

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

3.1.1 Air

Bahan pertama yang digunakan dalam penelitian ini adalah air biasa (SHS) sebagai *heat transfer fluid* (HTF). Berikut *Properties* air dapat dilihat pada Tabel 3.1

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

Air	
Boiling Point (°C)	100
Laten Heat of Vaporization (kJ/kg)	2257
Freezing Point (°C)	0
Laten Heat of Fusion (kJ/kg)	333,7
Massa Jenis (kg/m ³)	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* Lokal

Bahan kedua yang digunakan pada penelitian ini adalah *paraffin wax* lokal sebagai PCM. *Paraffin Wax* lokal perlu diketahui sifat fisik dan termal yang berupa densitas material ketika *solid* maupun *liquid* pada suhu tertentu, kalor jenis, *melting point* dan lain-lain. Berdasarkan sifat fisik dan termal yang harus diketahui maka harus dilakukan pengujian dengan menggunakan metode DSC (*Differential Scanning Calorimetry*). Berikut *paraffin wax* lokal terdapat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. *Paraffin Wax* Lokal

3.1.3. Hasil Uji DSC (*Differential Scanning Calorimetry*)

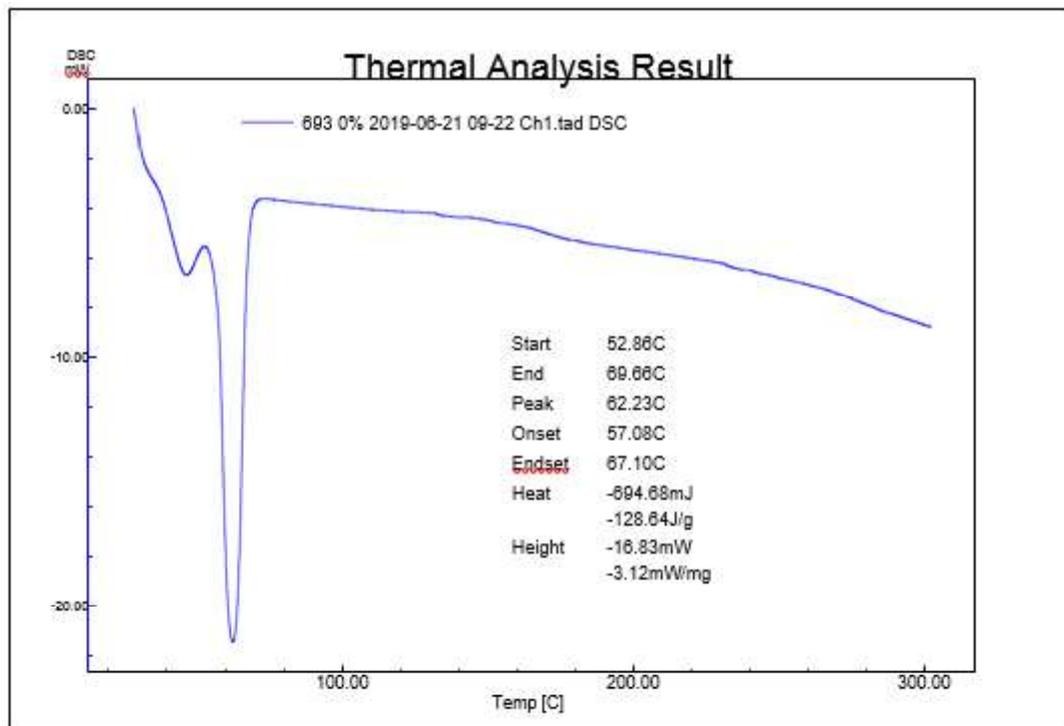
Uji *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) terhadap *Paraffin Wax* lokal yang dilakukan di laboratorium penelitian dan pengujian terpadu Universitas Gadjah Mada mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. 2. Hasil Uji DSC *Paraffin Wax* Lokal

	[File Information]	[Temp Program]	
File Name:	693 0% 2019-06-21 09- 22 Ch1.tad	Start Temp [°C]	30
Sample Name:	0%	Temp Rate [°C/min]	10
Lot No:	693	Hold Temp [°C]	300
Acquisition Date	2019/06/21	Hold Time [min]	0
Acquisition Time	09:22:30(+0700)	Gas	Nitrogen
Detector:	DSC-60		
Serial No:	C30935200137SA		
Operator:	Heri		
Atmosphere:	Nitrogen		
Flow Rate:	30[ml/min]		
Cell:	Aluminum Seal		
Sample Weight:	5.400[mg]		
Molecular Weight:	0.00		

Tabel 3. 3 Hasil Uji DSC *Paraffin Wax* Lokal

[DSC Peak]	1
Peak	
[°C]	62,23
Onset	
[°C]	57,08
Endset	
[°C]	67,10
Heat	
mJ	-694,68
J/g	-128,64
Height	
mW	-16,83
mW/mg	-3,12

Gambar 3. 2. Hasil Uji DSC *Paraffin Wax* Lokal

3.2.4. Paraffin Wax Rubiterm 60

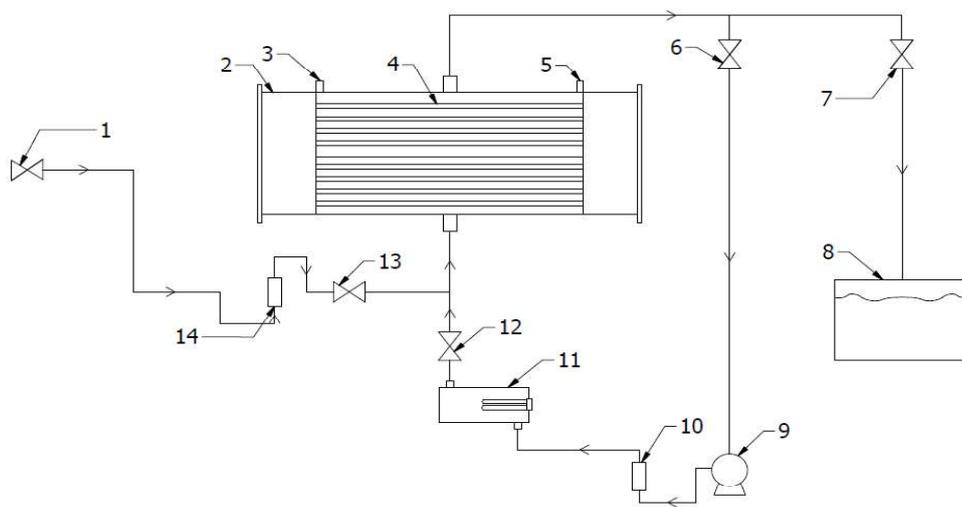
Paraffin wax RT60 merupakan jenis *paraffin* yang memiliki *melting point* 60°C serta memiliki spesifikasi yang tertera pada table 3.8. Hasil pengujian DSC pada *paraffin wax* lokal diperoleh hasil *melting point* sebesar 62°C. Hal ini mendasari bahwa penelitian ini menggunakan *paraffin wax* lokal yang diasumsikan seperti RT 60, karena memiliki *melting point* hampir sama sehingga dari asumsi tersebut dapat diperoleh spesifikasi fisik dan termalnya yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan dalam penelitian ini, serta mengetahui kemampuan karakteristik termal pada *paraffin wax* lokal yang digunakan. Spesifikasi *paraffin wax* RT 60 dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4. Spesifikasi dari *paraffin wax* RT 60 (*Rubiterm Phase Change material*)

<i>Paraffin Wax</i> RT 60	
Temperatur leleh (°C)	55-61 [°C] Titik puncak : 60 [°C]
Temperatur beku (°C)	61-55 [°C] Titik puncak : 61 [°C]
Kapasitas penyimpan panas ± 7,5 %	160 [kJ/kg]
Kombinasi panas <i>latent</i> dan panas <i>sensible</i> dalam kisaran suhu 53 °C hingga 68 °C	40 [Wh/kg]
Kapasitas panas spesifik	2 [kJ/kg.K]
Massa jenis padat pada 15 °C	0,88 [kg/l]
Massa jenis cair pada 80 °C	0,77 [kg/l]
Konduktivitas panas (fasa kedua)	0,2 [W/(m.K)]
Volume ekspansi	12,5 [%]
Titik nyala	>200 [°C]
Maksimum suhu operasi	80 [°C]

3.2 Alat Penelitian

Topik dalam penelitian ini adalah menyelidiki kombinasi dua kategori penyimpanan panas yaitu *paraffin wax* (LHS) diintegrasikan dengan air biasa (SHS) yang berperan sebagai HTF. Pengujian ini menggunakan *Solar Water Heater* sistem aktif yang digunakan memiliki tangki kapasitas air 60 liter. Berikut Skema pada Gambar 3.3



Gambar 3. 3. Skema Charging

Keterangan :

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 1. Keran Air | 10. Rotameter 1000 mlpm |
| 2. Tangki SWH | 11. <i>Immersion heater</i> |
| 3. Lubang kabel termokopel | 12. Katup <i>charging</i> |
| 4. Kapsul berisi PCM | 13. Katup <i>discharging</i> |
| 5. Lubang kabel masuknya termokopel | 14. Rotameter 3 lpm |
| 6. Katup <i>charging</i> | |
| 7. Katup <i>discharging</i> | |
| 8. Bak penampungan | |
| 9. Pompa | |

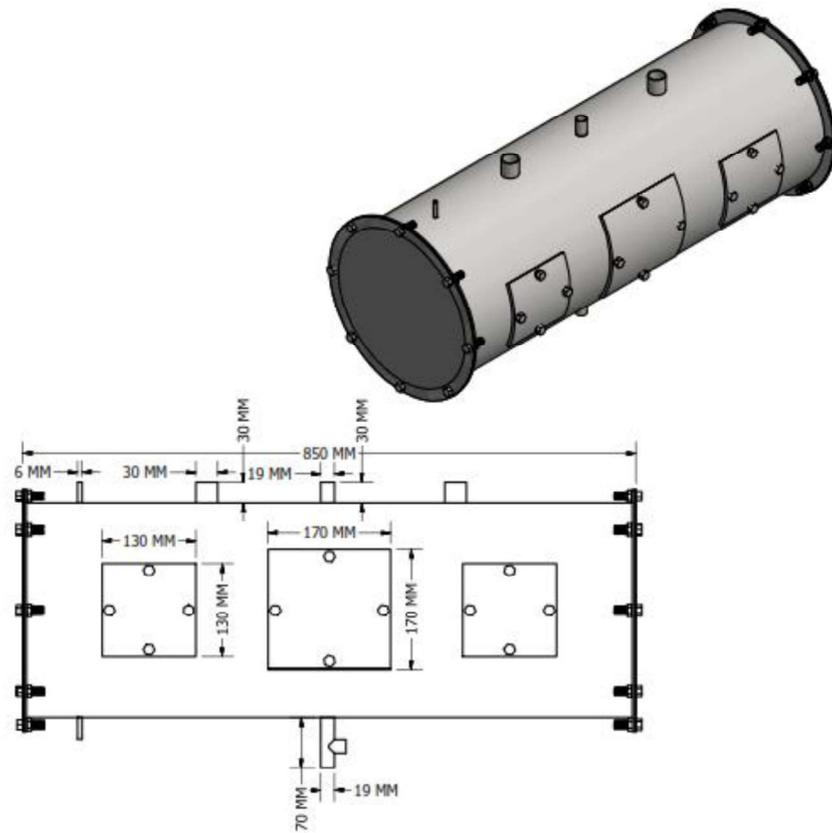


Gambar 3. 4. Solar Water Heater

Adapun komponen – komponen penunjang alat SWH ini sebagai berikut :

1. Tangki *Solar Water Heater*

Tangki SWH merupakan penyimpanan energi termal yang terdapat air (sensibel) dan pipa tembaga berisi PCM 32 buah. Tangki ditutup dengan *glass wol* dan *aluminium foil* untuk mengurangi *heat loss*. Tangki memiliki kapasitas penyimpanan air 60 liter, panjang tangki 85 cm dan diameter 30 cm. Material yang digunakan sebagai bahan pembuatan tangki terdiri dari *stainles steel* dengan ketebalan yang bervariasi antara 1,2 mm. Tangki yang belum dan sudah terpasang *glasswool* serta *aluminium foil* ditunjukkan pada Gambar 3.6 dan 3.7



Gambar 3. 5. Tangki tampak 2 dimensi



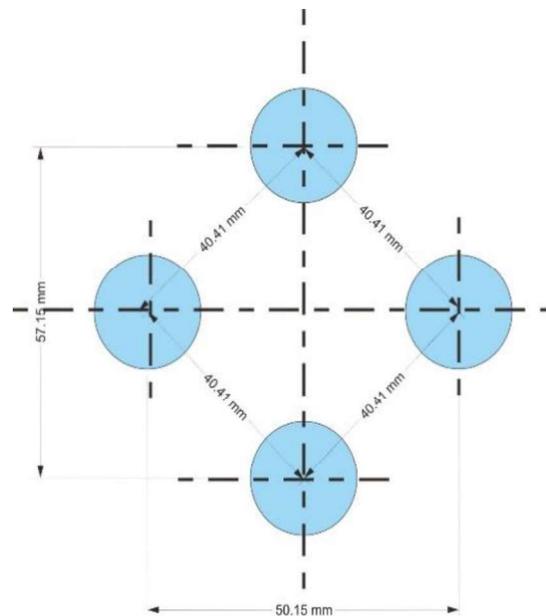
Gambar 3. 6. Tangki *solar water heater* belum terpasang *glasswool* dan aluminium.



Gambar 3. 7. Tangki SWH sudah terpasang *glasswool* dan alumunium foil

2. Dudukan penopang pipa tembaga (*Tube Sheet*)

Dudukan ini memiliki fungsi untuk tempat meletakkan pipa tembaga (kapsul PCM) dalam tangki SWH. Dudukan berjumlah 2 buah yang berbahan alumunium dan memiliki jumlah lubang 32. Dudukan penopang pipa tembaga dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9



Gambar 3. 8. Tube Sheet



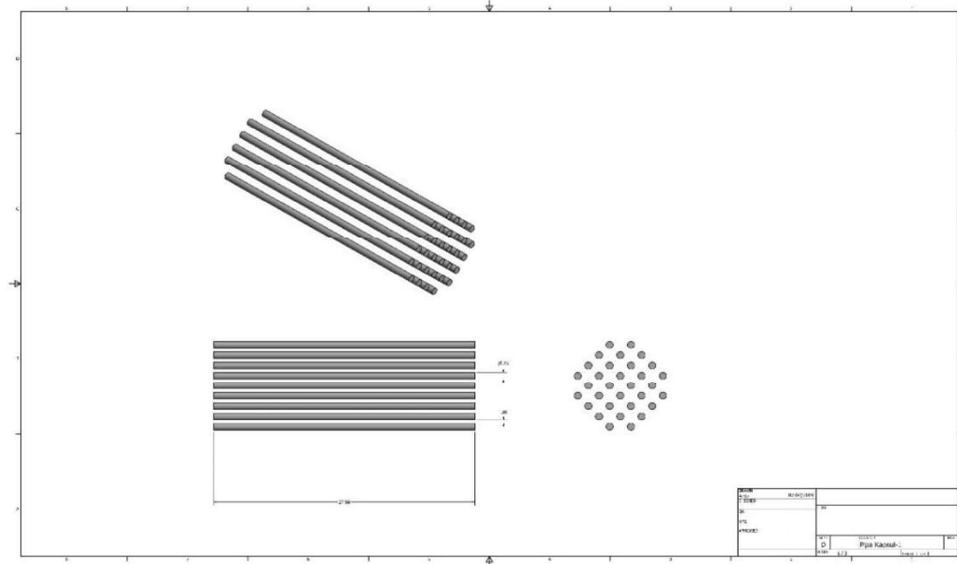
Gambar 3. 9. Dudukan penopang pipa tembaga.

3. Kapsul PCM

Kapsul PCM merupakan wadah dari *paraffin wax* yang berperan sebagai penyimpanan energi termal kalor laten. Kapsul dipasang di dalam tangki SWH dengan jumlah 32 buah. Kapsul PCM memiliki panjang 70 cm dan diameter luar 19 mm. Bahan dari kapsul PCM menggunakan pipa tembaga. Kapsul PCM ditunjukkan pada gambar 3.10 dan gambar teknik ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 10. Kapsul PCM



Gambar 3. 11. Kapsul PCM 2 dimensi

4. Katup Pengatur (*Valve*)

Katup pengatur digunakan untuk mengatur, mengarahkan dan mengontrol aliran *fluida* dengan membuka dan menutup sebagian jalan dari alirannya. Proses *charging* memiliki 2 katup pengaman. Berikut gambar dari katup pengatur ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3. 12. Katup pengatur air

5. Rotameter air

Rotameter air berfungsi sebagai pengatur variasi debit air yang masuk ke tangki SWH. Pengujian ini menggunakan variasi rotameter debit maksimal 1000 mLPM seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.14



Gambar 3. 13. Rotameter 1000 mLPM

6. *Applent Temperature Data Logger AT 4532*

Applent Temperature Data Logger AT 4532 berfungsi untuk membaca output suhu yang terbaca oleh termokopel pada kapsul PCM didalam tangki, pipa pvc, dinding tangki bagian luar (*heatloss*) dan bak air. Bentuk dari data logger tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.15 serta adapun beberapa rincian spesifikasi dari *Applent Temperature Data Logger AT 4532* terdapat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5. Spesifikasi *Applent Temperature Data Logger AT 4532*

Aspek	Penjelasan
<i>Merk</i>	<i>Applent AT4532</i>
Jumlah <i>Channel</i>	32 (<i>available 128</i>)
Dimensi	216mm (L) x88mm (T) x300mm (P)
Berat	3 kg
Akurasi	0.2% + 1 °C
Rentang suhu	-200 ° C ~ 1300 ° C



Gambar 3. 14 Applent Temperature Data Logger AT 4532

7. Termokopel

Termokopel digunakan untuk mengukur suatu temperatur. Termokopel dipasang pada kapsul PCM didalam tangki SWH, pipa pvc, dinding tangki bagian luar dan bak air. Termokopel menggunakan termokopel tipe K. Rentang suhu termokopel tipe K adalah $-200\text{ }^{\circ}\text{C} - 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ Untuk mendapatkan suhu yang sebenarnya harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu, dapat dilihat pada Gambar 3.16



Gambar 3. 15. Kalibrasi termokopel

8. DC Power Supply

DC Power Supply digunakan untuk mengatur daya pompa air. Power Supply diatur sesuai dengan aliran debit yang dilakukan pada pengujian, dapat dilihat pada gambar 3.17.

Tabel 3. 6 Spesifikasi DC power supply

No.	Aspek	Penjelasan
1	Merk	WANPTEK KPS3010D
2	Tegangan keluaran	30 V
3	Arus Keluaran	10 A
4	Dimensi	8.1 cm (L) x 16.5 cm (T) x 22 cm (P)
5	Berat	1.9 kg



Gambar 3. 16. DC power supply

9. Voltage Regulator

Voltage Regulator digunakan untuk mengatur voltase yang masuk ke dalam tabung heater sehingga menghasilkan panas yang diharapkan. Spesifikasi dari voltase regulator dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan gambar dapat dilihat di Gambar 3.18.

Tabel 3. 7. Spesifikasi voltase regulator

No.	Aspek	Penjelasan
1	Merk	Krisbow KW20-1222
2	Kapasitas	5 KVA
3	Dimensi	24 cm (L) x 31 cm (T) x 24 cm (P)
4	Berat	16 kg



Gambar 3. 17. Voltase regulator

10. Tabung Pemanas air (*Heater*)

Tabung heater berfungsi sebagai pemanas air pada saat proses charging. Jenis Heater yang digunakan adalah immersion dengan daya 1500 watt. Gambar dari heater dapat dilihat pada Gambar 3.19



Gambar 3. 18 Tabung Pemanas air

11. Multimeter

Multimeter berfungsi untuk membaca voltase yang dikeluarkan oleh voltase regulator. *Setting volt* pada penelitian ini yaitu 190,61; 201,34; 220,78; 227,42 V. Multimeter yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.20



Gambar 3. 19 Multimeter

Tabel 3. 8 Tabel spesifikasi Multimeter

Tegangan DC	200 mV \pm 0.5%, 20/200/600 V \pm 0.8%
Tegangan AC	200/600 V \pm 1.5%
Arus DC	200 μ A/2 mA/20mA \pm 1.0%, 200mA \pm 2.0%, 10A \pm 3.0%
Resistance	200/2 K/20 K/200 K/2M Ω \pm 1.0%
hFE	1 – 1000

12. Amperemeter

Amperemeter memiliki fungsi sebagai alat pengukur arus yang dikeluarkan dari voltase regulator. Amperemeter dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3. 20 Amperemeter

Tabel 3. 9 Tabel spesifikasi Amperemeter

Voltase	Ampere
AC & DC <i>Up to 600 V</i>	AC <i>Ampere Up to 600 A</i>

13. Pompa DC 12 Volt

Pompa DC 12 V berfungsi untuk memompa air saat proses charging sedang berlangsung. Spesifikasi dari Pompa DC 12 V dapat dilihat di Tabel 3.7. serta gambar dapat dilihat pada Gambar 3.22.

Tabel 3. 10 Spesifikasi pompa DC 12 V

No	Aspek	Penjelasan
1	Model	Nagasaki
2	Voltase	12 Volt
3	Arus	3 A
4	Debit	4,5 LPM
5	Head	100 Psi



Gambar 3. 21 Pompa DC 12 V

14. Laptop

Laptop digunakan untuk membantu proses pengambilan data suhu yang diperoleh dari data termokopel yang melalui data logger dengan menggunakan aplikasi *Applent Temperature Data Logger AT 4532*. Laptop yang digunakan memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 3.8 dan ditunjukkan pada Gambar 3.23

Tabel 3. 11 Spesifikasi Perangkat Laptop

No.	Jenis hardware	Perangkat komputer
1	<i>Processor</i>	Intel Core i5-8250U 3.4Ghz
2	<i>Motherboard</i>	Asus
3	<i>RAM</i>	4 GB DDR 4
4	<i>Graphic Card</i>	NVIDIA GEFORCE 930MX
5	<i>Storage</i>	1TB SATA HDD 5400RPM



Gambar 3. 22. Laptop

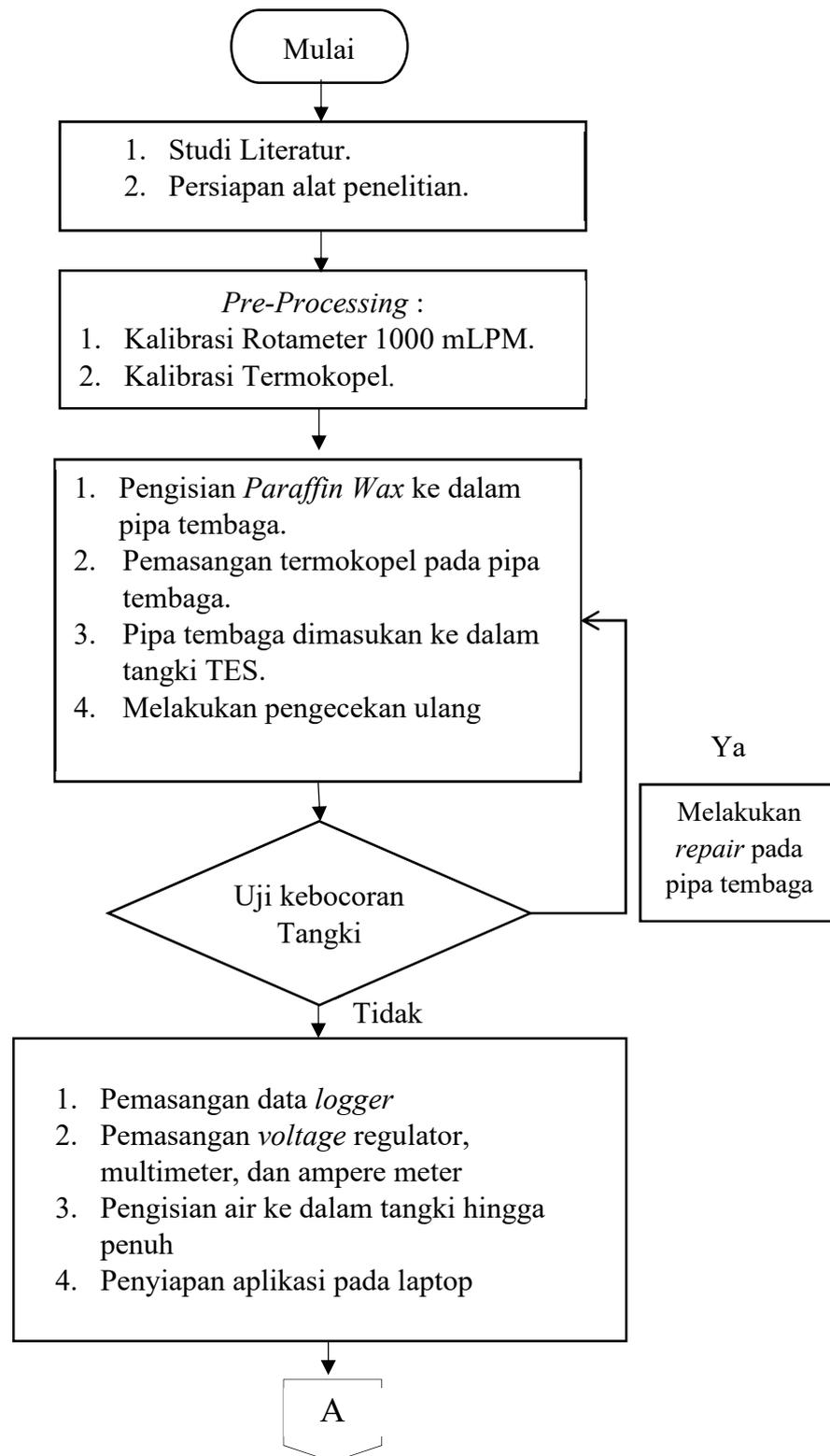
3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Variasi Penelitian

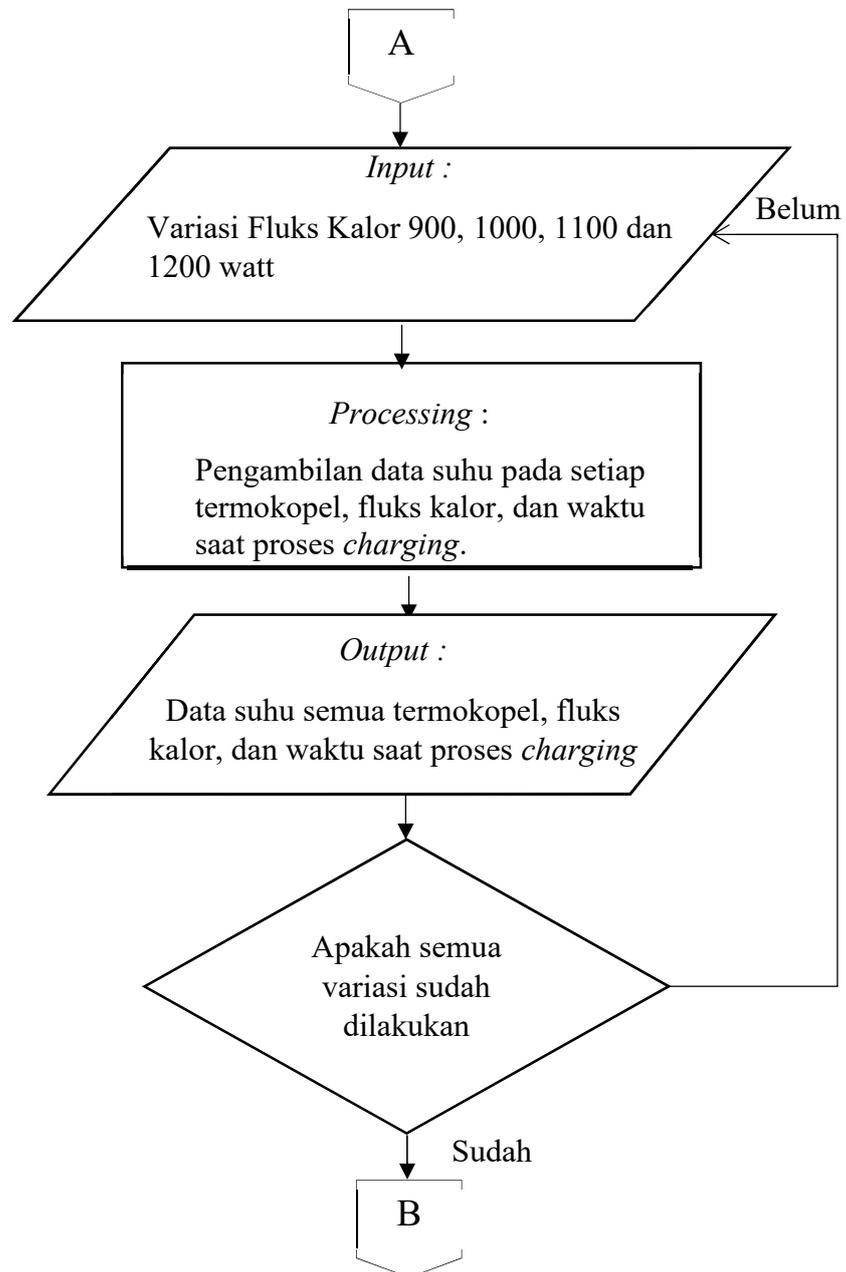
Variasi penelitian menggunakan variasi fluks kalor. Variasi ini memiliki empat setting volt 190,61; 201,34; 220,78; 227,42 V. Setting debit pada pengujian ini 900 mLPM

3.3.2 Diagram Alir Penelitian

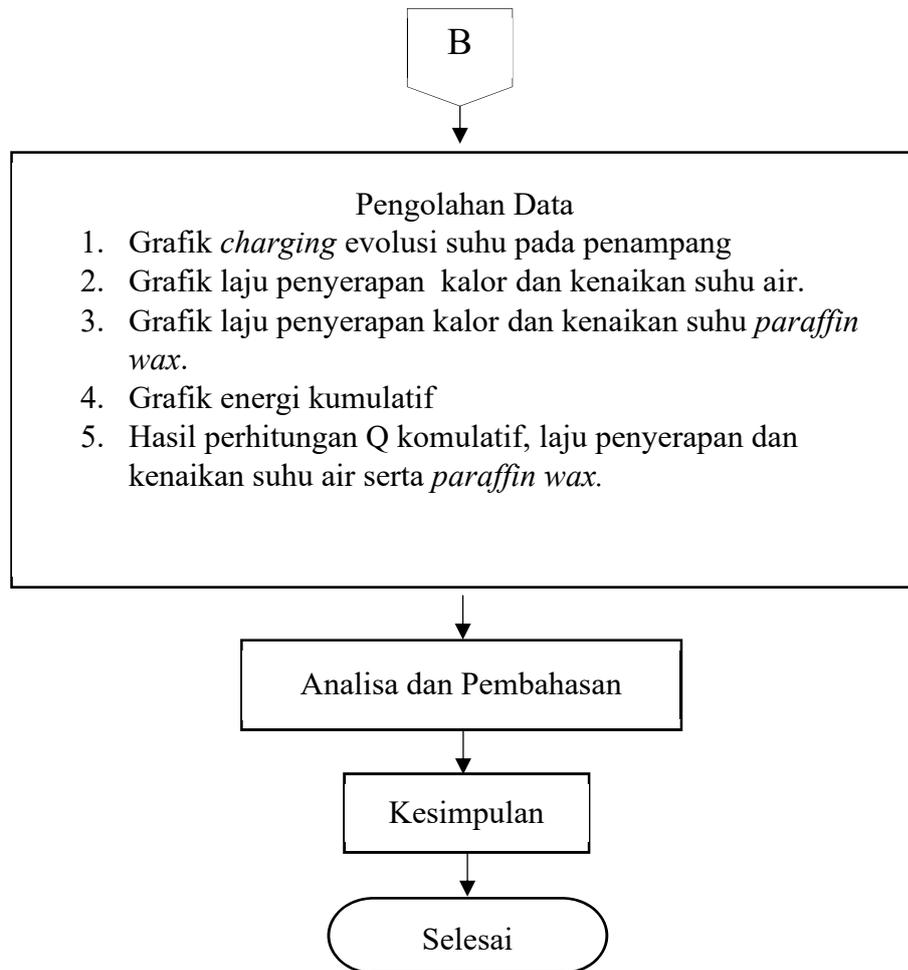
Proses berjalannya penelitian dari awal sampai akhir ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.24



Gambar 3. 23 Diagram Alir



Gambar 3. 24 Diagram Alir (lanjutan)



Gambar 3. 24 Diagram Alir (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. Pada setiap satu kali *charging*, hanya dapat digunakan untuk satu kali metode pengujian *discharging* Proses pada penelitian pada dasarnya dibagi menjadi 3 yaitu, *Pre-Processing*, *Processing*, dan *Post-Processing*.

3.3.3.1 *Pre-Processing*

Pre-Processing merupakan tahap awal yang perlu dilakukan sebelum dimulainya penelitian. Pada tahap ini terdiri dari kalibrasi voltase regulator, *termocouple*, *heater*, pengisian *paraffin wax* pada pipa tembaga, pemasangan

termocouple pada pipa tembaga dan pengecekan kebocoran pada tangki saat berisi air.

a. Kalibrasi *Termocouple*

Kalibrasi *termocouple* merupakan proses pengecekan dan pengaturan akurasi alat untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar alat ukur ke standar nasional. Dalam kalibrasi ini membandingkan standar nasional menggunakan termometer sebagai acuan. Setelah dilakukannya kalibrasi pada *termocouple*, bisa diketahui seberapa jauh perbedaan antara *termocouple* data logger 32 channel dengan termometer. Adapun hasil dari kalibrasi *termocouple* dapat dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3. 12. Kalibrasi *termocouple* data logger 32

$T_{st,1} = 1.0004 \cdot T_1 - 3.12$	$T_{st,17} = 0.9687 \cdot T_{17} - 1.5254$
$T_{st,2} = 1.0013 \cdot T_2 - 2.9765$	$T_{st,18} = 0.9765 \cdot T_{18} - 1.9785$
$T_{st,3} = 1.002 \cdot T_3 - 3.0004$	$T_{st,19} = 0.9479 \cdot T_{19} - 0.2245$
$T_{st,4} = 0.979 \cdot T_4 - 1.401$	$T_{st,20} = 0.9539 \cdot T_{20} - 0.5547$
$T_{st,5} = 0.9992 \cdot T_5 - 2.7203$	$T_{st,21} = 0.9702 \cdot T_{21} - 1.5299$
$T_{st,6} = 0.9972 \cdot T_6 - 2.4968$	$T_{st,22} = 0.9829 \cdot T_{22} - 2.283$
$T_{st,7} = 0.9946 \cdot T_7 - 2.2876$	$T_{st,23} = 0.9394 \cdot T_{23} + 0.5556$
$T_{st,8} = 0.9662 \cdot T_8 - 0.3918$	$T_{st,24} = 0.9672 \cdot T_{24} - 1.1536$
$T_{st,9} = 0.9544 \cdot T_9 - 0.817$	$T_{st,25} = 1.0016 \cdot T_{25} - 1.6511$
$T_{st,10} = 0.9847 \cdot T_{10} - 2.625$	$T_{st,26} = 0.9991 \cdot T_{26} - 1.56$
$T_{st,11} = 0.9822 \cdot T_{11} - 2.4318$	$T_{st,27} = 1.0027 \cdot T_{27} - 1.9469$
$T_{st,12} = 0.9841 \cdot T_{12} - 2.513$	$T_{st,28} = 0.9804 \cdot T_{28} - 0.5561$
$T_{st,13} = 0.9799 \cdot T_{13} - 2.2114$	$T_{st,29} = 1.0004 \cdot T_{29} - 1.9302$
$T_{st,14} = 0.9605 \cdot T_{14} - 0.9199$	$T_{st,30} = 0.9725 \cdot T_{30} + 0.0986$
$T_{st,15} = 0.9837 \cdot T_{15} - 2.3527$	$T_{st,31} = 1.0003 \cdot T_{31} - 2.0741$
$T_{st,16} = 0.9847 \cdot T_{16} - 2.3997$	$T_{st,32} = 0.9557 \cdot T_{32} + 0.8542$

b. Kalibrasi *Voltase Regulator*

Kalibrasi Voltase regulator merupakan proses pengecekan dan pengaturan akurasi dari alat ukur untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan akurat dan konsisten dengan instrumen lainnya

c. Kalibrasi Rotameter 1000 mLPM

Kalibrasi rotameter 1000 mLPM adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur. Kalibrasi dilakukan dengan cara pengaturan mLPM dari yang terkecil. Setelah itu, menghidupkan stopwatch dan air dialirkan ke dalam gelas 100 mL. Air yang mengalir ke dalam gelas setelah penuh maka stopwatch di stop. Catat waktu yang dibutuhkan untuk menghitung debit aktualnya. Kalibrasi dilakukan dari 100 mLPM sampai 1000 mLPM. Setelah itu, mencari debit aktualnya dengan persamaan (3.1)

$$Q_{\text{aktual}} = 0,9211 \cdot Q_{\text{rotameter}} - 51,752 \quad \text{pers (3.1)}$$

Dimana Q_{aktual} didapat dari nilai 0.9211 dikalo dengan Q rotameter yang tertera pada alat kemudian dikurangi dengan nilai 51,752. Setelah melakukan perhitungan maka akan didapat Q aktual yang dapat dilihat pada tabel 3.11.

Tabel 3. 13 Kalibrasi Rotameter 1000 mLPM

No.	Rotameter	DC Power Supply		Debit Aktual		Suhu Air		mLPM
		Voltase	Arus	Volume	Waktu	Awal	Akhir	
	[mLPM]	[Volt]	[Ampere]	[mL]	[detik]	[°C]	[°C]	Q aktual
1	100	8,5	1,28	100	78,16	27	27	76,77
2	150	8,5	1,26	100	44,6	27	27	134,53
3	200	8,5	1,23	100	34,83	27	27	172,27
4	250	8,5	1,2	100	27	27	27	222,22
5	300	8,5	1,23	100	23,45	27	27	255,86
6	350	8,5	1,2	100	23,29	27	27	257,62
7	400	8,5	1,19	100	19,7	27	27	304,57
8	450	8,5	1,18	100	18,55	27	27	323,45
9	500	8,5	1,17	100	16,82	27	27	356,72
10	550	8,5	1,16	100	15,62	27	27	384,12
11	600	8,5	1,15	100	14,45	27	27	415,22
12	650	8,5	1,14	100	12,97	27	27	462,61
13	700	8,5	1,12	100	12,22	27	27	491,00
14	750	8,5	1,06	100	8,99	27	27	667,41
15	800	8,5	1,05	100	8,14	27	27	737,10
16	850	8,5	1,03	100	7,71	27	27	778,21
17	900	8,5	1,02	100	7,52	27	27	797,87
18	950	8,5	1,01	100	6,83	27	27	878,48
19	1000	8,5	0,99	100	6,48	27	27	925,93

d. Pengisian cairan *Paraffin Wax* pada kapsul PCM

Kapsul PCM dengan panjang 70 cm dimasukan cairan *paraffiin wax* sebanyak 121 ml dengan prosentase pengisian sebesar 70 %. Prosentase pengisian 70 % dikarenakan untuk menghindari tekanan yang berlebih ketika kapsul berisi PCM menerima kalor dari hasil proses *charging*. Hasil ini diperoleh melalui perhitungan sebagai berikut :

- Panjang tabung - panjang baut (penutup kapsul)
70 cm - 2 cm = 68 cm
- Diameter luar kapsul = 19 mm
- Tebal kapsul = 0,51 mm x 2 (sisi) = 1,02 mm

- Diameter dalam kapsul = Diameter luar kapsul – tebal kapsul

$$= 19 \text{ mm} - 1.02 \text{ mm}$$

$$= 17,98 \text{ mm}$$
- Jari – jari kapsul = 8,99 mm atau 9 mm
- Volume tabung jika full = $\pi \times r^2 \times t$

$$= \pi \times 9^2 \times 680 \text{ mm}$$

$$= 173038,92 \text{ mm}^3$$

$$= 173,03892 \text{ ml}$$
- Prosentase pengisian 70 % = $173,03892 \text{ ml} \times 70\%$

$$= 121,127244 \text{ ml}$$

Prosentasi pengisian cairan *paraffin wax* pada kapsul PCM sebesar 70 % didasari dari perhitungan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \Longrightarrow \quad v = \frac{m}{\rho}$$

$$\Delta v = \frac{V_l - V_s}{V_s} = \frac{\frac{m}{\rho_L} \pm \frac{m}{\rho_S}}{\frac{m}{\rho_S}}$$

$$\Delta v = \rho_S \cdot \left(\frac{1}{\rho_L} - \frac{1}{\rho_S} \right) = 0,88 \cdot \left(\frac{1}{0,77} - \frac{1}{0,88} \right)$$

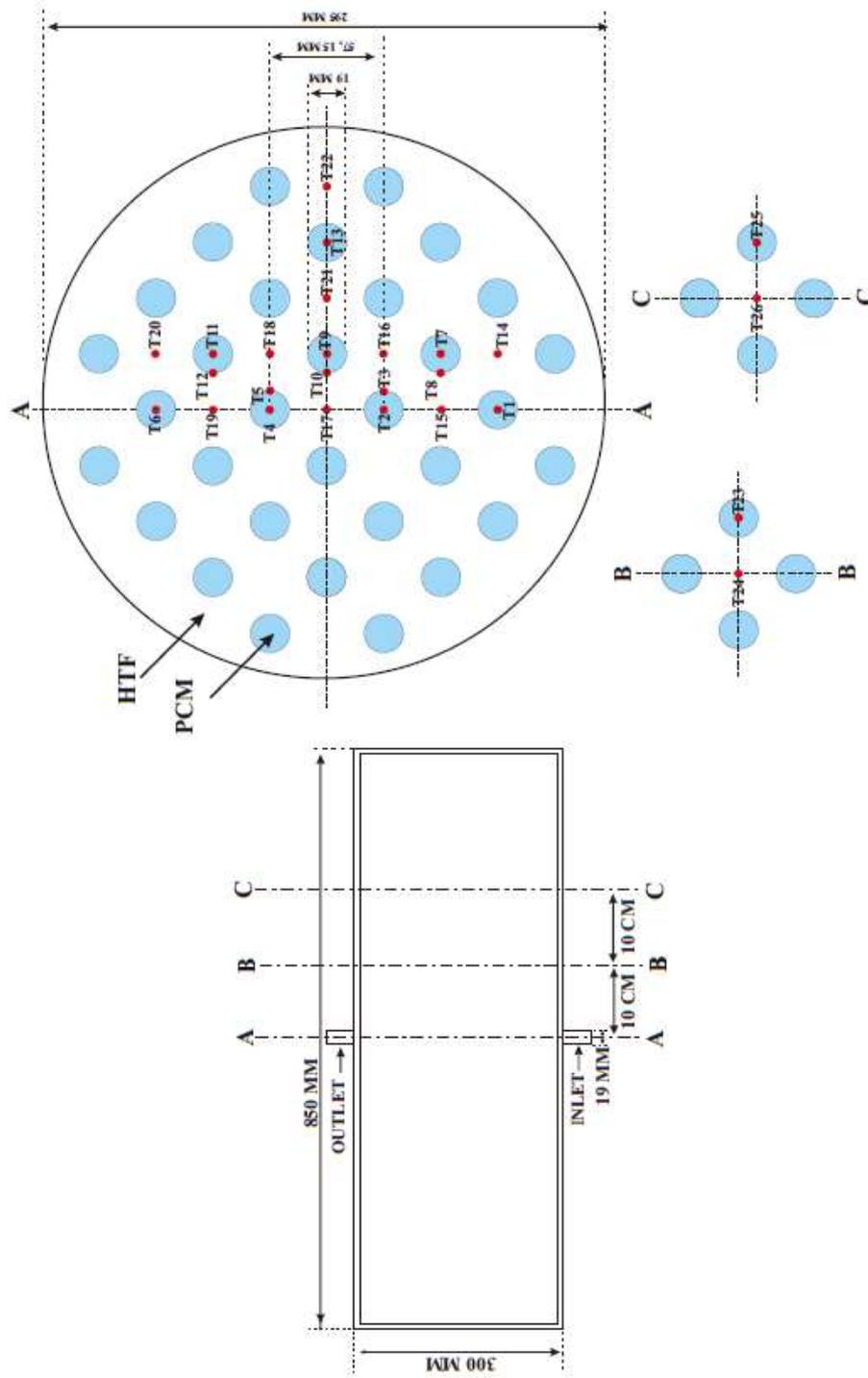
$$\Delta v = 0,1429 = 14,29 \%$$

Hasil ini menjelaskan bahwa prosentase sebesar 14,29 % yaitu selisih sisa ruang pada kapsul pipa tembaga berisi PCM. Selisih ini sebagai ruang udara yang bertujuan untuk tempat pelelehan PCM (*paraffin wax*) yang akan membuat full pada kapsul PCM dalam menerima kalor saat

proses *charging* yang mengakibatkan tekanan tinggi akan terjadi. Hal tersebut tentunya dapat terjadinya kebocoran pada pipa PCM karena ruang sisa udara yang terlalu penuh. Maka prosentase sisa ruang udara dalam pengisian cairan *paraffin wax* pada kapsul PCM harus diperbesar lagi dengan jumlah prosentase sebesar 30%, sehingga tidak terjadinya kebocoran ketika terjadinya tekanan karena masih terdapat ruang udara.

e. Pemasangan *Termocouple* pada kapsul PCM

Pemasangan *thermocouple* pada kapsul PCM terdapat pada penampang A, B, dan C dimana letak *termocouple* berada didalam kapsul, dinding kapsul, serta diarahkan ke air. Pemasangan tersebut dilakukan guna memperoleh hasil perbedaan suhu antara letak *termocouple* yang berada didalam pipa, dinding pipa, serta mengarah ke air pada setiap penampangnya. *Termocouple* pada penampang A yaitu T1, T2, T5, T6, T7, T9, T11, T13 (didalam kapsul PCM), T3, T5, T8, T10, T12 (dinding kapsul PCM), T15, T17, T19, T14, T16, T18, T20, T21, T22 (mengarah ke air). *Termocouple* pada penampang B yaitu T23 (didalam kapsul PCM) dan T24 (mengarah ke air). *Termocouple* pada penampang C yaitu T25 (didalam kapsul PCM) dan T26 (mengarah ke air). Berikut desain *numbering* pemasangan *termocouple* pada setiap penampang dapat dilihat pada Gambar 3.26.



Gambar 3. 24 Desain numbering pemasangan termokopel

f. Pengecekan kebocoran tangki

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

3.3.3.2 *Processing*

Tahap selanjutnya yaitu *processing* yang dilakukan adalah pengujian untuk mengambil data proses *charging* sampai suhu mencapai 70°C. Pada proses ini *termocouple* 28, 30 dan 31 merupakan indikator dalam pengambilan data. Suhu dapat terpantau pada *Applent Temperature Data Logger* AT 4532.

3.3.3.3 *Post-Processing*

Setelah melakukan pengambilan data yaitu melakukan pengolahan data mentah menjadi beberapa varian grafik yang berbeda dari setiap variasi fluks kalornya. Grafik tersebut kemudian dianalisa guna mengetahui perbedaan hasil pengukuran laju penyerapan kalor pada tangki SWH dengan kapsul berisi *paraffin wax* dengan variasi fluks kalor 190,61; 201,34; 220,78; 227,42 Volt.