperti Gambar 3.3. Spesifikasi kolektor matahari disajikan Tabel 3.2.



Gambar 3.3. Kolektor matahari

Tabel. 3.2. Spesifikasi kolektor matahari

Pabrikasi	Wika
Luas permukaan	1,9 m ²
Material absorber	Aluminium
Pipa absorber	Pipa tembaga
Kotak kolektor	<i>Zincalume</i>
Kover bagian atas	Kaca <i>mislite</i> 5 mm
Insulasi	<i>Polyurethane</i>
Tekanan maksimum	4 Bar
Berat kosong	46 Kg
Berat total	48,5 Kg

2. Piranometer

Piranometer berfungsi untuk mengukur intensitas radiasi matahari lingkungan sekitar. Piranometer yang digunakan untuk penelitian diilustrasikan seperti Gambar 3.4. Spesifikasi piranometer disajikan pada Tabel 3.3.



Gambar 3.4. Piranometer

Tabel 3.3. Spesifikasi piranometer

Pabrikasi	Onset
Dimensi	4,1 cm <i>high</i> x 3,2 cm diameter (1 5/8 in. x 1 1/4 in.)
Berat	120 g (4 oz)
Panjang kabel	3 m (9.8 ft)
Pembuatan	<i>Anodized aluminum housing with acrylic diffuser and o-ring seal</i>
Range pengukuran	0 to 1280 W/m ²
Range temperatur selama pengoperasian	-40° to 75°C (-40° to 167°F)
Akurasi	±10 W/m ² or ±5%
Resolusi	1,25 W/m ²

3. Sensor temperatur udara

Sensor temperatur udara merupakan alat ukur untuk mengetahui temperatur udara luar lingkungan sekitar. Sensor temperatur udara disajikan pada Gambar 3.5. Spesifikasi sensor temperatur udara dijelaskan Tabel 3.4 seperti sebagai berikut.



Gambar 3.5. Sensor temperatur udara

Tabel 3.4. Spesifikasi sensor temperatur udara

<i>Shield</i>	ASA styrene (UV-stable)
<i>Bracket</i>	Glass-filled nylon (UV-stable)
Panjang kabel	2,5 m
Berat total	223 g
<i>Hardware</i> terpasang	Besi stainless dan kuningan
Jarak pengukuran	-40°C sampai 75°C (-40°F sampai 167°F)
Kelembaban relatif (RH)	0-100% RH at -40° to 75°C (-40° to 167°F)
Akurasi temperatur	+/- 0,21°C from 0° to 50°C (0,38°F from 32° to 122°F)

4. Anemometer

Anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin sekitar PATS. Anemometer diilustrasikan seperti pada Gambar 3.6. Spesifikasi anemometer dijelaskan Tabel 3.5 sebagai berikut.



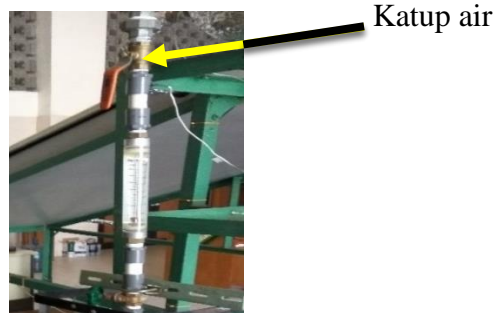
Gambar 3.6. Anemometer

Tabel 3.5. Spesifikasi anemometer

Parameter pengukuran	Kecepatan angin rata-rata tiap 3 detik
Jarak pengukuran	0 hingga 76 m/s (0 hingga 170 mph)
Jarak temperatur selama operasi	-40° hingga 75°C (-40° hingga 167°F)
Akurasi	±1.1 m/s (2,4 mph)
Resolusi	0.5 m/s (1,1 mph)
Waktu permulaan	1 m/s (2,2 mph)

5. Katup air

Katup air berfungsi untuk mengatur debit air yang masuk ke PATS. Katup air yang dipakai pada penelitian ditampilkan seperti Gambar 3.7 sebagai berikut.



Gambar 3.7. Katup air

6. *Safety valve*

Safety valve berfungsi sebagai pengontrol temperatur air sehingga pada waktu air mencapai temperatur tertentu maka air secara otomatis akan keluar. *Safety valve* yang digunakan saat penelitian ditampilkan seperti Gambar 3.8. Spesifikasi *safety valve* dijelaskan pada Tabel 3.6.



Gambar 3.8. *Safety valve*

Tabel 3.6. Spesifikasi *safety valve*

Tipe	DN15(G1/2)
Material	Kuningan
Kisaran penyesuaian tekanan	0,3-5 kg, 3-10 kg, 10-20 kg, 20 30kg, 30-40 kg
Struktur	Peredam tekanan
Maksimum operasi	90 °C

7. Tangki TES

Tangki TES berfungsi sebagai penyimpan energi termal air dan *paraffin wax*. Tangki TES yang digunakan untuk penelitian ditampilkan seperti pada Gambar 3.9. Spesifikasi tangki TES dijelaskan pada Tabel 3.7 sebagai berikut.



Gambar 3.9. Tangki TES

Tabel 3.7. Spesifikasi tangki TES

Volume tangki	60 liter
Material tangki	Baja karbon
Panjang tangki	122 cm
Diameter luar	25 cm
Diameter dalam	24,5 cm
Tebal	3 mm

8. Kapsul PCM

Kapsul PCM adalah tempat untuk mewardahi PCM. Material yang digunakan pada kapsul tersebut yaitu pipa tembaga. Kapsul PCM yang digunakan untuk penelitian ditampilkan seperti pada Gambar 3.10. Spesifikasi kapsul PCM dijelaskan Tabel 3.8.



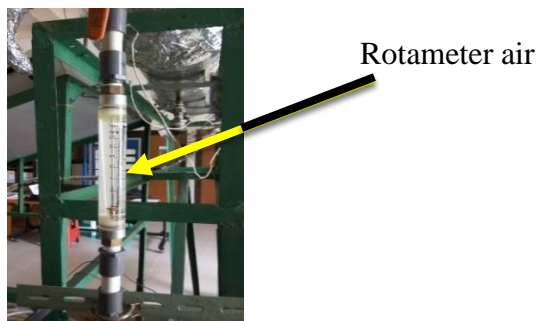
Gambar 3.10. Kapsul PCM

Tabel 3.8. Spesifikasi kapsul PCM

Material	Tembaga
Diameter	1 inch
Panjang pipa	122 cm
Jumlah	24 buah

9. Rotameter air

Rotameter air berfungsi sebagai pengukur aliran air yang masuk dan keluar ke PATS. Rotameter air yang digunakan saat penelitian ditampilkan seperti Gambar 3.11. Spesifikasi rotameter air dijelaskan pada Tabel 3.9 sebagai berikut.



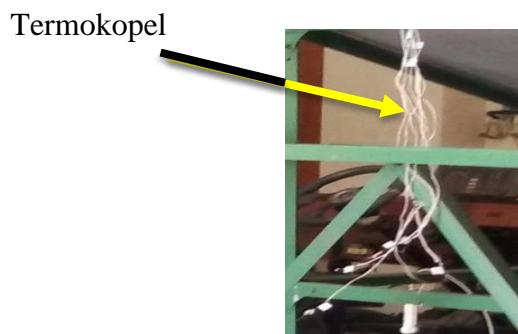
Gambar 3.11. Rotameter air

Tabel 3.9. Spesifikasi rotameter air

Tipe	FL46303
Dimensi	208 H x 32 mm D (83/16 x 1 1/4")
Berat	680 g (1,5 lb)
Akurasi	±5%
Bagian pengukur	<i>Acrylic</i>
Material o-ring	FKM
Float	316 SS (PVC for FL46302)
Batas temperatur	65°C (150°F) pada 0 psig
Batas tekanan	150 psig pada 21°C (70°F)
Penurunan tekanan	Maksimum 2 psi
Kalibrasi LPM	1,0 sampai 7,5

10. Termokopel

Termokopel berfungsi untuk mengukur temperatur air. Termokopel yang digunakan untuk penelitian ditampilkan seperti pada Gambar 3.12. Spesifikasi termokopel dijelaskan pada Tabel 3.10.



Gambar 3.12. Termokopel

Tabel 3.10 Spesifikasi termokopel

Tipe termokopel	Tipe K
Jumlah	24 buah
Panjang kabel	1-1,5 m
Kalibrasi	Manual

11. Akusisi data

Akusisi data berfungsi sebagai alat penyimpanan data dari termokopel. Akusisi data yang dipakai untuk penelitian ditampilkan seperti Gambar 3.13. Spesifikasi akusisi data dijelaskan Tabel 3.11 sebagai berikut.



Gambar 3.13. Akusisi data

Tabel 3.11. Spesifikasi akusisi data

Tipe sambungan	USB 2.0
Konsumsi daya	100 mA @ 5 V
Kapasitas temperatur	-20 ~ 70 °C (-4 ~ 158°F)
Channels	8
Konektor I/O	Onboard screw terminal
Dimensi	132 x 80 x 32 mm (5,2'' x 3,15'' x 1,26'')
Timer pengawas	2,6 sec. (sistem)
Temperatur operasi	0 ~ 60°C (32 ~ 140°F)

12. Komputer

Komputer adalah alat yang berfungsi untuk membaca data dari akusisi data. Komputer yang digunakan saat penelitian ditampilkan seperti Gambar 3.14. Spesifikasi komputer dijelaskan pada Tabel 3.12 sebagai berikut.



Gambar 3.14. Komputer

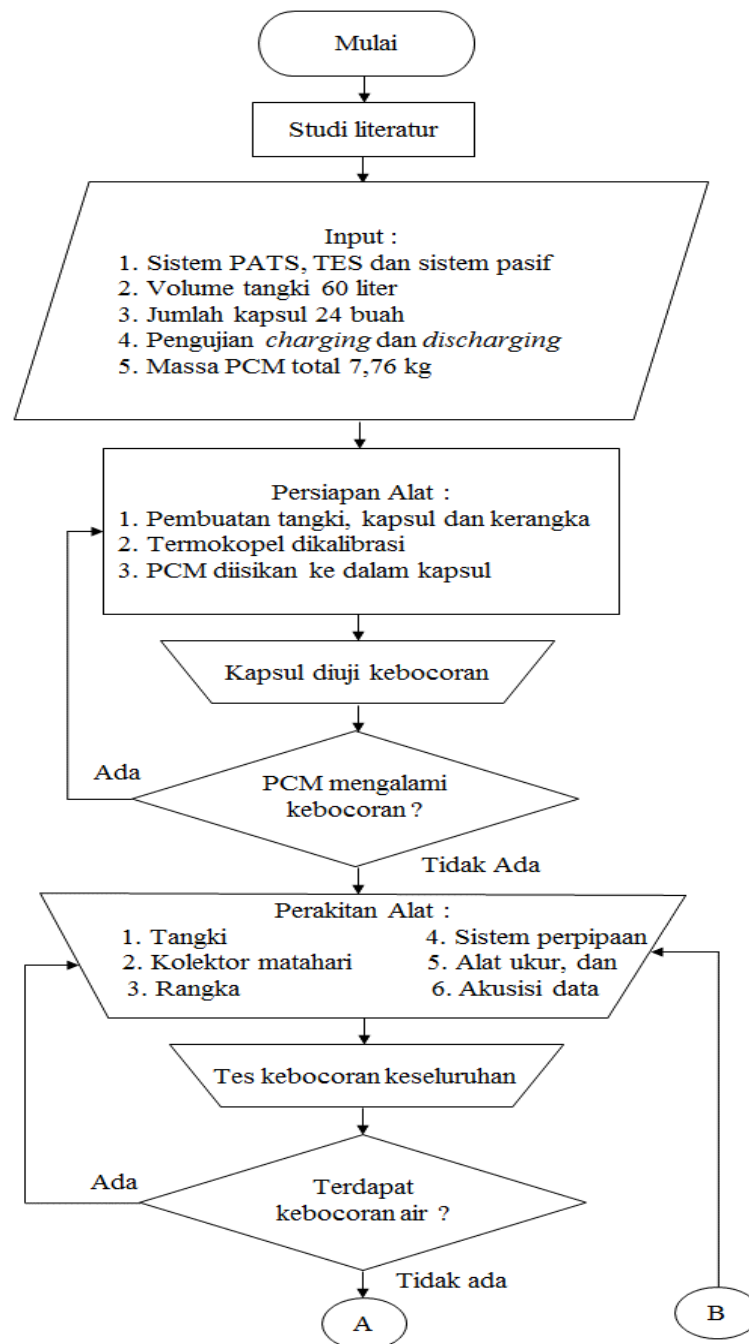
Tabel 3.12. Spesifikasi komputer

Tipe grafis	Intel HD Graphics 3300 780MB
Ukuran Layar	14 inch 32-Bit
Resolusi Layar	1260 x 768
CPU	Intel Atom CPU N280 (up to 1,66 GHz)
Memori/RAM	1GB DDR3
Drive Optik	DVD±RW
Harddisk	320GB

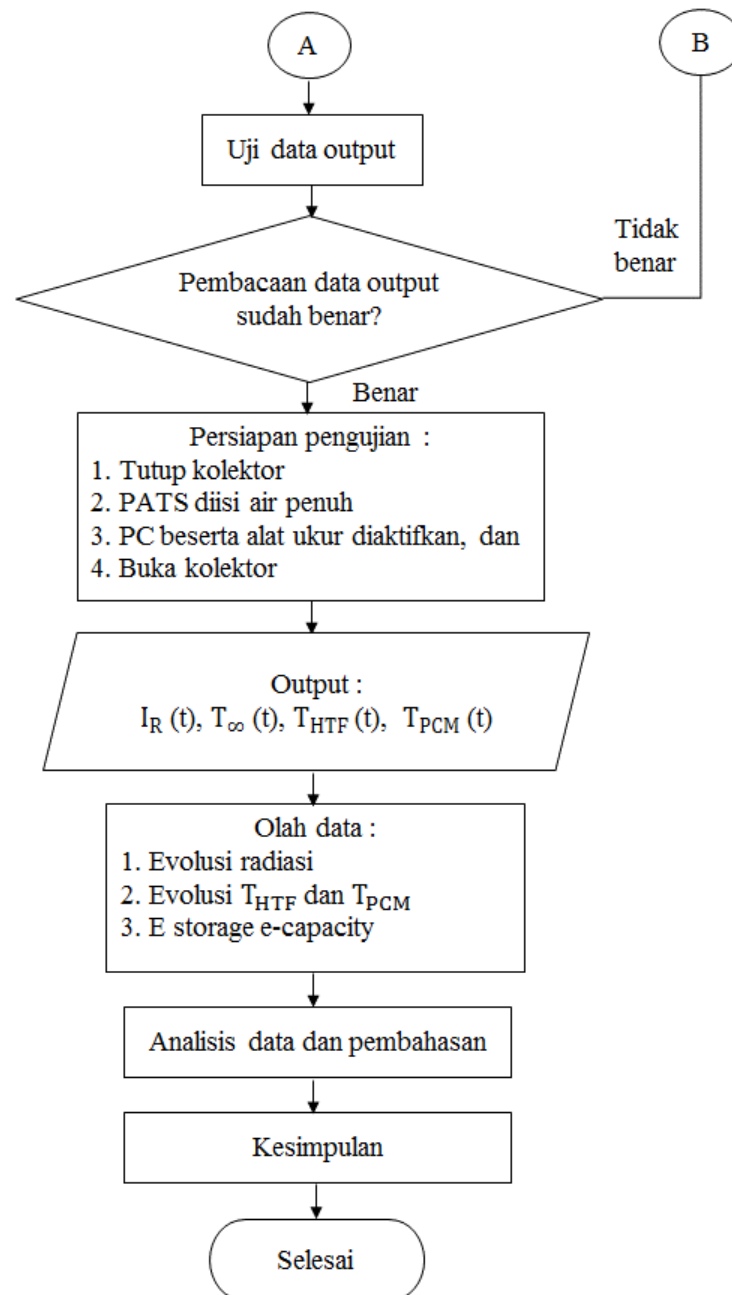
3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.15. dan Gambar 3.16. menunjukkan diagram alir penelitian yang dilakukan selama penelitian.



Gambar 3.15. Diagram alir penelitian



Gambar 3.16. Diagram alir penelitian (lanjutan)

Dari penyajian Gambar 3.16. dapat diketahui terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan selama proses penelitian yaitu, menentukan evolusi radiasi matahari, menentukan evolusi temperatur HTF dan PCM serta menentukan kapasitas penyimpanan energi termal.

3.4.2. Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian mengikuti tahapan sebagai berikut.

1. Pengujian PATS dilakukan secara *outdoor* pada bagian kolektor dalam keadaan tertutup, kemudian PATS diposisikan ke arah sinar matahari.
2. Tangki PATS dilakukan pengisian air sampai penuh.
3. PC yang digunakan untuk penelitian diaktifkan.
4. Sebelum melakukan pengujian, tangki PATS dilakukan uji kebocoran terlebih dahulu.
5. Apabila pada tangki PATS terdapat kebocoran kembali lagi pada langkah persiapan alat dan bahan.
6. Namun demikian, apabila tidak ditemukannya kebocoran disekitar tangki PATS, maka langkah selanjutnya adalah persiapan pengujian dengan melakukan pengecekan seluruh sistem PC dan tahap akhir dan
7. Kolektor dibuka, kemudian PC dilakukan pemantauan data selama proses pengujian.

3.4.3. Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengambilan data awal dengan melakukan perekaman data intensitas radiasi matahari khususnya selama proses *charging*.
2. Pengambilan data dengan cara merekam temperatur udara luar menggunakan alat pendukung yang disebut dengan sensor temperatur udara luar.
3. Perekaman data temperatur air selama proses *charging* dengan membaca menggunakan PC yang sebelumnya sudah terhubung dengan data akusisi maupun alat ukur seperti termometer dan
4. Kemudian yang terakhir, pengambilan data evolusi temperatur HTF dan PCM selama proses pengujian *charging* dan *discharging* kontinyu.

3.4.4 Prosedur Analisis Data

Prosedur analisis data penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data yang perlu diolah dan dianalisis yaitu, mengolah data dengan memplot grafik radiasi matahari dan temperatur udara luar.

2. Plot grafik evolusi temperatur air dan PCM selama proses *charging* dan *discharging*.
3. Melakukan perhitungan yang meliputi: menentukan kapasitas penyimpanan energi termal, penyimpanan kalor sesaat, energi tersimpan kumulatif dan energi ekstraksi.

3.5. Kesulitan Penelitian

Kesulitan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data akuisisi terjadi kesalahan pembacaan. Hal tersebut dapat diselesaikan dengan mengecek semua instalasi listrik dan restart ulang data akuisisi dan
2. Tangki TES bocor terutama pada lubang penempatan termokopel. Hal tersebut dapat diantisipasi dengan mengelupas kulit termokopel, kemudian kulit yang telah dikelupas ditambahkan perekat.