

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Alat Penelitian

Penelitian ini memerlukan alat untuk mendukung pada pengambilan data berupa perangkat keras (*hardware*). Perangkat keras (*hardware*) dalam penelitian ini ada beberapa alat yaitu:

- a. Tangki TES dilapisi dengan *glass wool* dan aluminium foil untuk mengurangi panas yang keluar dari dalam tangki atau *heat loss*. Tangki tersebut pada penelitian ini digunakan untuk tempat pemasangan PCM *paraffin wax* dan serbuk tembaga saat proses *discharging*. Tangki TES ini terbuat dari bahan *stainless steel* memiliki panjang 700 mm, diameter 300 mm, dan volume sebesar 60 liter.

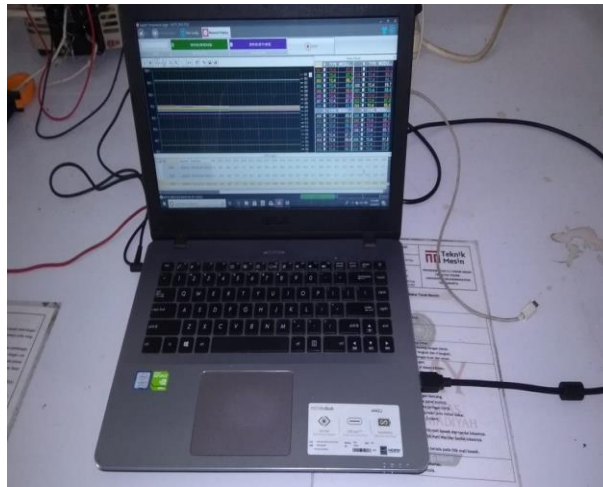


Gambar 3.1. Tangki TES

- b. Laptop digunakan untuk mengoperasikan aplikasi saat percobaan dilakukan dan untuk memudahkan saat pengambilan data.

Tabel 3.1. 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 3.2. Laptop

- c. *Data logger* digunakan untuk mengambil data temperatur 32 titik yang terpasang pada tangki TES dan untuk membaca atau mengetahui temperatur 32 titik yang terpasang pada alat.

Tabel 3.2. Spesifikasi *Data Logger*

No.	Aspek	Keterangan
1	Merek	Applent AT4532
2	Jumlah chanel	32 chanel

No.	Aspek	Keterangan
3	Dimensi	216mm (L) x88mm (T) x300mm (P)
4	Berat	3 Kg
5	Akurasi	0.2% + 1 °C
6	Rentang Suhu	-200 ° C ~ 1300 ° C



Gambar 3.3. Applent Temperature Data logger

- d. Rotameter Air digunakan untuk mengatur variasi debit air yang masuk ke tangki TES. Debit air maksimal yang dapat terukur oleh rotameter air ini adalah 3 LPM atau 0.8 GPM.

Tabel 3.3. Spesifikasi Rotameter

No.	Aspek	Keterangan
1	Merek	LZT M-15
2	Dual Scala	GPM/LPM
3	Ukuran	Drat 3/4"



Gambar 3.4. Rotameter Air 3 LPM

e. Selang air digunakan untuk mengalirkan air dari kran ke tangki SWH pada proses *discharging* berlangsung.

Tabel 3.4. Spesifikasi Selang

No.	Aspek	Keterangan
1	Panjang	12 meter
2	Ukuran	3/4"



Gambar 3.5. Selang Air

- f. Bak penampung air berfungsi untuk menampung air pada saat proses *discharging* agar suhu air keluar tangki TES dapat terbaca.

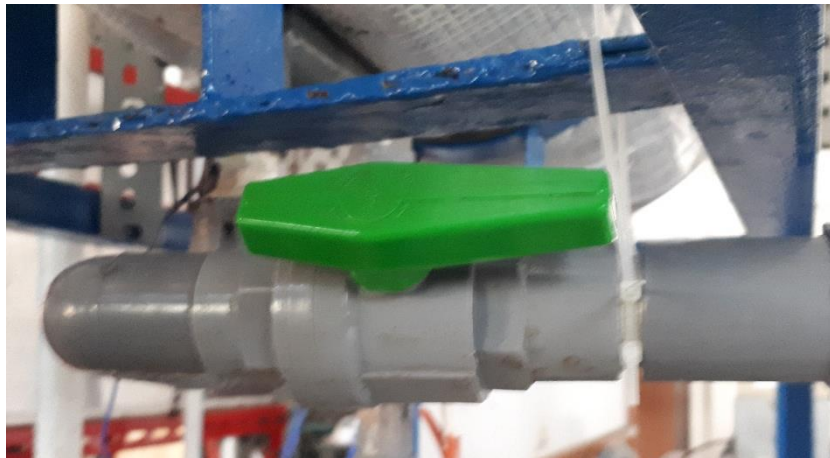
Tabel 3.5. Spesifikasi Bak Penampungan Air

No.	Aspek	Keterangan
1	Dimensi	530mm (L) x450mm (T) x760mm (P)
2	Volume	181 Liter



Gambar 3.6. Bak Penampung Air

- g. *Valve* berfungsi untuk membuka atau menutup aliran air pada proses *discharging*. Saat proses *charging* maka *valve* ini akan ditutup dan saat *discharging* *valve* ini dibuka kemudian *valve charging* ditutup. Penelitian ini menggunakan *valve* ukuran 3/4in dan terdapat 2 buah.



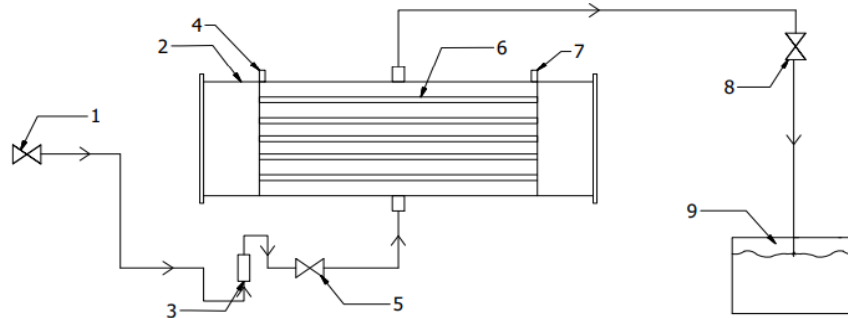
Gambar 3.7. *Valve*

3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air biasa (SHS) sebagai *heat transfer fluid* (HTF), serbuk tembaga 10% berat, dan *paraffin wax* sebagai *phase change material* (PCM). Air sebagai *heat transfer fluid* (HTF), serbuk tembaga 10%, dan *paraffin wax* sebagai *phase change material* (PCM) akan dimasukkan ke dalam tangki TES saat penelitian dimulai.

3.3. Skema Penelitian

Skema alat SWH tersebut merupakan skema proses *discharging* yang terdiri dari (1) katup inlet yang berfungsi sebagai masuknya aliran air kran ke tangki, (3) *rotameter* LZT M – 15 *Instrument Company* yang dapat mengukur debit sebesar 0,2 – 3,0 LPM serta 1 – 8 GPM LZT M – 15, (2) Tangki SWH yang berisi kapsul PCM didalamnya, (8) katup outlet yang berfungsi sebagai keluarnya air menuju ke bak penampungan, dan (9) bak penampungan sebagai tempat menampung air yang keluar dari tangki.



Gambar 3.8 Skema Proses *Discharging* Bertahap

Keterangan nomor pada Gambar 3.8 :

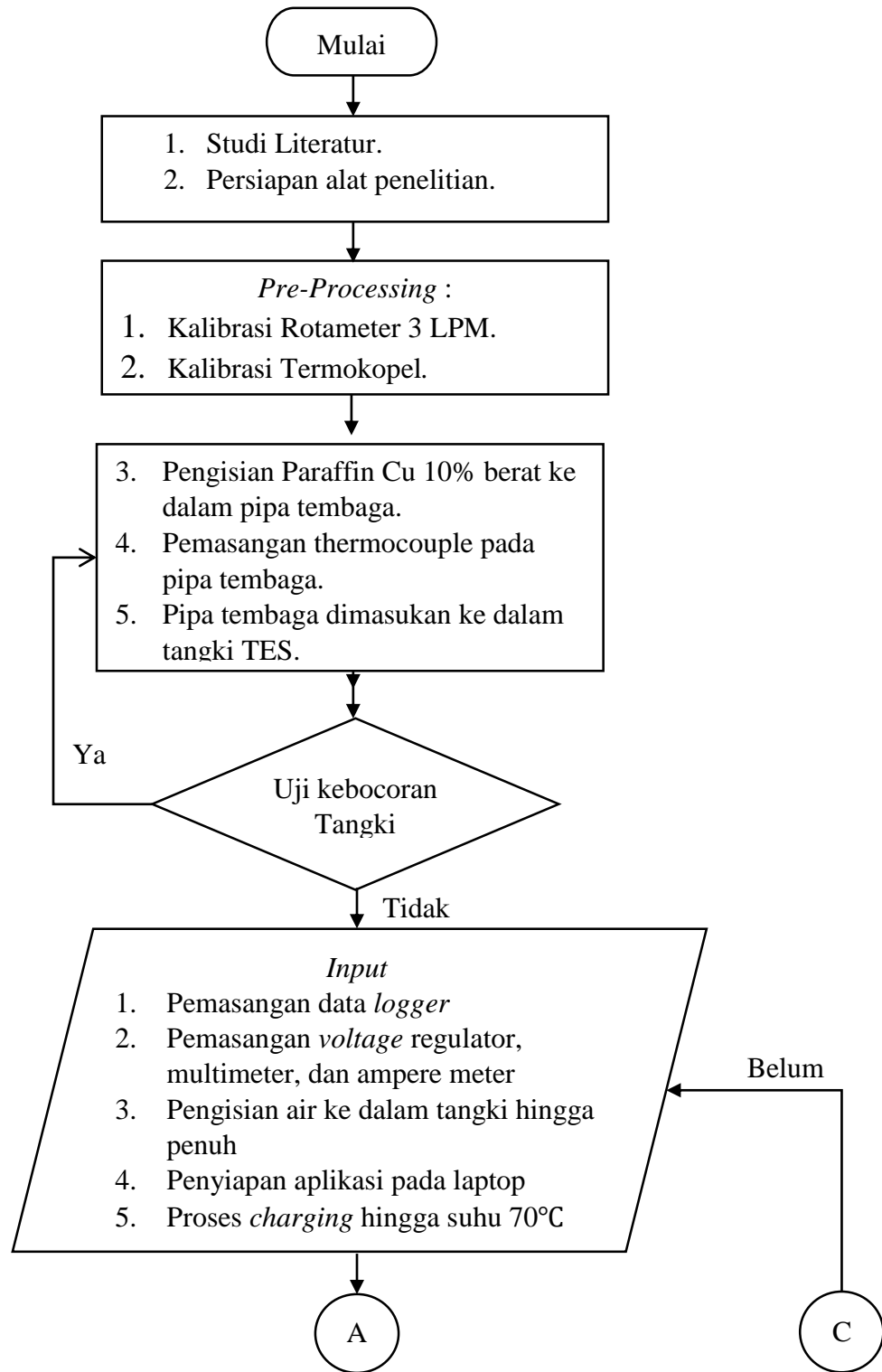
- (1) Keran Air,
- (2) Tangki SWH,
- (3) Rotameter Air,
- (4) Lubang pipa masuknya termokopel,
- (5) Valve masuknya air dari keran ke tangki,
- (6) Tangki berisi pipa tembaga,
- (7) Lubang pipa masuknya termokopel,
- (8) Valve keluarnya air dari tangki ke bak,
- (9) Bak Penampung Air.

3.4. Rencana Analisis Data

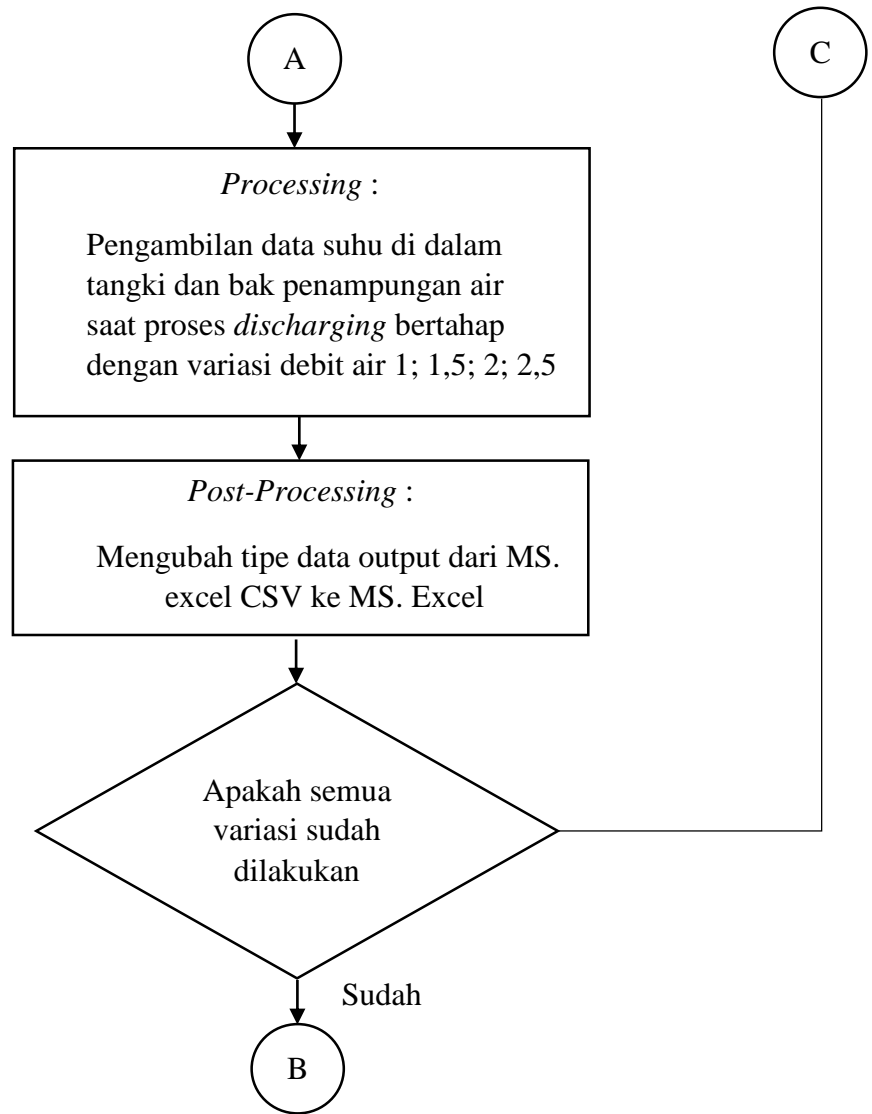
3.4.1. Variasi Penelitian

Variasi penelitian menggunakan variasi debit air. Variasi ini memiliki empat macam debit air yaitu 1; 1,5; 2; 2,5 LPM.

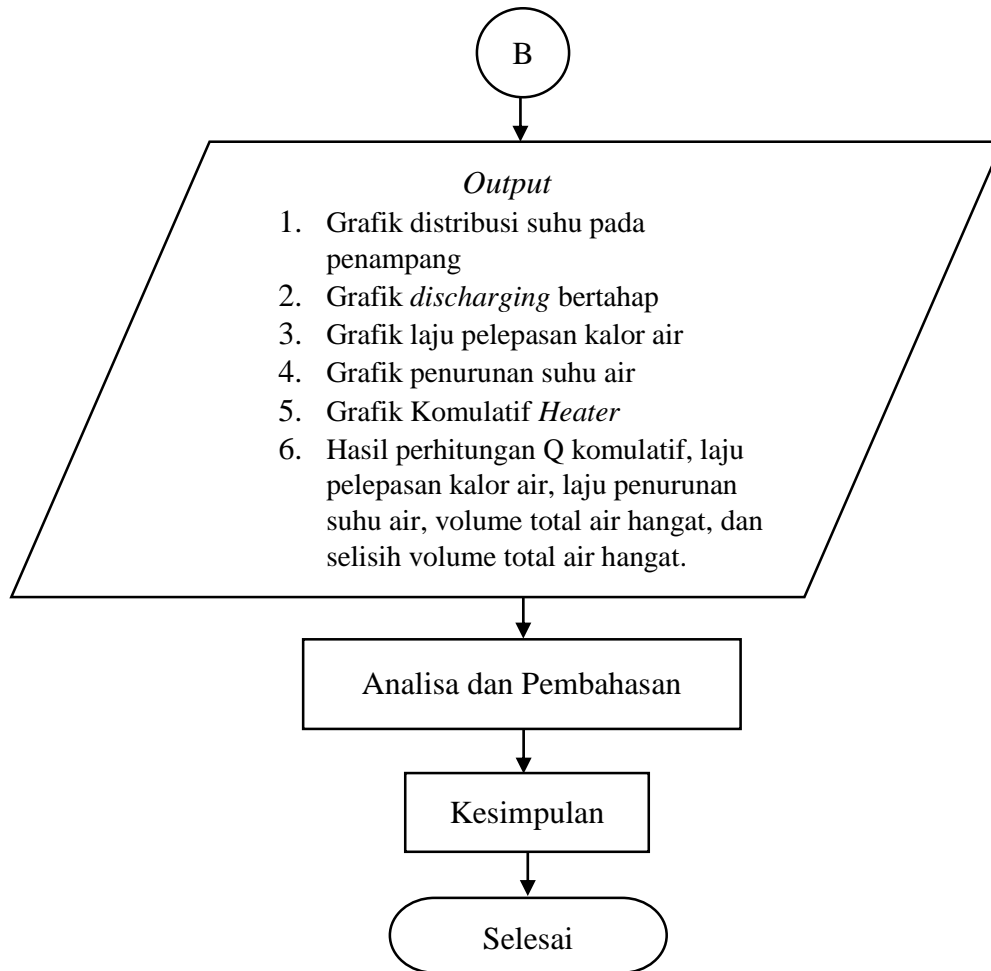
3.4.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)



Gambar 3.11 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

3.4.3. Langkah Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur pada suatu kasus. Studi literatur dilakukan untuk melihat perkembangan yang belum dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Pada dasarnya proses penelitian ini dibagi menjadi 3 yaitu, *Pre-Processing*, *Processing*, dan *Post-Processing*.

3.4.3.1 *Pre-Processing*

Pre-Processing adalah tahap awal yang perlu dilakukan sebelum memulai penelitian. Pada tahapan ini terdiri dari kalibrasi rotameter 3 LPM, *termocouple*,

pengisian *paraffin Cu* 10% pada pipa tembaga, pemasangan *termocouple* pada pipa tembaga dan pengecekan kebocoran pada tangki saat berisi air.

a. Kalibrasi Rotameter 3 LPM

Kalibrasi rotameter 3 LPM merupakan kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur. Kalibrasi dilakukan dengan cara air diatur sesuai LPM yang diinginkan, setelah itu air ditampung pada tempat berkapasitas 100 ml dan saat tempat tersebut penuh kemudian dicatat waktu agar dapat dihitung untuk mencari debit aktualnya.

Kalibrasi dilakukan dari 0,2 LPM sampai 3 LPM, setelah itu mencari debit aktualnya dengan persamaan (3.1)

$$Q_{\text{aktual}} = 1.1526x \cdot Q_{\text{rotameter}} + 0.0552 \quad (3.1)$$

Dimana V merupakan volume tempat air yaitu 100 ml, s merupakan waktu dengan satuan detik dan diubah menjadi mlPM dengan dikalikan 60 dan dibagi 1000. Setelah melakukan perhitungan maka keluar hasil dari Q aktual yang dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Kalibrasi Rotameter 3 LPM

Rotameter	DC Power Supply		Debit Aktual		Suhu Air		LPM
	Voltase	Arus	Volume	Waktu	Awal	Akhir	
[LPM]	[Volt]	[Ampere]	[mL]	[detik]	[°C]	[°C]	Q aktual
0.2	1.8	0.4	100	17.66	28	28	0.34
0.35	2.1	0.42	100	12.79	28	28	0.47
0.5	2.6	0.44	100	9.6	28	28	0.63
0.75	3.9	0.51	100	6.81	28	28	0.88
1	4.6	0.56	100	5.34	28	28	1.12
1.25	5.5	0.62	100	4.66	28	28	1.29
1.5	6.1	0.67	100	3.21	28	28	1.87
1.75	7	0.74	100	2.61	28	28	2.30
2	8	0.81	100	2.41	28	28	2.49

[LPM]	[Volt]	[Ampere]	[mL]	[detik]	[°C]	[°C]	Q aktual
2.25	8.9	0.89	100	2.24	28	28	2.68
2.5	10.1	0.95	100	2.15	28	28	2.79
2.75	10.8	1	100	1.94	28	28	3.09
3	11.8	1.06	100	1.67	28	28	3.59

b. Kalibrasi *Termocouple*

Kalibrasi termocouple merupakan kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar alat ukur ke standar nasional.

Kalibrasi membandingkan standar nasional menggunakan *termometer* sebagai acuan, setelah itu mencari temperatur aktualnya pada termokopel dengan persamaan (3.2)

$$y = mx + c \quad (3.2)$$

Dimana y merupakan 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 *termocouple data logger 32* chanel dengan termometer. Hasil dari kalibrasi *termocouple* dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Kalibrasi Termokopel

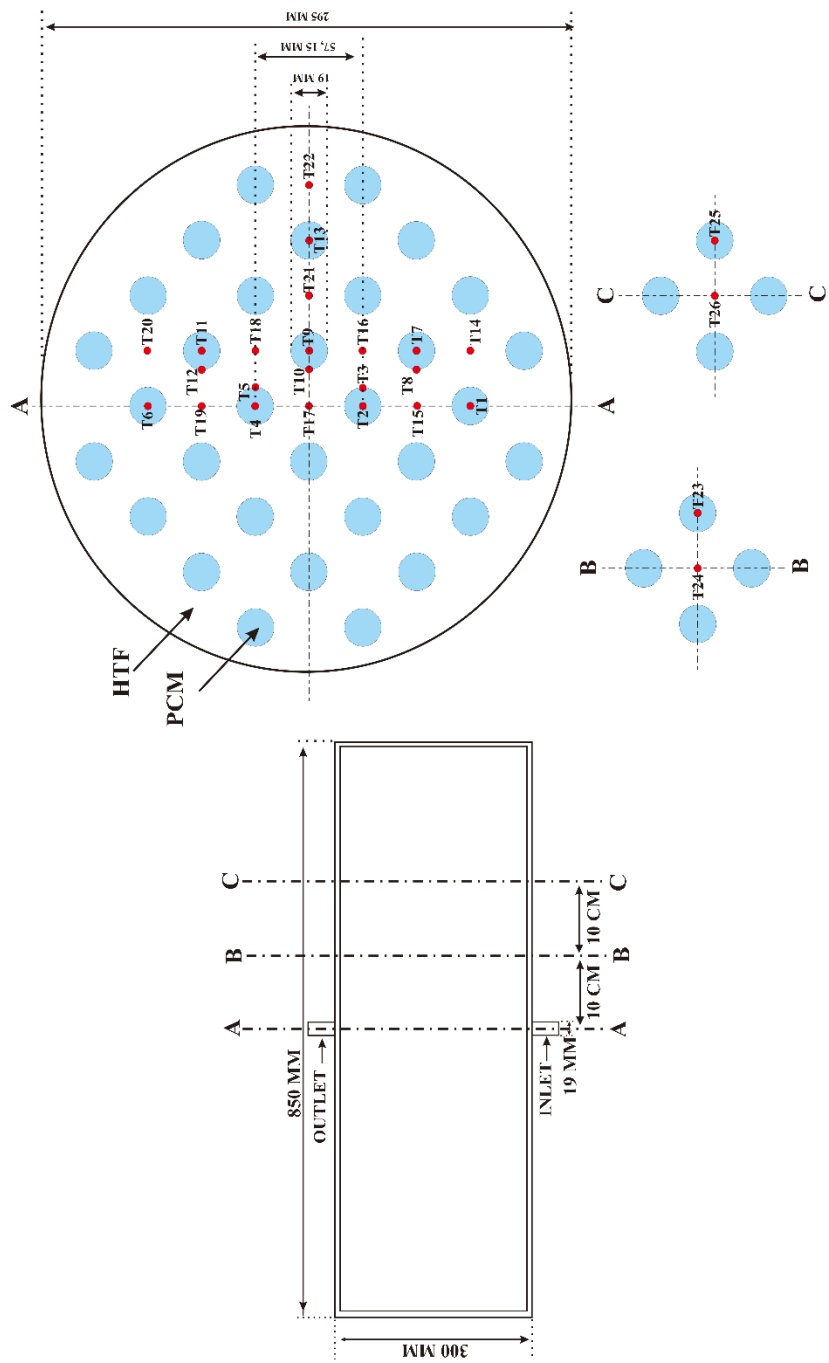
$T_{st,1} = 1.0004 \cdot T_1 - 3.12$	$T_{st,17} = 0.9687 \cdot T_{17} - 1.5254$
$T_{st,2} = 1.0013 \cdot T_2 - 2.9765$	$T_{st,18} = 0.9765 \cdot T_{18} - 1.9785$
$T_{st,3} = 1.002 \cdot T_3 - 3.0004$	$T_{st,19} = 0.9479 \cdot T_{19} - 0.2245$
$T_{st,4} = 0.979 \cdot T_4 - 1.401$	$T_{st,20} = 0.9539 \cdot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

c. Pengisian *Paraffin* Cu 10%

Penelitian ini menggunakan PCM campuran paraffin dengan serbuk tembaga 10%. Pengisian pada pipa tembaga diberi ruang 30% dari ruang total pipa tembaga tersebut dan Cu 10% diambil dari 70% total seluruh volume tabung.

d. Pemasangan *Termocouple*

Pemasangan *termocouple* pada pipa tembaga dilakukan setelah pengisian *paraffin* Cu 10% selesai dengan mengebor pipa tembaga pada bagian yang sudah ditetapkan. Letak pemasangan *termocouple* mengikuti gambar desain penempatan *termocouple* yang ditunjukkan pada gambar 3.10.



Gambar 3.12 Desain Penempatan Termokopel

e. Pengecekan Kebocoran Tangki

Tahap setelah pemasangan termocouple adalah pengecekan kebocoran tangki. Pengecekan disini dilakukan dengan cara tangki diisi dengan air dari kran sampai udara didalam tangki tidak ada kemudian pompa dihidupkan. Pompa dihidupkan bertujuan agar mengecek instalasi selain tangki ada kebocoran atau tidak, setelah semua instalasi dipastikan tidak ada kebocoran maka dapat dilanjutkan dengan pengambilan data.

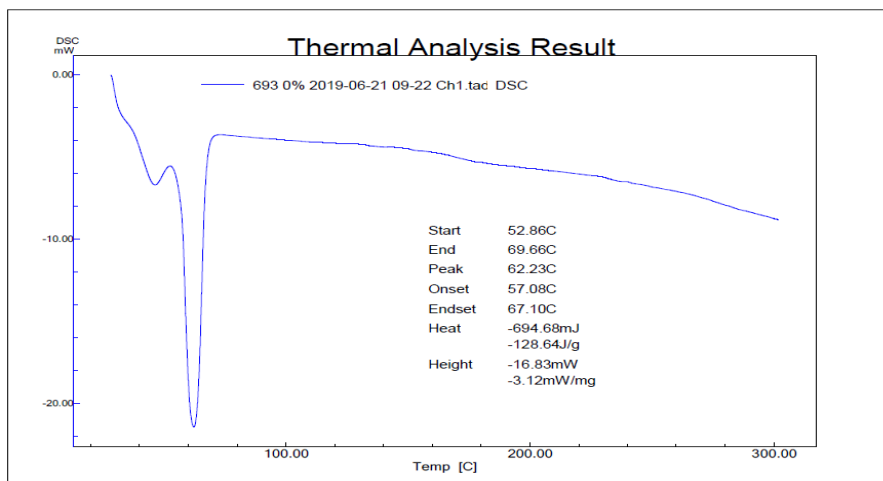
3.4.3.2 *Processing*

Tahap kedua yaitu *processing* yang dilakukan adalah pengambilan data saat proses *charging* selesai atau sudah mencapai *temperature* 70 °C. Pada proses ini *termocouple* 28, 31 dan 32 merupakan indikator dalam pengambilan data.

3.4.3.3 *Post-Processing*

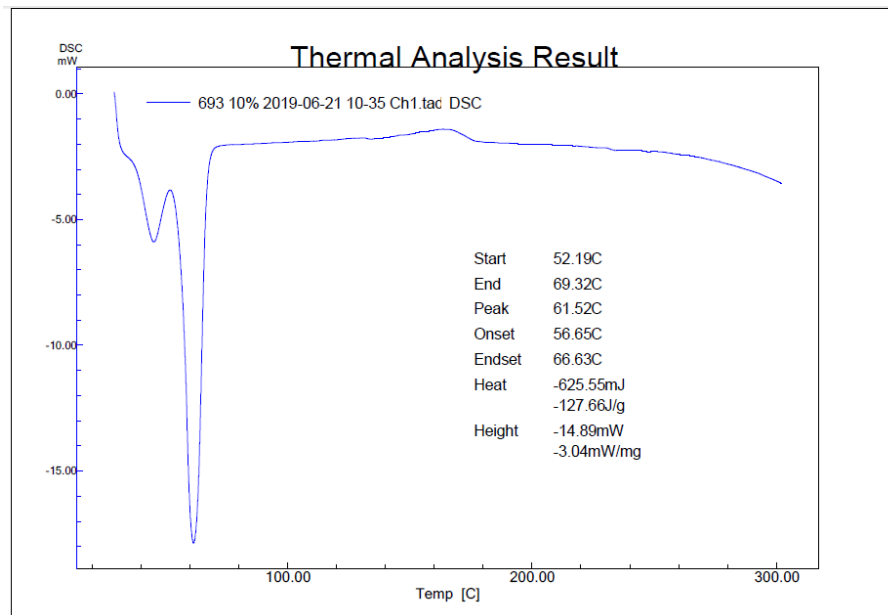
Setelah selesai melakukan pengambilan data tahap selanjutnya yaitu melihat data mentah dari *data logger* 32 *channel* dalam bentuk excel. Excel dari *data logger* kemudian kita olah menjadi grafik dan analisa grafik tersebut..

3.5. Hasil Uji DSC



Gambar 3.13 Hasil Uji DSC *Paraffin Wax*

Hasil uji DSC pada *paraffin wax* memiliki fungsi untuk menentukan nilai RUBITHERM dengan cara melihat nilai *Peak* dari hasil DSC. Nilai *Peak* dari *paraffin wax* menunjukkan pada suhu 62,23°C mengalami puncak leleh sehingga nilai RUBITHERM yang digunakan adalah RT-60. Hasil uji DSC juga digunakan untuk menentukan PCM mulai berubah fasa dan PCM berhenti mengalami perubahan fasa. Perubahan fasa pada PCM dilihat dari *start* suhu dan *stop* pada uji DSC. Penelitian ini, PCM mengalami perubahan fasa pada suhu 52,19°C dengan acuan dari uji DSC *paraffin wax* + Cu 10%.



Gambar 3.14 Hasil Uji DSC *Paraffin Wax* + Cu 10%