

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Bahan Penelitian

#### 3.1.1 Air

Air merupakan komponen utama yang diperlukan pada penelitian ini. Air panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Air memiliki *properties* seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1. *Properties* air (Cengel, 2003)

Sifat Fisis	Nilai
Temperatur didih (°C)	100
Temperatur beku (°C)	0
Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	1000
Kalor Jenis Spesifik pada suhu 25°C (J.kg.K)	4180
Konduktivitas Termal pada suhu 25°C (W/m.K)	0,607

#### 3.1.2 Paraffin Wax

Bahan kedua yang digunakan adalah *paraffin wax*. *Paraffin wax* sebagai LHS dan air sebagai SHS, *paraffin wax* dan air adalah dua jenis media penyimpan panas yang berperan sebagai HTF. Penelitian ini menggunakan kapsul PCM yang berisi *Paraffin wax* yang sudah diukur masing-masing seberat 323 gram dengan toleransi maksimum dan minimum sebesar 0,2 gram. Total PCM yang dipakai pada penelitian ini adalah 4,31 kg, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Selain itu, jenis *paraffin wax* yang digunakan adalah RT52 dengan detail *properties* seperti pada Tabel 3.2.



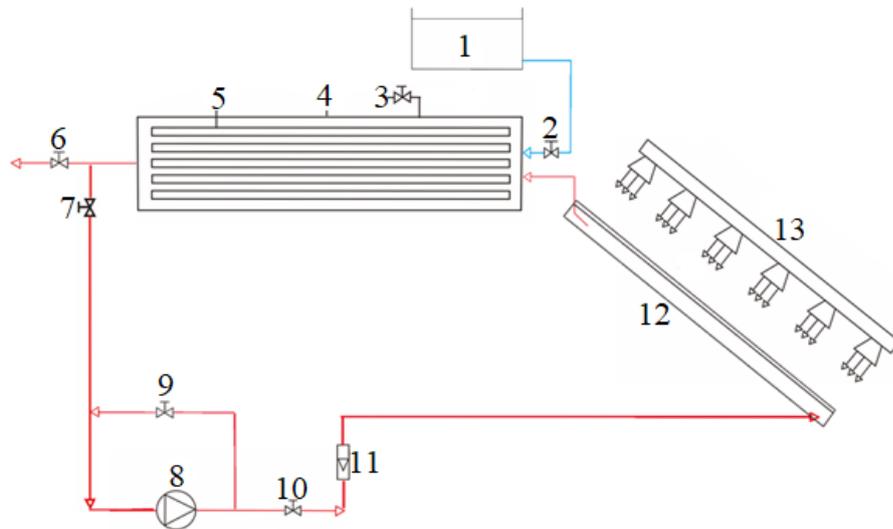
Gambar 3. 1. *Paraffin wax* RT52

Tabel 3. 2. Detail *properties paraffin wax* RT52 (Anonim, 2013)

<i>Paraffin wax</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 lebur (kJ/kg)	173

### 3.2 Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan PATS sistem aktif dengan metode *solar simulator* dan alat pengontrol lainnya. Pengujian diawali dengan pengisian air dari kran ke dalam tangki hingga penuh, setelah tangki terisi penuh kemudian katup kran air ditutup. Atur variasi debit pada rotameter 2 LPM dan *solar simulator* pada *voltage regulator*. Proses pengambilan data dimulai dengan menekan *start* pada aplikasi *graphtec data logger* pada PC. Adapun skema alat dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan deskripsi dari komponen-komponen yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2. Skema aliran alat

Keterangan :

1. Tangki air dingin,
2. *Valve* masuk air dingin ke tangki,
3. *Valve* cek air tangki penuh,
4. Tangki,
5. Kapsul PCM,
6. *Valve* keluaranya air dari tangki,
7. *Valve* keluaranya air dari tangki ke pompa,
8. Pompa,
9. *Chek valve*,
10. *Valve* pengatur debit air,
11. *Rotameter*,
12. Kolektor,
13. *Solar simulator*,

### 3.2.1 *Solar Simulator*

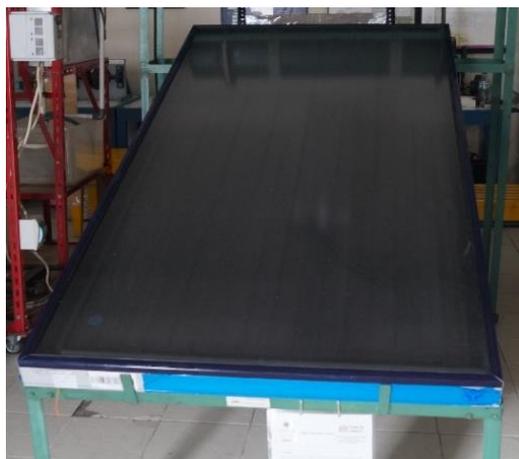
Penelitian PATS ini menggunakan solar simulator sebagai sumber energi termalnya. Lampu yang digunakan adalah lampu tungsten halogen berjumlah 24 buah. Setiap lampu memiliki daya 300 W dan 230 V sehingga total daya lampu adalah 7200 W. *Frame* lampu memiliki panjang 2,03 m dan lebar 1,03 m. Ketinggian *solar simulator* mencapai 3 m, dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3. *Solar simulator*

### 3.2.2 *Flat Plate Collector*

Penelitian ini memakai kolektor jenis *Flat Plate Collector* (FPC). FPC juga mudah dalam operasi dan perawatannya. FPC yang digunakan pada penelitian ini adalah produk yang ada di pasar. Kolektor yang digunakan memiliki ukuran 1 m x 1,9 m dan dipasang dengan kemiringan 20°. 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 *polyurethane*-aluminium foil. Kolektor dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4. *Flat plate collector*

### 3.2.3 *Pyranometer*

*Pyranometer* adalah alat untuk mengukur besarnya intensitas energi radiasi matahari untuk setiap satuan suatu permukaan. Pengukuran dapat dilakukan sampai intensitas  $1200 \text{ W/m}^2$ , juga memiliki akurasi dan resolusi masing-masing  $\pm 10 \text{ W/m}^2$  dan  $1,25 \text{ W/m}^2$ . *Pyranometer* mampu bekerja dengan baik pada temperatur  $-40^\circ\text{C}$  sampai  $75^\circ\text{C}$ . Pengujian dilakukan dengan menggunakan *pyranometer* seperti disajikan di Gambar 3.5.



Gambar 3. 5. *Pyranometer*

### 3.2.4 Pompa

Penelitian ini memakai pompa yang berfungsi untuk mensirkulasikan air di dalam sistem PATS selama proses *charging*. Pompa ditunjukkan pada Gambar 3.6. dan untuk spesifikasi pompa dapat dilihat pada Tabel 3.4.



Gambar 3. 6. Pompa

Tabel 3. 3. 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 $\mu$ F
Arus1/1	0.48 W
P1 / P2	120 W / 40 W
Tekanan	Max. 0.6 MPa .
CE	IP 42 . TF 95. Class H.
Hmax	9 m
Debit	Max. 30 LPM

### 3.2.5 Tangki TES

Tangki TES berfungsi sebagai penyimpan energi termal yang di dalamnya terdapat HTF dan kapsul yang berisi *paraffin wax*. Tangki TES dilapisi dengan *glasswool* dan aluminium foil untuk mengurangi *heatloss*. Tangki TES yang digunakan pada penelitian ini memiliki detail spesifikasi seperti ditunjukkan pada Tabel 3.5 dan Gambar 3.7.



Gambar 3. 7. Tangki TES

Tabel 3. 4. Detail spesifikasi pada 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
Diameter dalam (cm)	1,33
<i>Hole pada Bagian Head Kiri</i>	
Jumlah	3
Diameter luar (cm)	2,44
Diameter dalam (cm)	1,36
<i>Jaring (per satuan square)</i>	
Panjang (cm)	3,37
Tebal (cm)	0,40

### 3.2.6 Kapsul PCM

Kapsul PCM merupakan tempat dari *paraffin wax* yang berfungsi untuk menyimpan energi termal. Kapsul yang dipakai berjumlah 13 buah. Setiap kapsul memiliki panjang 1 m dan diameter luar 1 inch. Bahan kapsul adalah tembaga. Kapsul PCM ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8. Kapsul PCM

### 3.2.7 Personal Computer

*Personal Computer* (PC) berfungsi untuk pembacaan data yang sudah disimpan oleh *data logger*. PC yang digunakan memiliki detail spesifikasi seperti pada Tabel 3.6 dan ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9. *Personal computer*

Tabel 3. 5. Detail spesifikasi PC

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

### 3.2.8 Data Logger

*Data logger* berfungsi untuk membaca dan merekam temperatur termokopel. Penelitian ini menggunakan 2 *data logger* Graphtec midi LOGGER GL220 dan GL820. Setiap *data logger* memiliki 10 dan 20 channel termokopel sehingga total termokopel yang dapat dipasang adalah 30 buah. *Data logger* dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10. *Data logger*

### 3.2.9 Voltage Regulator

*Voltage Regulator* digunakan untuk mengatur voltase yang disalurkan ke solar simulator sehingga menghasilkan panas yang diharapkan. Spesifikasi *Voltage regulator* seperti pada Tabel 3.7 dan ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11. *Voltage regulator*

Tabel 3. 6. Spesifikasi *voltage regulator*

No.	Aspek	Penjelasan
1	Merk	Krisbow KW20-1222
2	Tegangan	250 V
3	Dimensi	24 cm (L) x 31 cm (T) x 24 cm (P)
4	Berat	16 kg
5	Arus	Maksimal 20 A

### 3.2.10 Rotameter

Rotameter berfungsi sebagai pengatur variasi debit air yang masuk ke tangki SWH. Rotameter yang digunakan pada penelitian ini memiliki variasi debit maksimal 7,5 LPM. Pengujian ini menggunakan variasi rotameter debit 2 LPM seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.12.



Gambar 3. 12. Rotameter

### 3.2.11 Termokopel

Termokopel berfungsi sebagai alat untuk mengetahui temperatur. Termokopel dipasang pada HTF, PCM, permukaan tangki dan saluran-saluran pada sistem PATS yang berjumlah 30 buah. Sebelum digunakan, termokopel dikalibrasi terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang sebenarnya. Termokopel yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe K seperti yang terlihat pada Gambar 3.13.

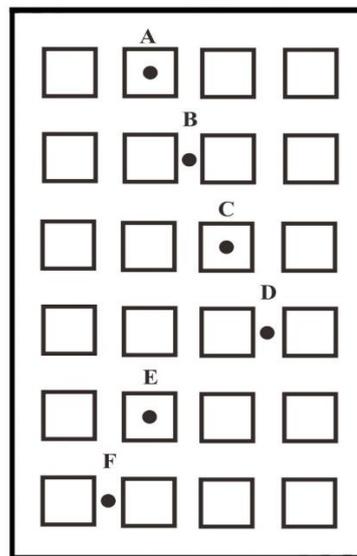


Gambar 3. 13. Termokopel tipe K

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Pengujian *Solar Simulator*

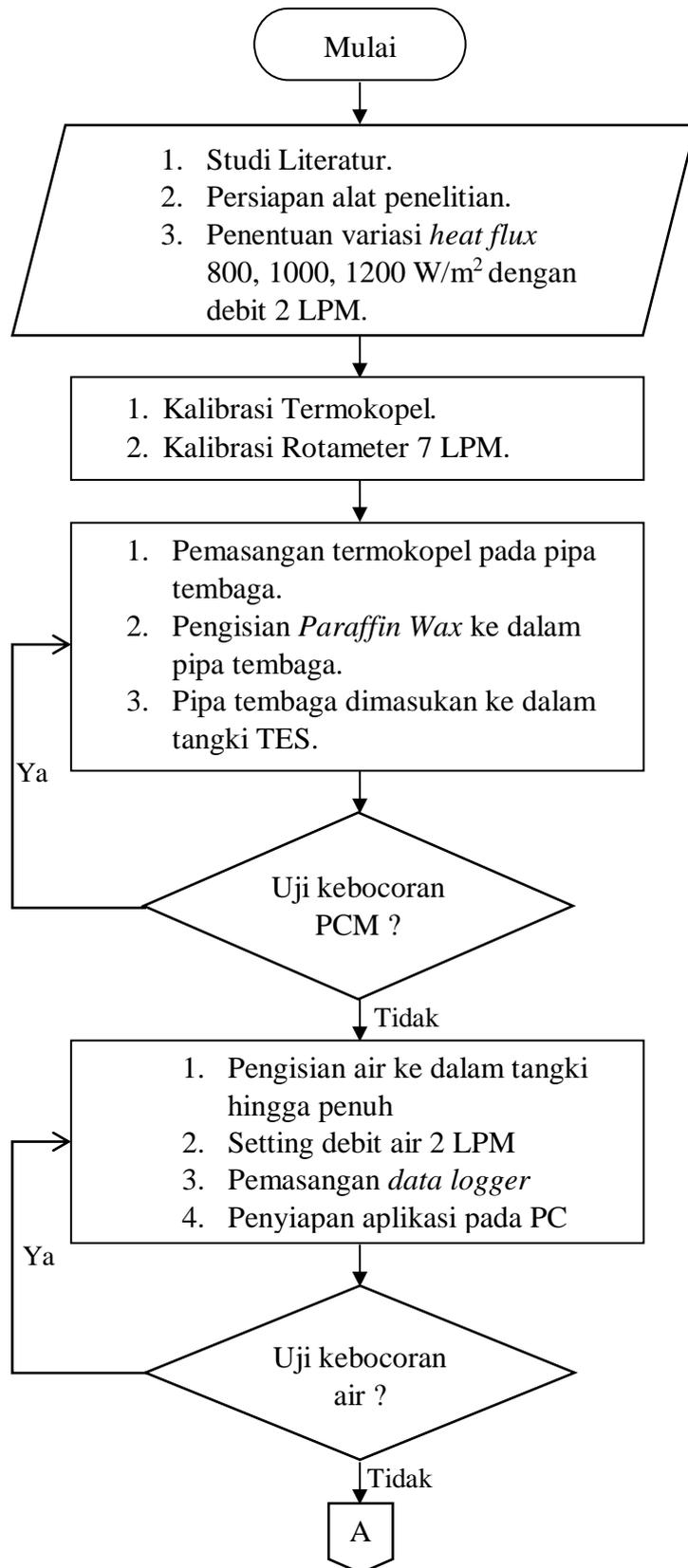
Pengujian ini merupakan proses untuk mendapatkan variasi *heat flux* yang telah ditentukan. Untuk mendapatkan variasi *heat flux* digunakan *voltage regulator* yang memberi tegangan sebesar 210 V ke *solar simulator*. Setelah itu, dilakukan dengan mengatur ketinggian *solar simulator* terhadap kolektor. Ketinggian yang digunakan diantaranya adalah 10, 15 dan 22 cm untuk menghasilkan variasi *heat flux* 800, 1000 dan 1200 W/m<sup>2</sup>. Pengujian ini dilakukan menggunakan *pyranometer* yang diletakkan pada 6 titik berdasarkan distribusi cahaya *solar simulator*. Penentuan ke-6 titik tersebut dianggap mewakili setiap baris lampu. Penempatan titik *pyranometer* disajikan pada Gambar 3.14.



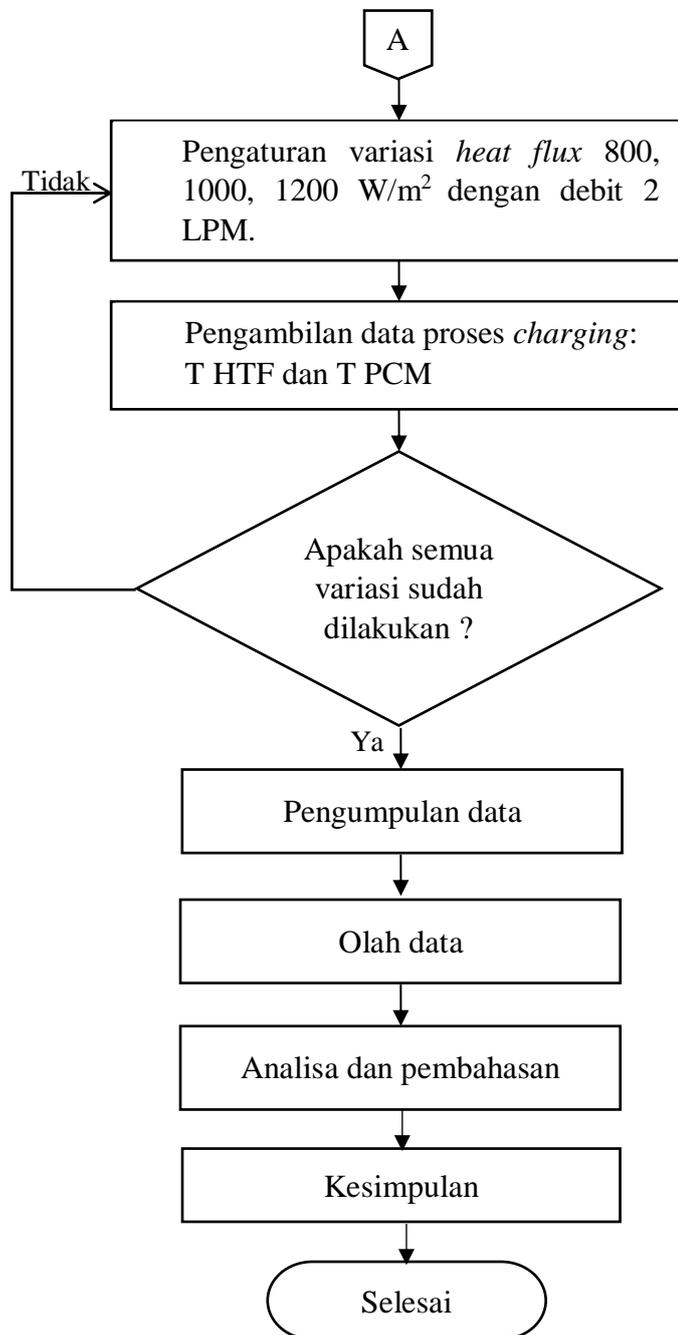
Gambar 3. 14. Penempatan titik *pyranometer*

#### 3.3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dibuat untuk menggambarkan proses operasional sebelum dilakukannya proses penelitian sehingga dapat lebih mudah dipahami. Jalannya penelitian dari mulai sampai berakhirnya penelitian ditunjukkan sesuai diagram alir seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 16. Diagram alir penelitian



Gambar 3. 17. Diagram alir penelitian (lanjutan)

### 3.3.3 Langkah Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur pada suatu kasus. Dilakukannya studi literatur untuk melihat perkembangan yang belum dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Selanjutnya persiapan alat penelitian, melakukan pembuatan rangka, instalasi perpipaan dan pembuatan *solar simulator*. Setiap satu kali proses *charging* hanya dapat digunakan untuk satu kali pengambilan data.

#### 1. Kalibrasi Termokopel

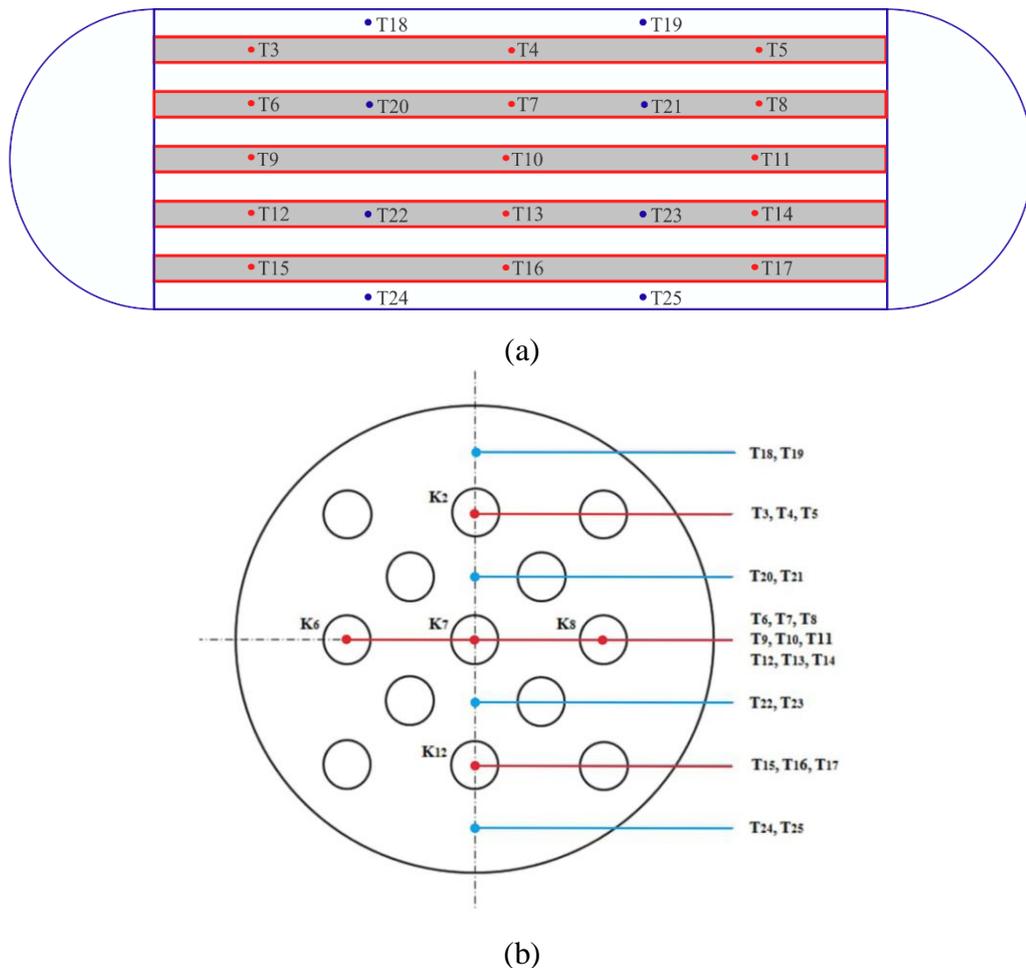
Kalibrasi termokopel merupakan proses pengecekan dan pengaturan akurasi alat untuk mendapatkan harga riil dari temperatur yang dibaca oleh termokopel. Dalam kalibrasi ini membandingkan standar nasional menggunakan termometer sebagai acuan. Setelah dilakukannya kalibrasi pada termokopel, bisa diketahui seberapa jauh perbedaan antara termokopel data logger 10 dan 20 chanel dengan termometer.

#### 2. Kalibrasi Rotameter 7 LPM

Kalibrasi rotameter 7 LPM adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur. Kalibrasi dilakukan dengan cara pengaturan LPM dari yang terkecil. Setelah itu, menghidupkan stopwatch dan air dialirkan ke dalam gelas 1 L. Air yang mengalir ke dalam gelas setelah penuh maka stopwatch di stop. Catat waktu yang dibutuhkan untuk menghitung debit aktualnya. Kalibrasi dilakukan dari 0.5 LPM sampai 7 LPM.

#### 3. Pemasangan Termokopel Pada Kapsul PCM

Pemasangan termokopel pada kapsul PCM, terpasang pada 5 kapsul yaitu, pada kapsul 2, 6, 7, 8 dan 12. Pemasangan tersebut dilakukan guna memperoleh hasil perbedaan suhu antara posisi atas, tengah, dan bawah di dalam tangki. Termokopel yang terpasang pada setiap kapsul berjumlah 3 buah. Termokopel pada kapsul 2 yaitu T3, T4 dan T5, kapsul 6 yaitu T6, T7 dan T8, kapsul 7 yaitu T9, T10 dan T11, kapsul 8 yaitu T12, T13, dan T14, sedangkan kapsul 12 yaitu T15, T16 dan T17. Berikut desain *numbering* pemasangan termokopel pada setiap kapsul dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 18. Sketsa letak termokopel di dalam tangki TES dari (a) tampak depan (b) tampak samping

#### 4. Pengisian *Paraffin Wax* Pada Kapsul

Pengisian *paraffin wax* dilakukan dengan memanaskan *paraffin wax* sebanyak 323 gram yang dipanaskan menggunakan kompor. Setelah *paraffin wax* mencair seluruhnya, kemudian dimasukkan ke kapsul yang memiliki panjang 1 m.

#### 5. Pengecekan Kebocoran Tangki

Tahap setelah pemasangan termokopel pada kapsul PCM adalah pengecekan kebocoran tangki. Pengecekan kebocoran tangki dilakukan dengan cara melakukan pengisian air pada tangki PATS melalui air kran sampai penuh. Pompa dihidupkan bertujuan untuk mengecek apabila terjadi kebocoran pada setiap instalasi pipa dan tutup pada tangki PATS. Setelah dipastikan tidak terjadi kebocoran maka proses pengambilan data dapat dilakukan.

## 6. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data hanya dilakukan selama proses *charging*. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan merekam temperatur HTF dan PCM yang berada di dalam tangki selama proses *charging*. *Mass flowrate* yang digunakan selama proses *charging* adalah sebesar 2 LPM.

## 7. Olah Data

Setelah melakukan pengambilan data yaitu melakukan pengolahan data mentah menjadi beberapa varian grafik yang berbeda dari setiap variasi *heat flux*. Grafik tersebut kemudian dianalisa guna mengetahui karakteristik perilaku termal proses pemanasan pada HTF dan PCM menggunakan variasi *heat flux* 800 W/m<sup>2</sup>, 1000 W/m<sup>2</sup> dan 1200 W/m<sup>2</sup> dengan debit 2 LPM.