

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	
<i>Boiling Point</i> (°C)	100
<i>Latent Heat of Vaporization</i> (kJ/kg)	2257
<i>Freezing Point</i> (°C)	0
<i>Latent Heat of Fusion</i> (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*)

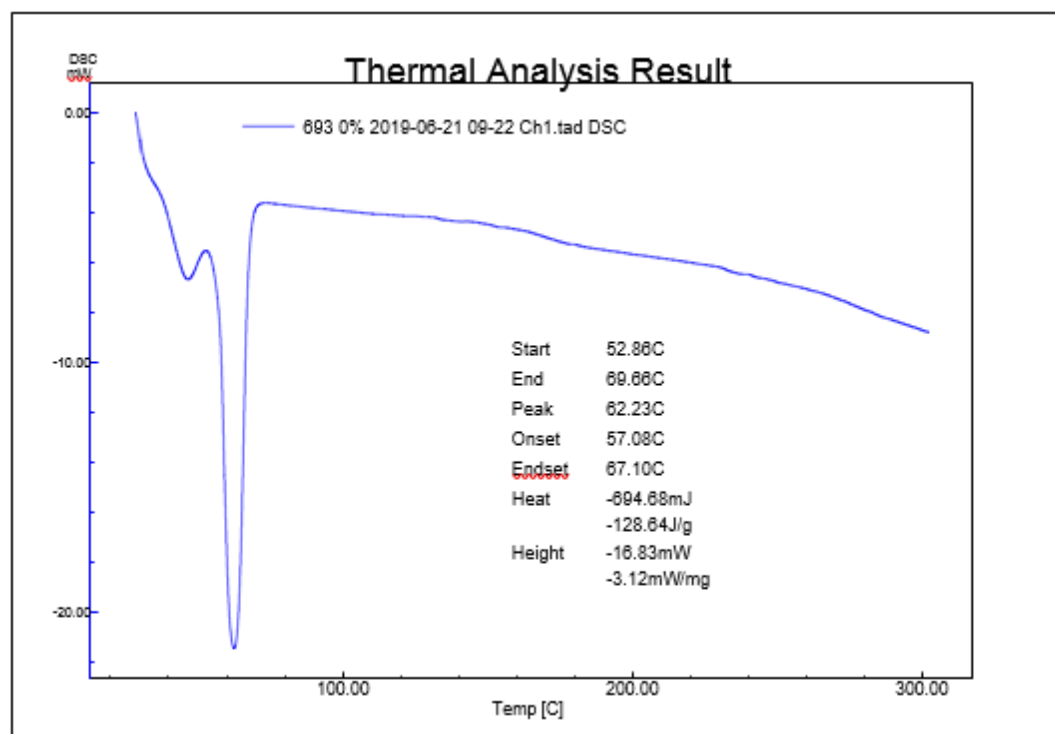
Uji *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) terhadap *Paraffin Wax* lokal yang dilakukan di laboratorium penelitian dan pengujian terpadu Universitas Gadjah Mada mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. 1. 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 3.2. 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

3.1.4. Paraffin Wax Rubiterm 60

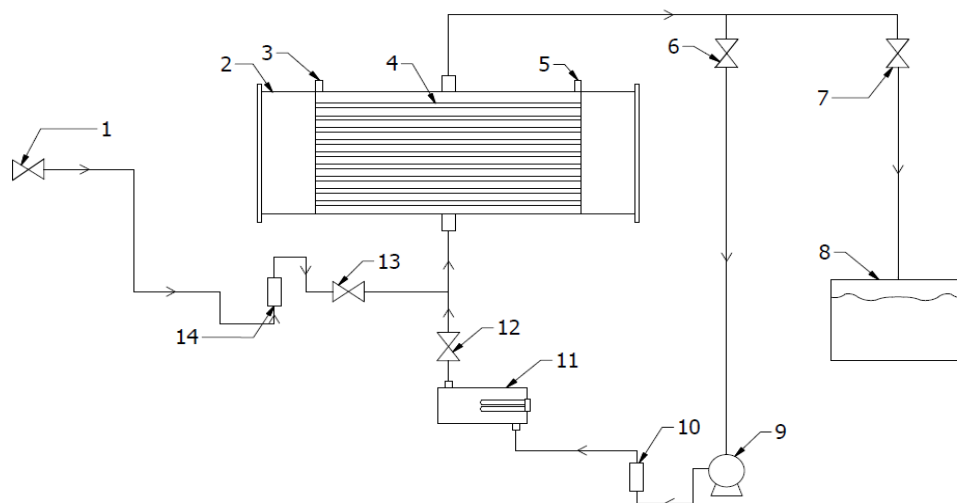
Paraffin wax RT60 merupakan jenis *paraffin* yang memiliki *melting point* 60°C serta memiliki spesifikasi yang tertera pada table 3.8. Hasil pengujian DSC pada *paraffin wax* lokal diperoleh hasil *melting point* sebesar 62°C. Hal ini mendasari bahwa penelitian ini menggunakan *paraffin wax* lokal yang 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. 3. 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 penyimpanan 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

Skema alat SWH tersebut merupakan skema proses *charging* dan *discharging*. Proses *discharging* dimulai ketika proses *charging* telah selesai. Proses *charging* dilakukan dengan memberikan variasi fluks kalor pada *heater* serta debit yang konstan ketika pengujian berlangsung. Pengujian *charging* secara berurutan dimulai dengan menutup semua katup jalur *discharging*, dan membuka seluruh katup jalur *charging*, setelah itu memberikan variasi fluks kalor dan menyalakan pompa serta memberikan debit 900 mlpm sehingga aliran air akan bersirkulasi dari pompa, rotameter 1000 mlpm, *immersion heater*, tangki, dan kembali lagi ke pompa. Proses ini berlangsung hingga suhu mencapai 70°C dan dapat dinyatakan selesai. Selanjutnya proses *discharging* dimulai dengan menutup semua katup jalur *charging*, dan membuka semua katup jalur *discharging*, setelah itu mengalirkan air dari kran, dengan membuka rotameter 3 lpm dengan mengatur setiap variasi debit yang diberikan, sehingga aliran air akan masuk kedalam tangki dan bercampur dengan air panas didalamnya, aliran air tersebut akan keluar menuju bak penampungan dan tunggu hingga suhu pada bak penampungan mencapai 35°C yang digunakan untuk keperluan mandi air hangat. Skema alat 2 dimensi dan visual dapat dilihat pada Gambar 3.3, dan 3.4.



Gambar 3.3. Skema Alat SWH

Keterangan nomor pada Gambar 3.3 :

(1) Keran Air, (2) tangki SWH, (3) lubang kabel masuknya termokopel, (4) kapsul berisi PCM, (5) lubang kabel masuknya termokopel, (6) katup *charging*, (7) katup *discharging*, (8) bak penampungan, (9) pompa, (10) rotameter 1000 mlpm, (11) *immersion heater*, (12) katup *charging*, (13) katup *discharging*, dan (14) rotameter 3 lpm.



Gambar 3. 4. *Solar Water Heater*

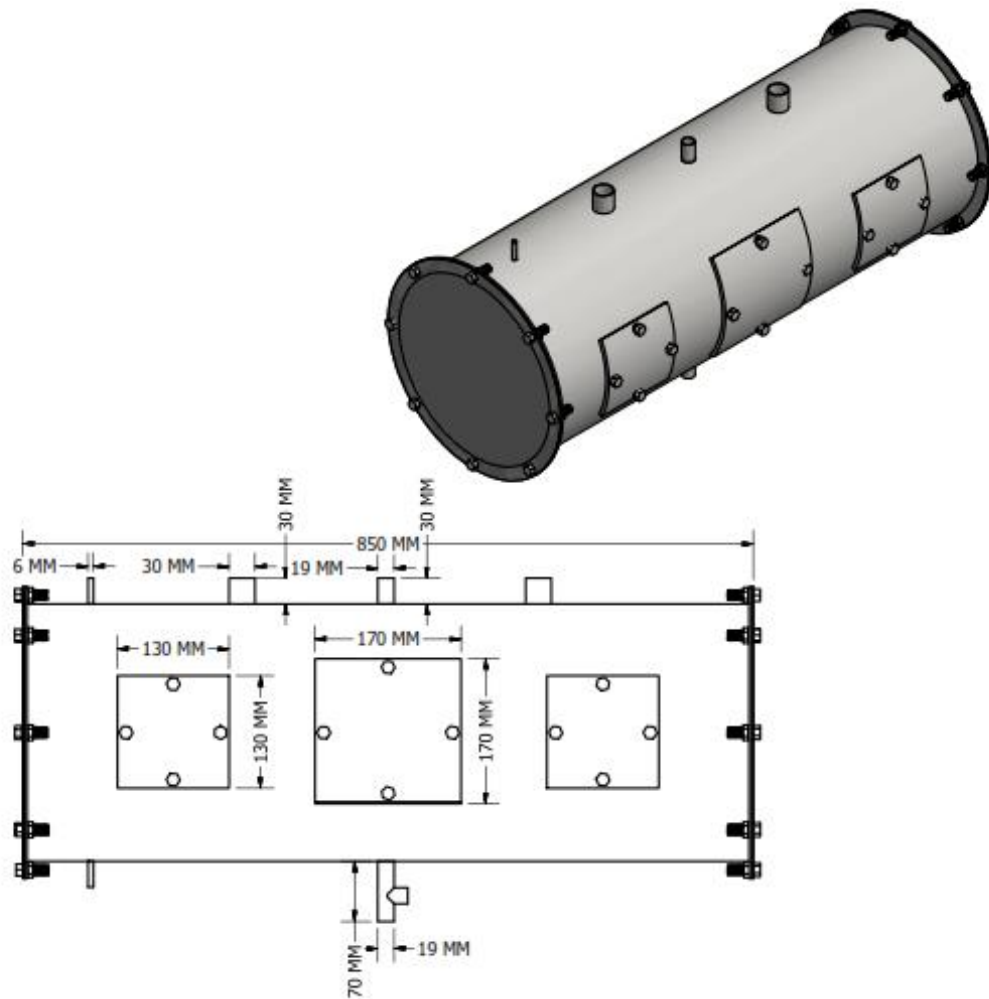
Adapun terdapat komponen - komponen penunjang alat SWH pada proses *discharging* ini adalah sebagai berikut :

1. *Tangki Solar Water Heater*

Tangki SWH merupakan alat yang digunakan sebagai penyimpanan air, pipa tembaga berisi PCM sejumlah 32 buah serta sebagai penyimpan energi termal pada air dan pipa tembaga berisi PCM tersebut. Tangki SWH memiliki 3 lubang

dengan bentuk kotak yang berguna untuk memudahkan pemasangan 32 pipa pada bagian dalam tangki, dan memiliki 2 lubang penutup pada sisi tangki, serta 5 lubang penghubung *input* pipa pvc, *output* pipa pvc, tempat keluar termokopel yang terpasang pada kapsul berisi *paraffin wax*, lalu selang pengukur volume air.

Tangki SWH ini ditutup dengan *glasswool* dan aluminium foil guna mengurangi *heat loss*. Tangki ini memiliki panjang 850 mm, diameter 300 mm, dan kapasitas sebesar 60 liter. Material yang digunakan untuk pembuatan tangki adalah *stainles steel*. Tangki tampak 2 dimensi ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan tangki yang sudah dan belum terpasang *glasswool* serta aluminium 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.

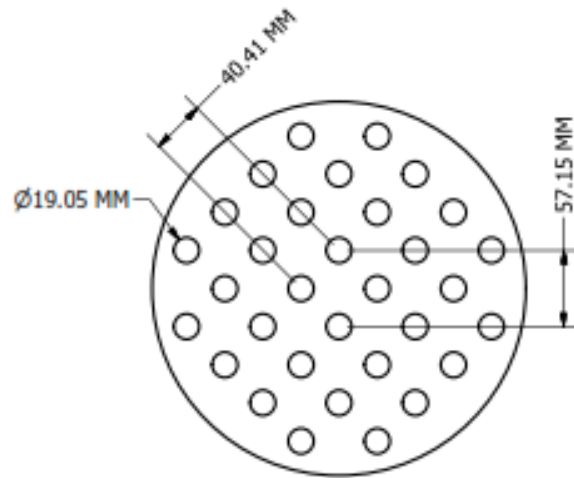


Gambar 3. 7. Tangki *solar water heater* sudah terpasang *glasswool* dan aluminium.

2. Susunan *Tube* Tembaga

Susunan *tube* tembaga ini merupakan tempat untuk meletakkan pipa tembaga (kapsul PCM)) yang dimasukkan kedalam tangki SWH. Susunan ini berjumlah 2 buah yang berbahan aluminium dan memiliki jumlah lubang

sebanyak 32. Berikut susunan *tube* tembaga beserta ukurannya tampak 2 dimensi dan bentuk visual dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.



Gambar 3. 8. Susunan *tube* tembaga 2 dimensi



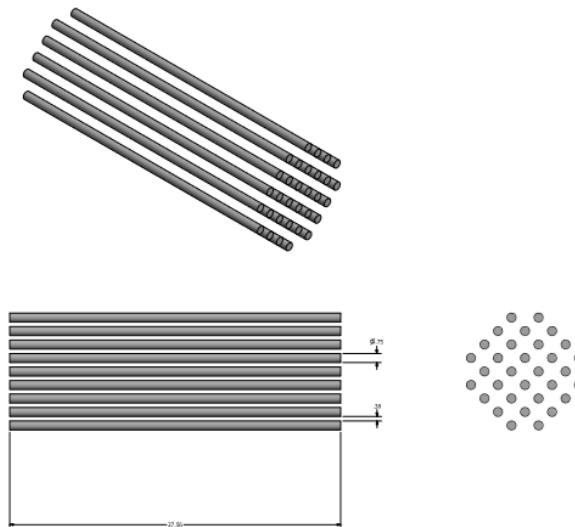
Gambar 3. 9. Susunan *tube* tembaga visual

3. Kapsul PCM

Kapsul PCM merupakan wadah dari *paraffin wax* yang berperan sebagai penyimpan energi termal kalor laten. Kapsul dipasang didalam tangki SWH dengan jumlah 32 buah. Masing-masing pipa memiliki panjang 70 cm dan diameter luar 19 mm. Bahan kapsul menggunakan pipa tembaga. Kapsul PCM bentuk visual dan 2 dimensi ditunjukkan pada Gambar 3.10. dan Gambar 11.



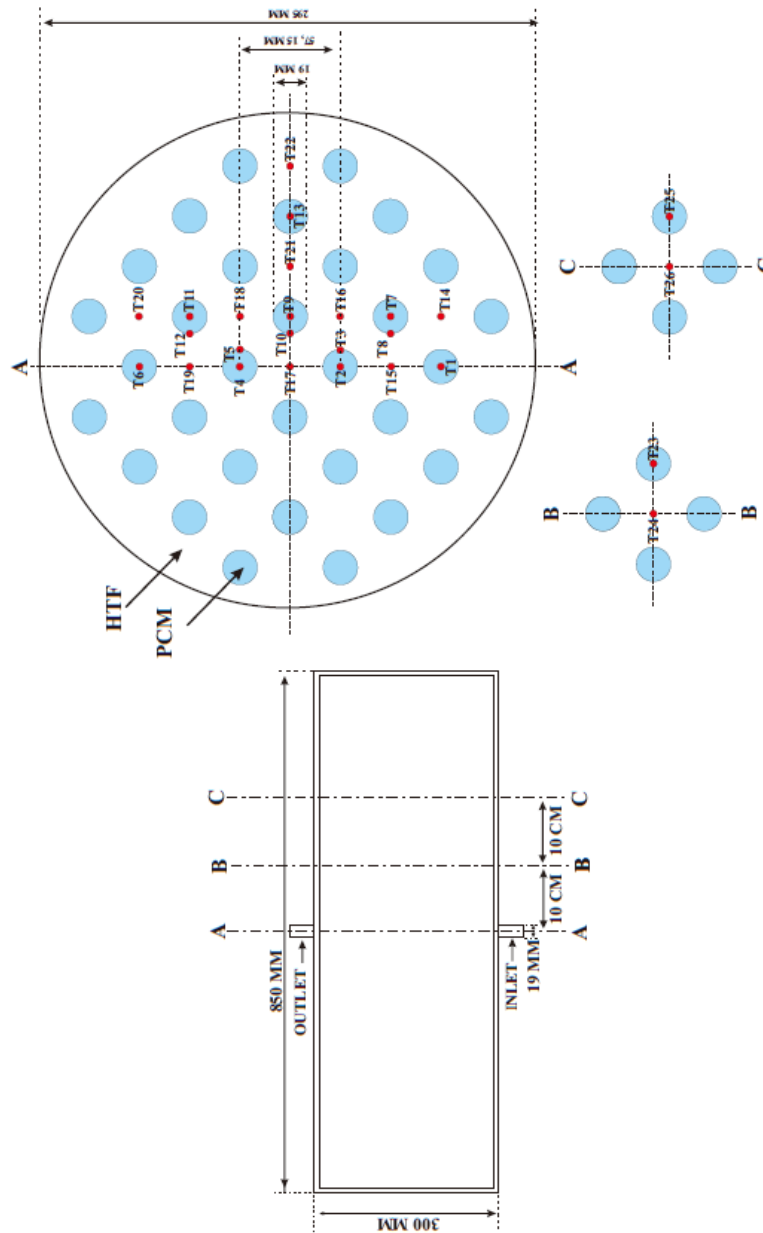
Gambar 3. 10. Kapsul PCM



Gambar 3. 11. Kapsul PCM 2 dimensi.

Kapsul PCM juga sebagai tempat peletakkan termokopel yang terdiri atas penampang A, B, dan C dimana letak termokopel berada didalam kapsul, didinding kapsul, serta diarahkan ke air. Pemasangan tersebut dilakukan guna memperoleh hasil perbedaan suhu antara letak termokopel yang berada didalam pipa, didinding pipa, serta mengarah ke air pada setiap penampangnya. Termokopel pada

penampang A yaitu T1, T2, T5, T6, T7, T9, T11, T13 (didalam kapsul PCM), T3, T5, T8, T10, T12 (didinding kapsul PCM), T15, T17, T19, T14, T16, T18, T20, T21, T22 (mengarah ke air). Termokopel pada penampang B yaitu T23 (didalam kapsul PCM) dan T24 (mengarah ke air). Termokopel pada penampang C yaitu T25 (didalam kapsul PCM) dan T26 (mengarah ke air). Berikut desain penomeran pemasangan termokopel pada setiap penampang dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3. 12. Desain penomeran pemasangan termokopel.

4. Rotameter Air

Rotameter air berperan sebagai pengatur variasi debit air yang masuk ke tangki SWH. Rotameter yang digunakan merupakan produksi pabrik dari LZT M – 15 *Instrument Company* yang dapat mengukur debit sebesar 0,2 – 3,0 LPM serta 1 – 8 GPM. Berikut rotameter ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13. Rotameter 3 LPM

5. *Applent Temperature Data Logger* AT 4532

Applent Temperature Data Logger AT 4532 berfungsi untuk membaca *output* suhu yang terbaca oleh termokopel didalam kapsul PCM (didalam tangki), pipa pvc, dinding tangki bagian luar dan bak air. Data *logger* AT 4532 memiliki pengaturan yang dapat diprogram, bunyi bip ketika suhu tinggi/rendah, 32 saluran menampilkan suhu secara bersamaan, disesuaikan dengan 128 saluran, dapat menerima jenis termokopel tipe J / K / T / E / S / N / B / R, dapat menampilkan kurva suhu, tampilan bagan data ,dan pencetakan, pengplikasian dapat diterapkan pada semua jenis makanan, instrumen, dan produk produksi lainnya. Bentuk dari data *logger* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.14 serta adapun beberapa rincian spesifikasi dari *Applent Temperature Data Logger* AT 4532 terdapat pada Tabel 3.5.



Gambar 3. 14. *Applent Temperature Data Logger AT 4532*

Tabel 3. 4. Spesifikasi *Applent Temperature Data Logger AT 4532*

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

6. Termokopel

Termokopel yang digunakan yaitu jenis tipe K yaitu dapat membaca rentan suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang berguna untuk mengukur suatu temperatur. Termokopel dipasang pada kapsul PCM (didalam tangki), pipa pvc, dinding tangki bagian luar dan bak air. Termokopel tipe K dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 15. Termokopel tipe K.

7. Valve

Valve merupakan sebuah perangkat yang mengatur, mengarahkan, dan mengontrol aliran dari suatu aliran fluida dengan membuka dan menutup sebagian jalan dari alirannya Berikut contoh *valve* yang digunakan terdapat pada Gambar 3.16.



Gambar 3. 16. *Valve*.

8. 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 3.6 dan ditunjukkan pada Gambar 3.17.

Tabel 3. 5. Spesifikasi Perangkat Laptop

Jenis hardware	Perangkat komputer
<i>Processor</i>	Intel Core i5-8250U 3.4Ghz
<i>Motherboard</i>	Asus
<i>RAM</i>	4 GB DDR 4
<i>Graphic Card</i>	NVIDIA GEFORCE 930MX
<i>Storage</i>	1TB SATA HDD 5400RPM



Gambar 3. 17. Laptop

9. Selang Air

Selang air digunakan untuk mengalirkan air dari kran ke tangki SWH sebelum saat proses *discharging* dilakukan. Selang air yang digunakan berdiamter $\frac{1}{4}$ in dengan panjang 12 meter. Selang air yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18. Selang Air

10. Bak Penampung

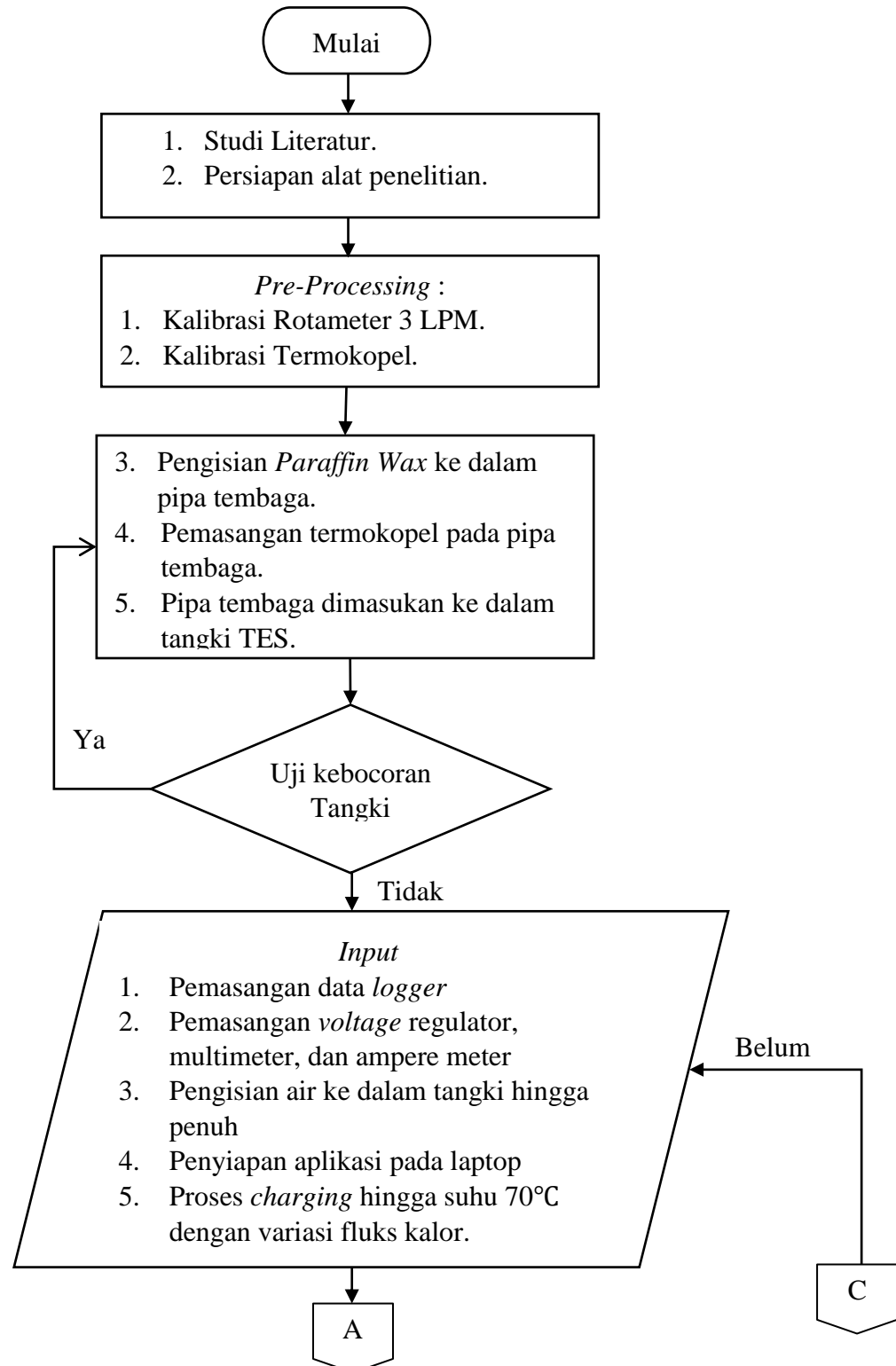
Bak penampung berfungsi menampung air yang keluar dari tangki SWH pada saat proses *discharging* berlangsung. Bak ini juga diletakkannya termokopel T32 guna mengukur suhu air yang terdapat pada bak penampung tersebut. Bak penampungan berukuran panjang 76 cm, lebar 53 cm, tinggi 45 cm dan bervolume 181 Liter. Berikut bak penampung dapat dilihat pada Gambar 3.19.



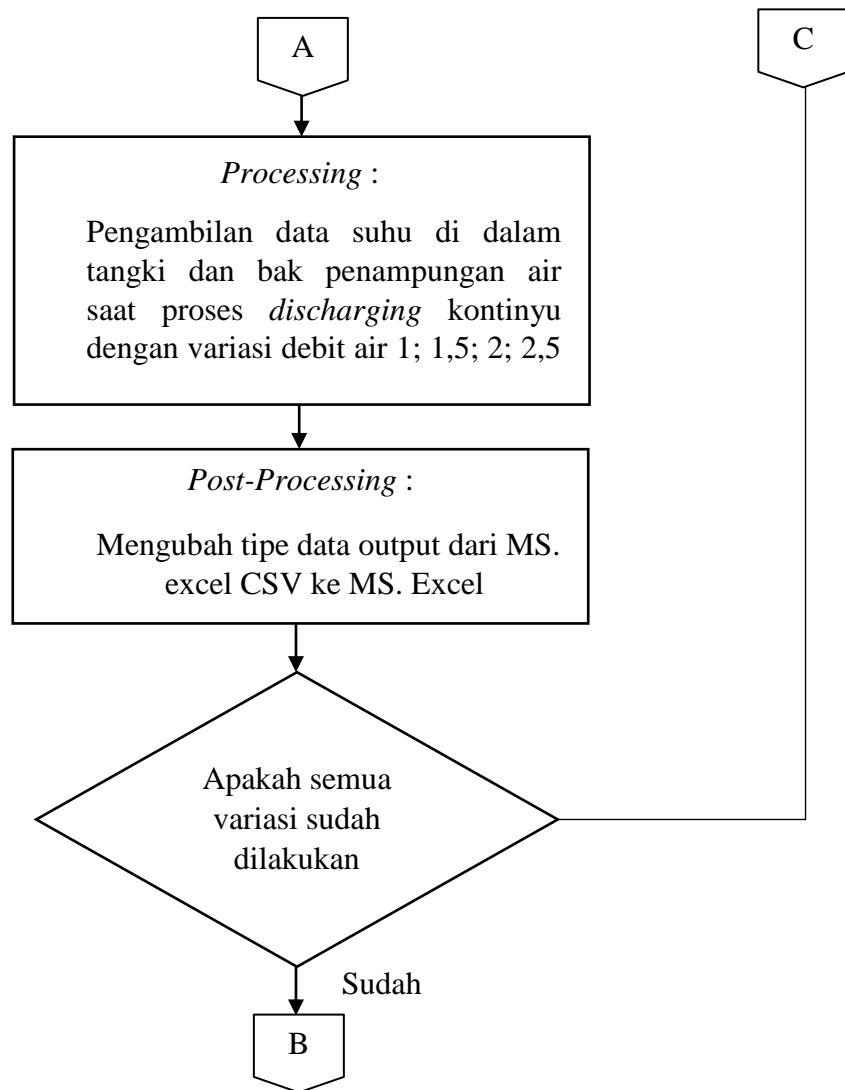
Gambar 3. 19. Bak penampung

3.3. Prosedur Penelitian

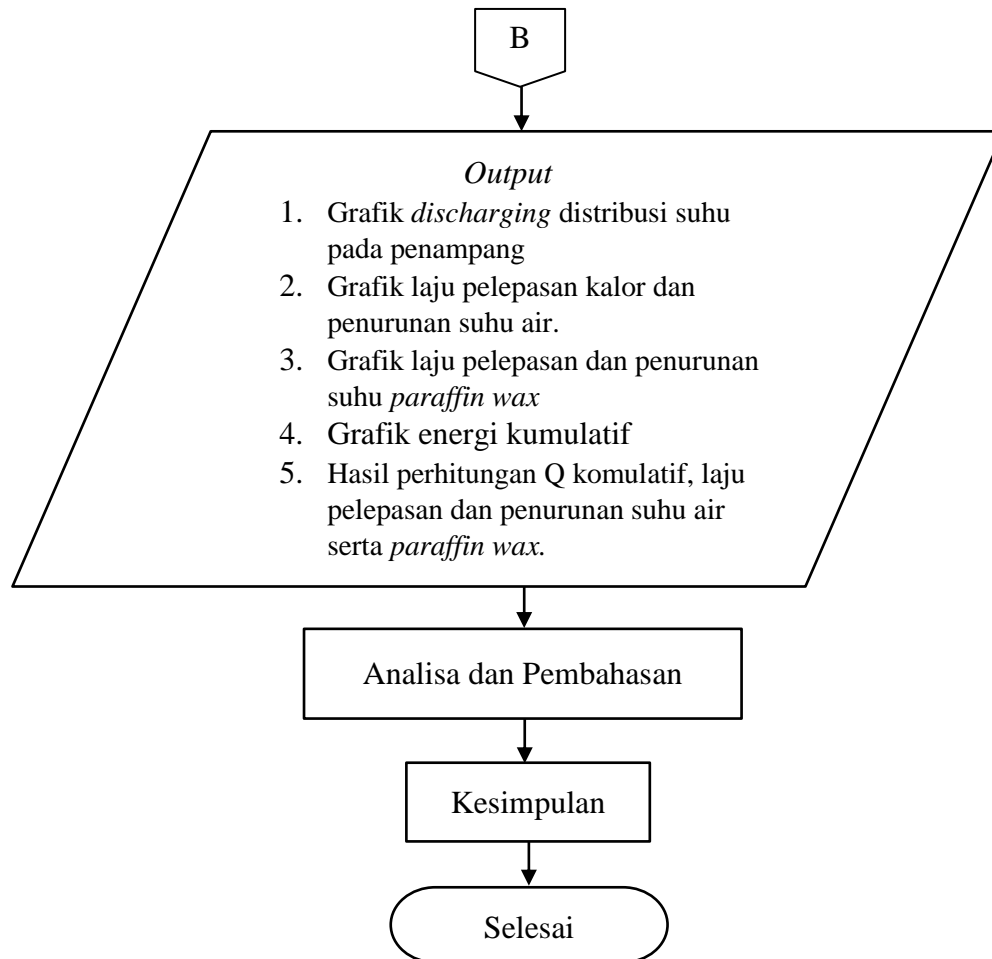
3.3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 20. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.20. Diagram Alir Penelitian (lanjutan)



Gambar 3.20. Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

3.4. Rencana Analisis Data

3.4.1. Pre-Processing

Pre-Processing adalah tahap awal yang perlu dilakukan sebelum memulai penelitian. Pada tahapan ini terdiri dari pembuatan seperangkat alat SWH seperti tangki, instalasi pipa serta rangka, kalibrasi termokopel, kalibrasi rotameter 3 LPM, pengisian cairan *paraffin wax* pada kapsul, pemasangan termokopel pada kapsul PCM dengan menggunakan lem, dan pemasangan kapsul PCM ke dalam tangki SWH, dan pengecekan kebocoran pada tangki saat berisi air.

a. Kalibrasi Rotameter 3 LPM

Kalibrasi rotameter 3 LPM proses pengecekan dan pengaturan akurasi dari alat ukur dengan cara membandingkan dengan standar/tolak ukur serta untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan akurat dan konsisten dengan instrumen lainnya. Kalibrasi dilakukan dengan cara pengaturan LPM dari yang terkecil hingga yang terbesar. Setelah itu, menghidupkan *stopwatch* dan air dialirkan ke dalam gelas 100 ml. Air yang mengalir ke dalam gelas diperhatikan setelah penuh maka *stopwatch* di *stop*. Catat waktu yang dibutuhkan untuk menghitung debit aktualnya.

Kalibrasi dilakukan dari 0,2 LPM hingga 3 LPM. Setelah itu, mencari debit aktual dengan persamaan (3.1)

$$(V/s) \times (60/1000) \dots\dots\dots (3.1)$$

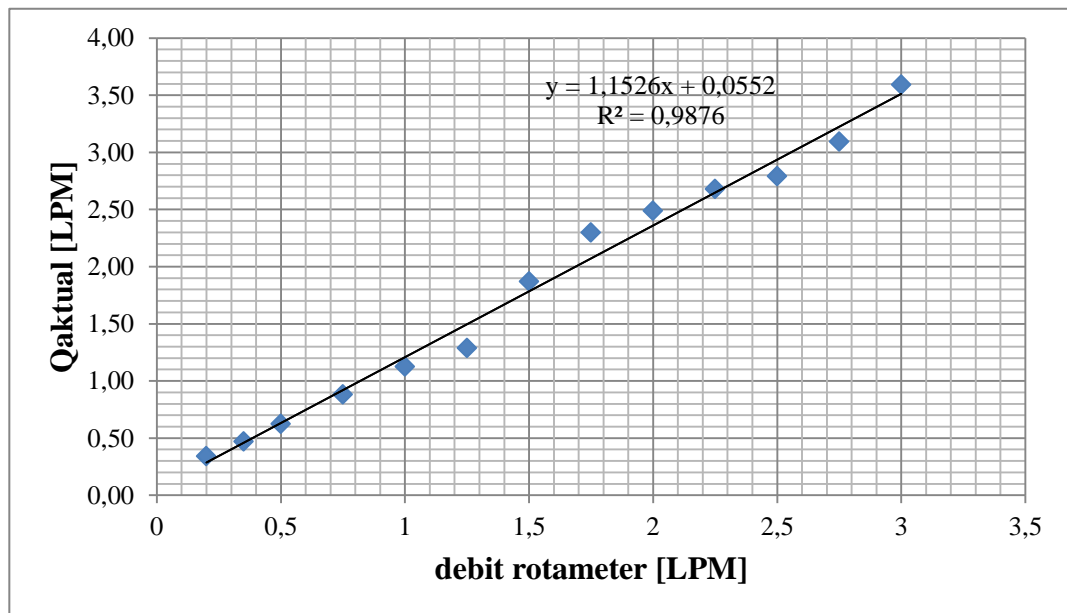
Rumus tersebut menjelaskan bahwasannya V adalah volume dari gelas ukur yaitu 100 mL, s yaitu satuan second yang merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi gelas ukur dan di ubah ke dalam LPM dengan cara dikali 60 serta di bagi 1000. Setelah perhitungan maka akan didapat hasil Q aktual. Hasil kalibrasi didapat dari variasi debit LPM dan Q aktual yang terdapat pada persamaan (3.2).

$$y = 1,1526x + 0,0552x \dots\dots\dots (3.2)$$

Persamaan 3.2 dan hasil $R^2 = 0,9876$ menjelaskan bahwa Q aktual dapat dinyatakan dengan menghitung debit yaitu pada x dengan menggunakan persamaan tersebut, sedangkan nilai R^2 yaitu bahwa nilai Q aktual dapat dinilai akurat jika nilai $R^2 = 1$, tetapi pada hasil kalibrasi ini mendapatkan nilai R^2 sebesar 0,9876 yang artinya tetap dianggap akurat karena hasil tersebut mendekati angka 1. Berikut data hasil kalibrasi beserta grafik ditunjukkan pada Tabel 3.6 dan Gambar 3.21.

Tabel 3.6. Hasil kalibrasi rotameter 3 LPM

No	Rotameter	DC Power Supply		Debit Aktual		Suhu Air		LPM
		Voltase	Arus	Volume	Waktu	Awal	Akhir	
	[LPM]	[Volt]	[Ampere]	[mL]	[detik]	[°C]	[°C]	Q aktual
1	0,2	1,8	0,4	100	17,66	28	28	0,34
2	0,35	2,1	0,42	100	12,79	28	28	0,47
3	0,5	2,6	0,44	100	9,6	28	28	0,63
4	0,75	3,9	0,51	100	6,81	28	28	0,88
5	1	4,6	0,56	100	5,34	28	28	1,12
6	1,25	5,5	0,62	100	4,66	28	28	1,29
7	1,5	6,1	0,67	100	3,21	28	28	1,87
8	1,75	7	0,74	100	2,61	28	28	2,30
9	2	8	0,81	100	2,41	28	28	2,49
10	2,25	8,9	0,89	100	2,24	28	28	2,68
11	2,5	10,1	0,95	100	2,15	28	28	2,79
12	2,75	10,8	1	100	1,94	28	28	3,09
13	3	11,8	1,06	100	1,67	28	28	3,59



Gambar 3. 21. Grafik kalibrasi rotameter 3 LPM

b. Kalibrasi Termokopel

Kalibrasi termokopel merupakan kegiatan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur dengan cara membandingkan dengan cara membandingkan ke standar nasional. Dalam kalibrasi ini membandingkan standar nasional menggunakan termometer sebagai acuan. Temperatur aktual pada termokopel didapat melalui persamaan (3.3)

$$y = mx + c \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana y adalah titik potong pada sumbu y, m adalah konstanta gradien dan c adalah titik potong garis dengan sumbu -y. Setelah melakukan kalibrasi, bisa diketahui seberapa jauh perbedaan antara termokopel data *logger 32 channel* dengan termometer. Hasil dari kalibrasi termokopel dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 6. Kalibrasi Termokopel

Tst,1 = 1,0004 . T1 – 3,12	Tst,17 = 0,9687 . T17 – 1,5254
Tst,2 = 1,0013 . T2 – 2,9765	Tst,18 = 0,9765 . T18 – 1,9785
Tst,3 = 1,002 . T3 – 3,0004	Tst,19 = 0,9479 . T19 – 0,2245
Tst,4 = 0,979 . T4 – 1,401	Tst,20 = 0,9539 . T20 – 0,5547
Tst,5 = 0,9992 . T5 – 2,7203	Tst,21 = 0,9702 . T21 – 1,5299
Tst,6 = 0,9972 . T6 – 2,4968	Tst,22 = 0,9829 . T22 – 2,283
Tst,7 = 0,9946 . T7 – 2,2876	Tst,23 = 0,9394 T23 + 0,5556
Tst,8 = 0,9662 . T8 – 0,3918	Tst,24 = 0,9672 . T24 – 1,1536
Tst,9 = 0,9544 . T9 – 0,817	Tst,25 = 1,0016 . T25 – 1,6511
Tst,10 = 0,9847 . T10 – 2,625	Tst,26 = 0,9991 . T26 – 1,56
Tst,11 = 0,9822 . T11 – 2,4318	Tst,27 = 1,0027 . T27 – 1,9469
Tst,12 = 0,9841 . T12 – 2,513	Tst,28 = 0,9804 . T28 – 0,5561
Tst,13 = 0,9799 . T13 – 2,2114	Tst,29 = 1,0004 . T29 – 1,9302
Tst,14 = 0,9605 . T14 – 0,9199	Tst,30 = 0,9725 . T30 + 0,0986
Tst,15 = 0,9837 . T15 – 2,3527	Tst,31 = 1,0003 . T31 – 2,0741
Tst,16 = 0,9847 . T16 – 2,3997	Tst,32 = 0,9557 . T32 + 0,8542

c. Pengisian cairan *Paraffin Wax* pada kapsul PCM

Kapsul PCM dengan panjang 70 cm dimasukan cairan *paraffin 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)
 $70 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 68 \text{ cm}$
- Diameter luar kapsul = 19 mm dan tebal kapsul = 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 :

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

$$\Delta v = \frac{Vl - Vs}{Vs} = \frac{\frac{m}{\rho L} \pm \frac{m}{\rho S}}{\frac{m}{\rho S}}$$

$$\Delta v = \rho S \cdot \left(\frac{1}{\rho L} - \frac{1}{\rho S} \right) = 0,88 \cdot \left(\frac{1}{0,77} - \frac{1}{0,88} \right)$$

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

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.

d. Penomeran termokopel kapsul PCM

Penomeran termokopel pada kapsul PCM terdapat pada penampang A, B, dan C dimana letak termokopel berada didalam kapsul, dinding kapsul, serta diarahkan ke air. Pemasangan tersebut dilakukan guna memperoleh hasil perbedaan suhu antara letak termokopel yang berada didalam pipa, dinding pipa, serta mengarah ke air pada setiap penampangnya. Termokopel pada penampang A yaitu T1, T2, T5, T6, T7, T9, T11, T13 (didalam kapsul PCM), T3, T5, T8, T10, T12 (diding kapsul PCM), T15, T17, T19, T14, T16, T18, T20, T21, T22 (mengarah ke air). Termokopel pada penampang B yaitu T23 (didalam kapsul PCM) dan T24 (mengarah ke air). Termokopel pada penampang C yaitu T25 (didalam kapsul PCM) dan T26 (mengarah ke air).

e. 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 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.

3.4.2. Processing

Tahap kedua yaitu *processing* adalah melakukan pengambilan data *discharging* pada variasi debit yang telah ditentukan. Proses *discharging* berlangsung dari max suhu 70 °C hingga 35⁰C pada termokopel T32. Suhu dapat terpantau pada *apilent temperature* data *logger* AT 4532. Apabila sudah mencapai suhu yang diinginkan maka kita stop pengambilan data tersebut.

3.4.3. Post-Processing

Tahap ketiga yaitu pengolahan data mentah yang diperoleh dari proses pengujian menjadi beberapa varian grafik yang berbeda dari setiap variasi debitnya. Grafik tersebut kemudian dianalisa guna mengetahui perbedaan hasil pengukuran laju pelepasan kalor secara kontinyu pada tangki SWH dengan kapsul berisi *paraffin wax* dengan variasi debit 1; 1,5; 2; 2,5 LPM.