

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

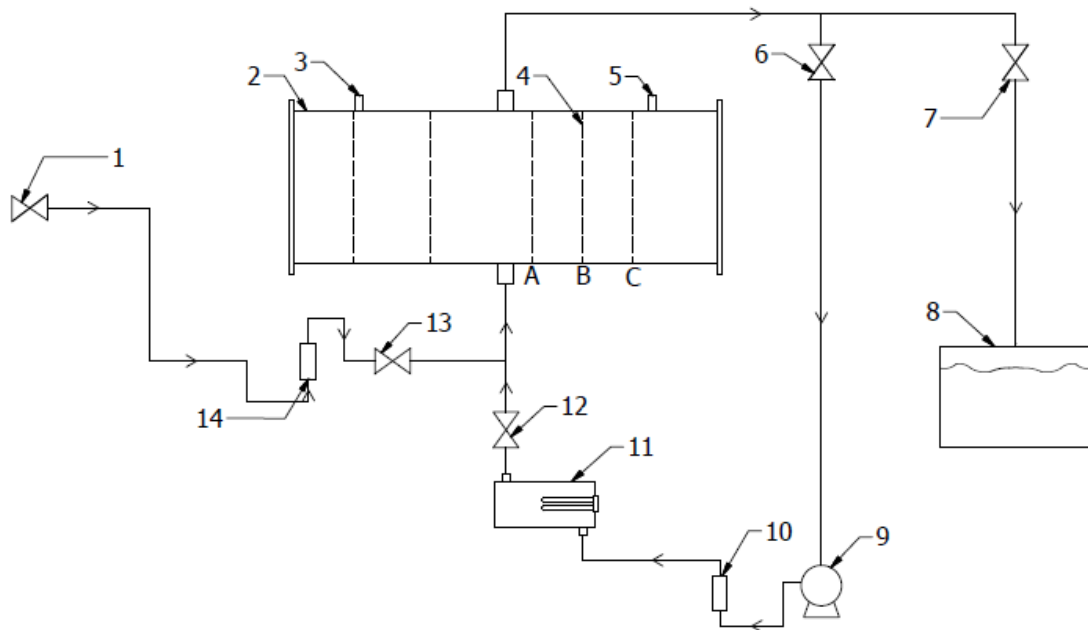
Penelitian ini menggunakan bahan berupa air yang berfungsi sebagai SHS, dengan karakteristik air dapat dilihat pada Tabel 2.1.

3.2. Alat Penelitian

Solar Water Heater yang digunakan untuk penelitian menerapkan sistem aktif dengan kapasitas air 60 liter seperti pada Gambar 3.1. Skema alat seperti pada Gambar 3.2 dan penempatan termokopel dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.1 *Solar Water Heater*



Gambar 3.2 Skema *Solar Water Heater*

Keterangan :

- (1) Katup *Supply Air*
- (2) Tangki SWH
- (3) Termokopel Masuk Sisi Kiri
- (4) Strimin
- (5) Termokopel Masuk Sisi Kanan
- (6) Katup *Charging* Keluar Tangki
- (7) Katup *Discharging* Keluar Tangki
- (8) Bak Air
- (9) Pompa
- (10) Rotameter Air *Charging*
- (11) *Heater*
- (12) Katup *Charging* Masuk Tangki
- (13) Katup *Discharging* Masuk Tangki
- (14) Rotameter Air *Discharging*

Proses dari skema *solar water heater* :

Sebelum penelitian dimulai, dilakukan proses pengisian air ke dalam tangki dengan cara membuka katup *discharging* masuk tangki, katup *charging* masuk tangki dan katup *charging* keluar tangki, lalu menutup katup *discharging* keluar tangki. Kemudian alirkan air secara kontinyu hingga tangki terisi penuh dengan membuka katup *supply* air. Setelah tangki terisi penuh, maka proses *charging* dilaksanakan. Saat proses *charging* selesai dilakukan, maka dilakukan proses *discharging*.

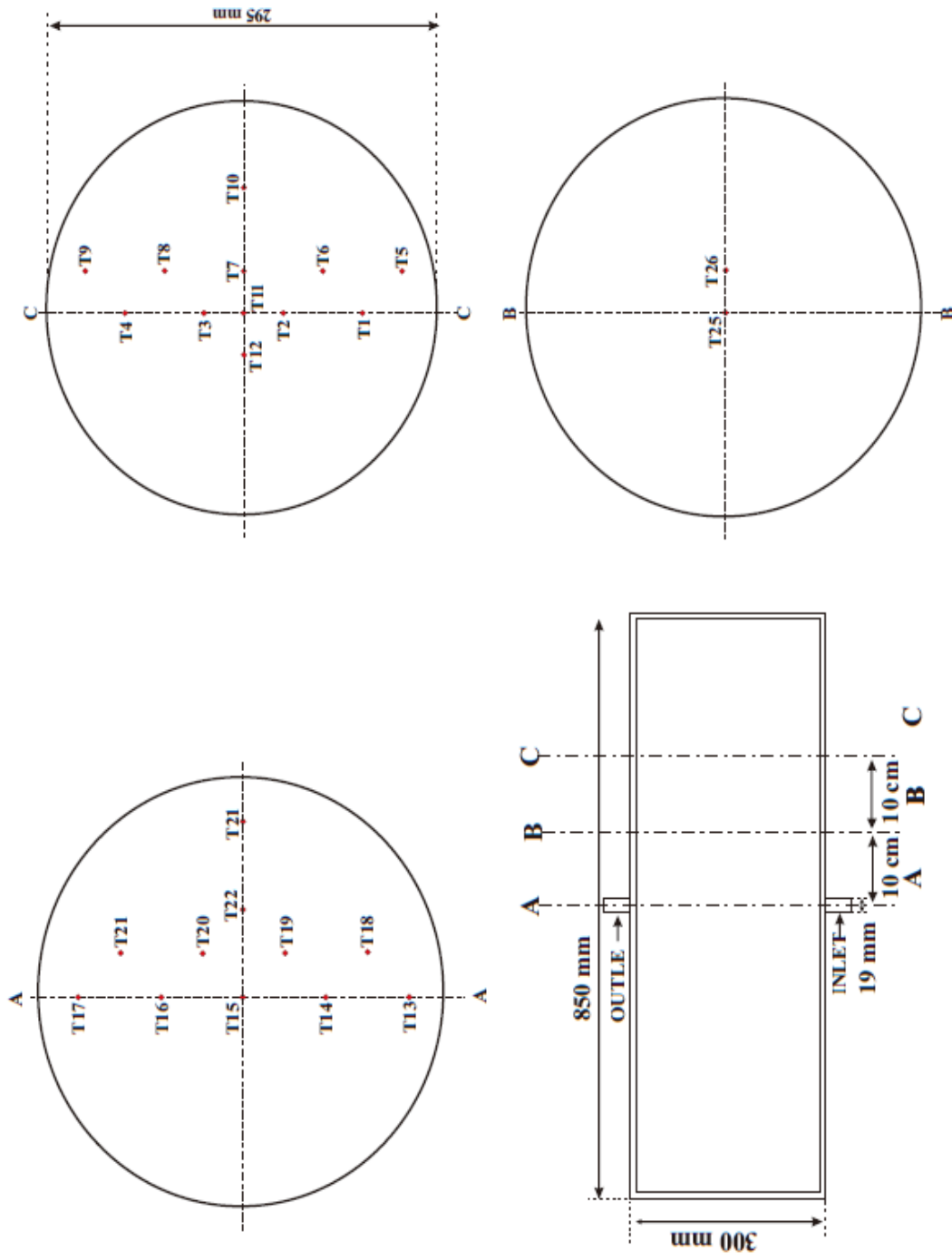
1. Proses *Charging*

Proses *charging* dilaksanakan dengan cara membuka katup *charging* masuk tangki dan katup *charging* keluar tangki, kemudian menutup katup *discharging* masuk tangki dan *discharging* keluar tangki. Setelah semua katup terbuka, aktifkan pompa agar air bersirkulasi dan atur debit air pada rotameter air *charging*. Setelah debit air diatur, maka air akan masuk ke dalam *heater*. Setelah melewati *heater*, air akan mengalir ke dalam tangki melewati katup *charging* masuk tangki, kemudian air akan keluar dari tangki menuju ke pompa melewati katup *charging* keluar tangki. Lalu air akan bersirkulasi dalam rangkaian *charging* ini hingga suhu air keluar tangki mencapai 70°C.

2. Proses *Discharging*

Proses *discharging* dilaksanakan dengan cara membuka katup *discharging* masuk tangki dan katup *discharging* keluar tangki. Kemudian menutup katup *charging* masuk tangki dan katup *charging* keluar tangki. Setelah semua katup terbuka, maka alirkan air secara kontinyu ke dalam tangki dengan membuka katup *supply* air. Debit air yang dialirkan ke dalam tangki diatur menggunakan rotameter air *discharging*. Debit air diatur sesuai dengan variasi debit air yang dipakai yaitu 1;1,5;2;2,5 LPM. Setelah debit air diatur, maka air akan mengalir menuju tangki dengan melewati katup *discharging* masuk tangki. Di dalam tangki, terdapat lima

strimin, dimana dua strimin pada sisi kiri tangki tidak terdapat termokopel dan tiga strimin pada sisi kanan tangki terdapat termokopel dan di dalam tangki tersebut air akan mengalami proses transfer kalor. Lalu air akan keluar dari tangki melewati katup *discharging* keluar tangki menuju ke bak air. Proses *dicharging* akan dihentikan ketika suhu pada bak air mencapai 35°C.



Gambar 3.3 Penempatan Termokopel Pada Strimin dan Posisi Strimin Pada Tangki SWH

Komponen-komponen SWH yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tangki *Solar Water Heater*

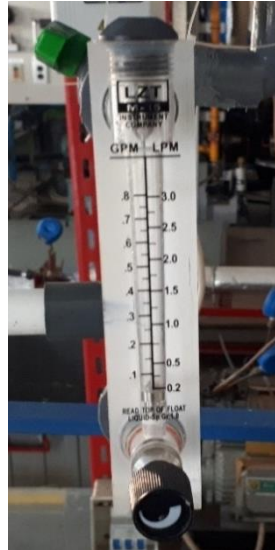
Energi termal yang dihasilkan oleh air dari sistem aktif disimpan pada tangki SWH. Energi termal mampu keluar dari tangki SWH. Penggunaan *glass wool* dan *aluminium foil* pada permukaan tangki bertujuan untuk menghilangkan energi termal yang keluar atau *heat loss*. Tangki ini memiliki dimensi berupa panjang 850 mm, diameter 300 mm, dan kapasitas sebesar 60 liter dengan material tangki berupa *stainless steel* seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Tangki *Solar Water Heater*

2. Rotameter Air

Variasi debit air pada penelitian *discharging* kontinyu ini diatur menggunakan rotameter air. Kapasitas maksimal debit air yang dapat terukur oleh rotameter air adalah 3 LPM atau 0.8 GPM. Temperatur maksimal, tekanan maksimal, dan *accuracy* pada rotameter air yang digunakan secara berturut-turut adalah 80°C/176°F, 1 Mpa/150 psig, dan $\pm 4\%$ FS. Rotameter air yang digunakan adalah tipe LZT M-15 seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rotameter Air

3. Data logger

Data logger yang digunakan pada penelitian ini adalah *apilent temperature data logger*. Data logger berfungsi untuk membaca *output* suhu pada 32 termokopel pada tangki SWH. Data logger yang digunakan memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 3.1 dan ditunjukkan seperti pada Gambar 3.6.

Tabel 3.1 Spesifikasi Data Logger

Jenis Spesifikasi	Keterangan
Akurasi	0,2% + 1°C
Rentang	-200°C ~ 1300°C (bervariasi tergantung pada wisuda)
Resolusi	0,1°C
Saluran	32 saluran ; 128 saluran yang tersedia
Kecepatan	Cepat : 100 ms/channel ; Medium : 500 ms/channel
Koreksi	Kesalahan yang benar untuk setiap saluran

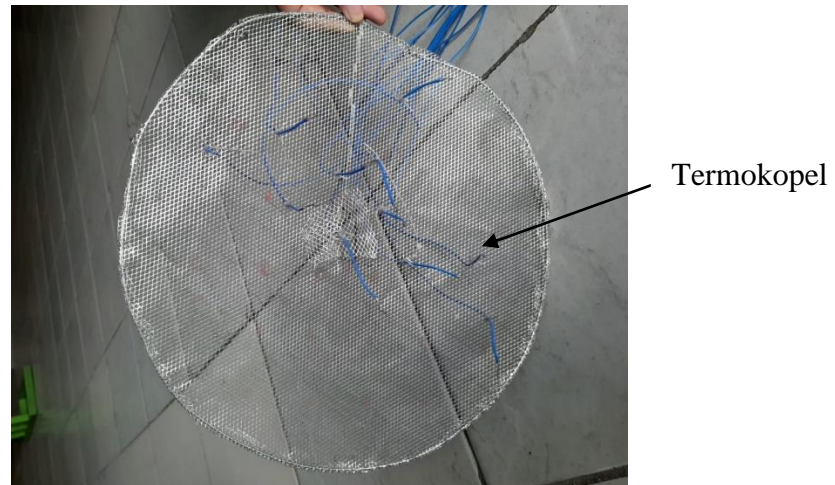
Tabel 3.2 Spesifikasi Data *Logger* (lanjutan)

Jenis Spesifikasi	Keterangan
<i>Power Supply</i>	Tegangan : 85 VAC – 260 VAC ; Frekuensi : 50 Hz/60 Hz ; Daya : 10 VA
Dimensi dan Berat	216 mm (lebar) × 88 mm (tinggi) × 300 mm (kedalaman) ; 3 kg

**Gambar 3.6** Applent Temperature Data Logger

4. Termokopel dan Strimin

Termokopel dipasang pada strimin, permukaan pipa, dan bak air yang berfungsi untuk mengukur suhu air. Strimin berfungsi sebagaiudukan untuk termokopel. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Termokopel dan Strimin

5. Selang Air

Selang air digunakan untuk mengalirkan air secara kontinyu dari katup ke tangki SWH pada proses *discharging* kontinyu berlangsung dengan diameter $\frac{3}{4}$ inch dan panjang 12 meter seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Selang Air

6. Bak Air

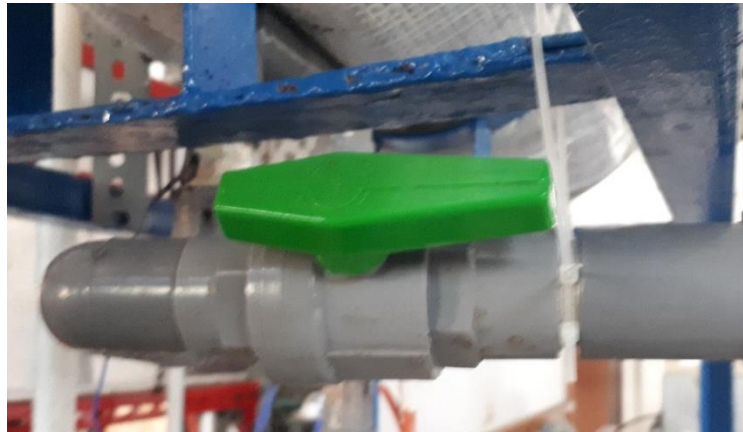
Bak air berfungsi sebagai penampung air pada proses *discharging* kontinyu dan sebagai tempat penyimpanan termokopel *output* tangki. Kapasitas penyimpanan bak air ini sebesar 130 liter dengan dimensi 66,5 cm × 53,5 cm × 45,5 cm seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Bak Air

7. Katup

Katup berfungsi sebagai pembuka atau penutup aliran air pada proses *discharging* kontinyu dan *charging*. Jenis katup yang digunakan adalah *ball valve* PVC polos *stainless steel* ukuran $\frac{3}{4}$ inch seperti yang terlihat pada Gambar 3.10.



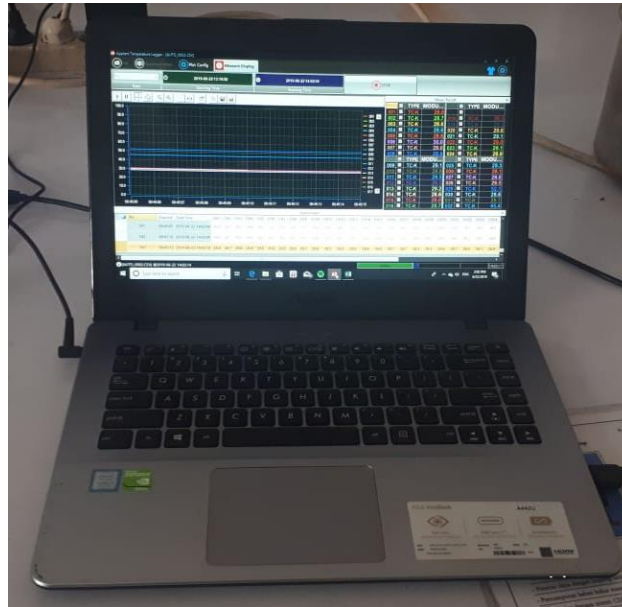
Gambar 3.10 Katup

8. Laptop

Laptop digunakan untuk merekam *output* suhu dari data *logger*. Spesifikasi laptop yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.2 dan seperti pada Gambar 3.11.

Tabel 3.3 Spesifikasi Laptop

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



Gambar 3.11 Laptop

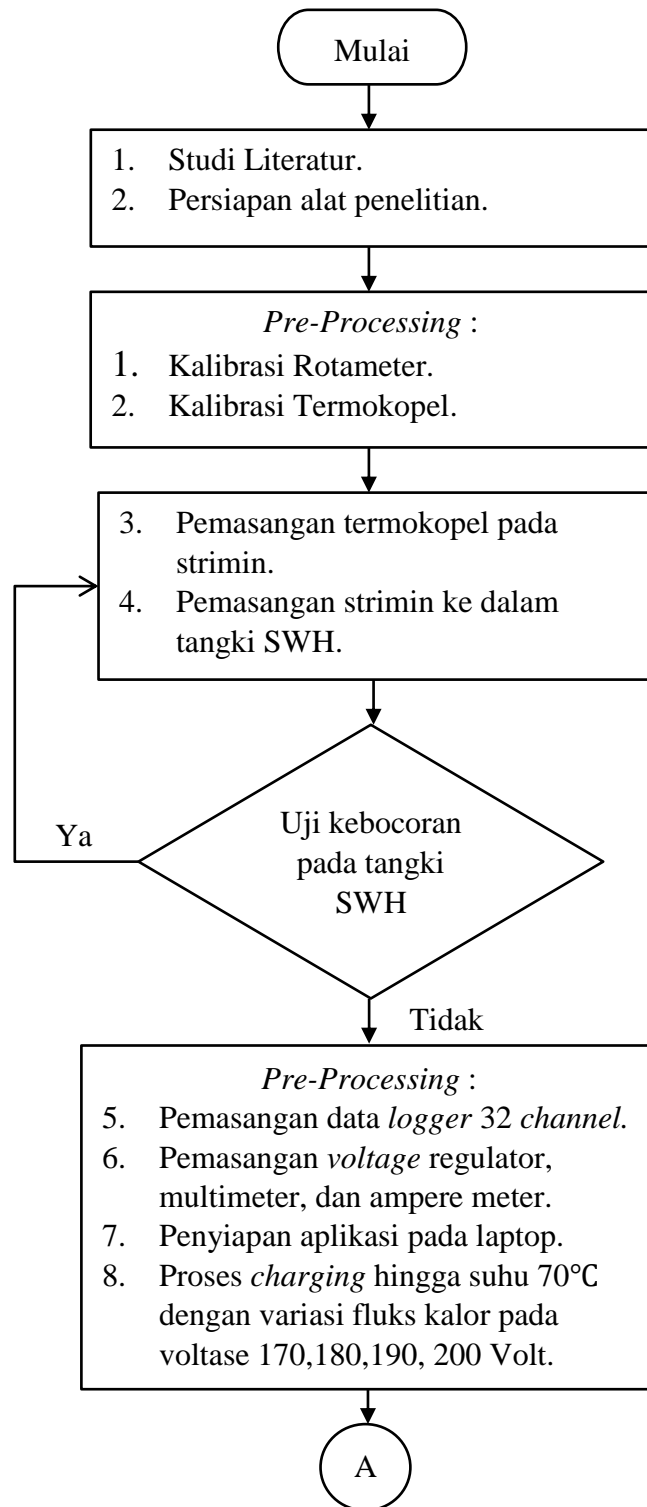
3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1 Variasi Penelitian

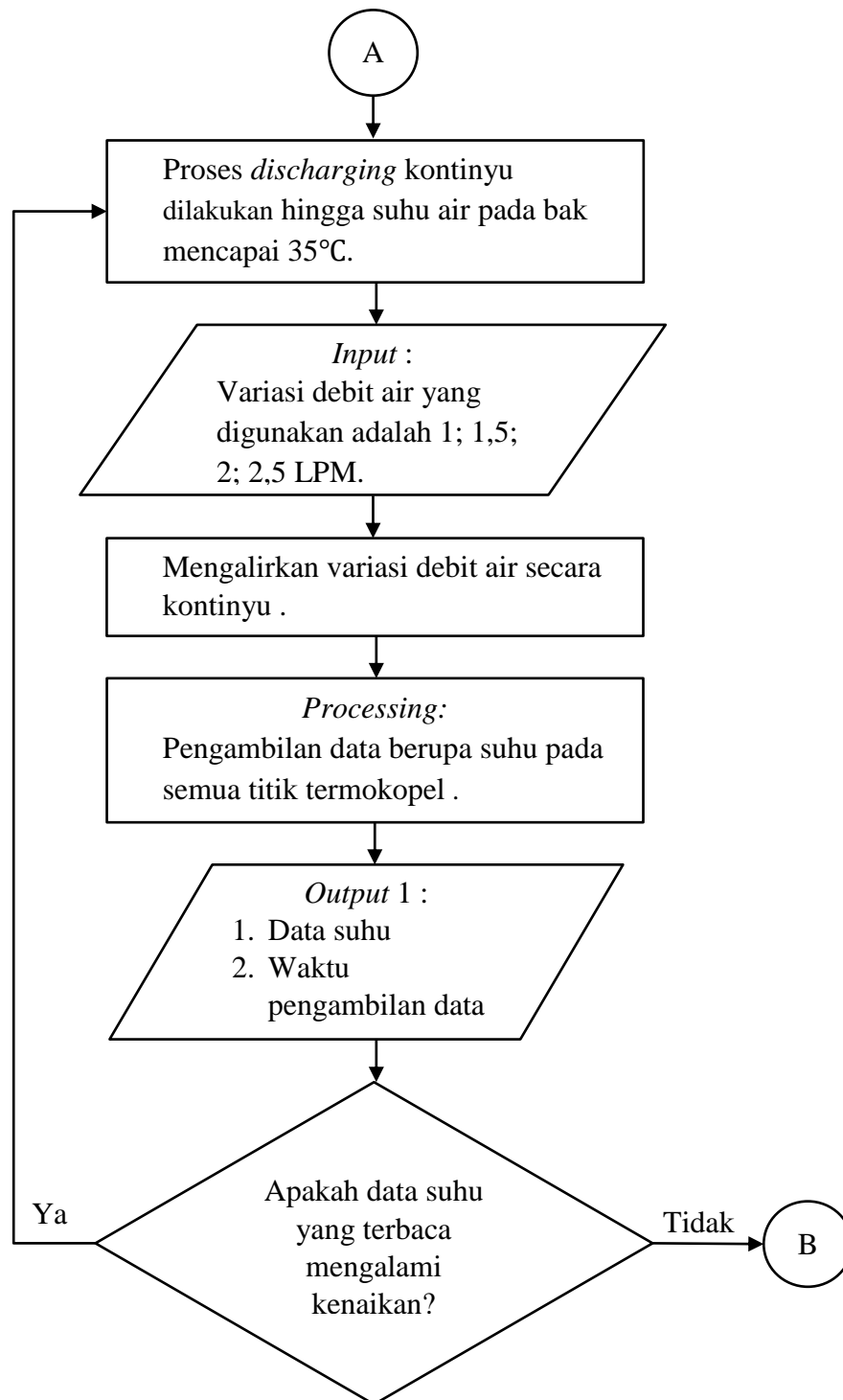
Variasi penelitian menggunakan variasi debit air. Ada empat variasi debit air yang digunakan yaitu 1; 1,5; 2; 2,5 LPM.

3.3.2 Diagram Alir Penelitian

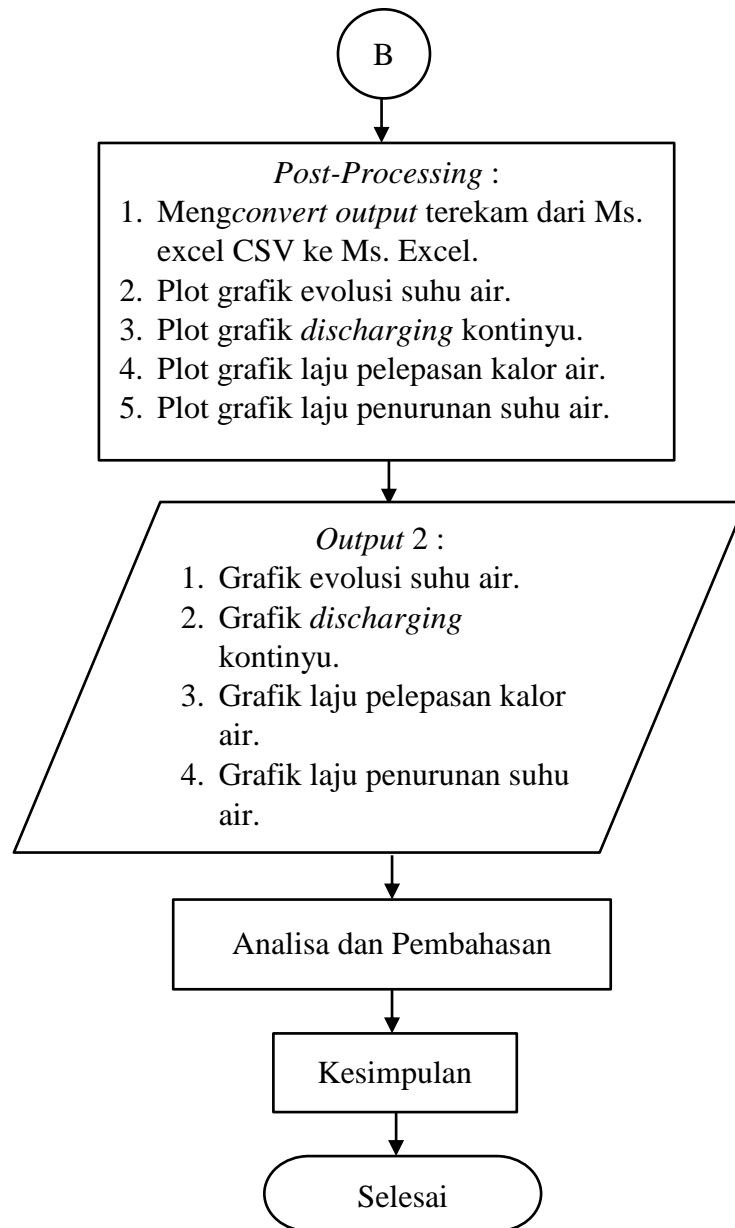
Proses penelitian dapat dilihat pada diagram alir yang terdapat pada Gambar 3.12 berikut ini.



Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)



Gambar 3.14 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

3.3.3 Langkah Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan mencari referensi jurnal yang berkaitan dengan kasus yang dibahas. Setelah studi literatur dan mendapatkan referensi jurnal, maka dilakukanlah pembuatan tangki SWH dan dudukannya. Setelah pembuatan tangki SWH selesai, selanjutnya melakukan tahapan penelitian yang terbagi menjadi tiga proses, yaitu *pre-processing*, *specific processing*, dan *post-processing*.

3.3.3.1. Pre-Processing

Pre-processing merupakan tahap persiapan yang dilakukan sebelum penelitian dimulai. Tahapan-tahapan yang harus dilakukan pada *pre-processing* meliputi kalibrasi rotameter, kalibrasi termokopel, pemasangan termokopel pada strimin, pemasangan strimin pada tangki SWH, dan uji kebocoran pada tangki SWH.

a. Kalibrasi Rotameter

Tujuan dilakukannya kalibrasi rotameter yaitu untuk memastikan bahwa hasil yang terukur pada rotameter merupakan hasil yang akurat. Kalibrasi ini dilakukan dengan cara mengatur debit air sesuai dengan urutan nilai yang terbaca oleh rotameter dari urutan terendah hingga urutan tertinggi dengan menggunakan satuan LPM. Setelah debit diatur, maka tampung air menggunakan gelas ukur dengan kapasitas 100 ml hingga penuh. Saat sedang menampung air, siapkan *stopwatch* guna mengetahui waktu yang diperlukan air untuk memenuhi gelas ukur. Lalu catat waktu yang ditunjukkan pada *stopwatch* saat gelas ukur penuh untuk mengetahui debit aktualnya. Debit aktual dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$Q_{\text{aktual}} = (V/S) \times (60/1000) \quad (3.1)$$

dengan Q_{aktual} adalah debit aktual dalam LPM, V adalah volume gelas ukur dalam ml, s adalah waktu dalam detik. Hasil debit aktual dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Debit Aktual

Rotameter	DC Power Supply		Terukur		Suhu Air		Q Aktual
	Voltase	Arus	Volume	Waktu	Awal	Akhir	
[LPM]	[Volt]	[Ampere]	[mL]	[detik]	[°C]	[°C]	LPM
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
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

Setelah mendapat hasil debit aktual maka mencari persamaan Q_{aktual} menggunakan grafik dan persamaan yang didapat seperti pada persamaan berikut :

$$Q_{\text{aktual}} = 1,1526 \cdot Q_{\text{rotameter air}} + 0,0552 \quad (3.2)$$

dengan Q_{aktual} adalah debit aktual dalam LPM dan $Q_{\text{rotameter air}}$ adalah debit terbaca dari rotameter air.

b. Kalibrasi Termokopel

Tujuan dilakukannya kalibrasi termokopel yaitu untuk mengecek akurasi hasil yang terbaca pada termokopel dengan cara membandingkannya dengan termometer. Kalibrasi ini dilakukan dengan cara menyediakan air panas dalam wadah kemudian masukan termokopel dan termometer bersamaan, kemudian pada waktu lima menit catat suhu yang terbaca pada termokopel dan termometer. Hal ini dilakukan hingga suhu termometer mencapai 70 °C. Setelah suhu termometer mencapai 70 °C, maka dilakukan kalibrasi dengan cara membuat grafik. Setelah grafik selesai maka persamaan yang digunakan untuk kalibrasi adalah persamaan berikut :

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

dimana y merupakan persamaan linier, m adalah konstanta gradien, dan c adalah titik potong sumbu y. Hasil kalibrasi termokopel dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut :

Tabel 3.5 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. Pemasangan Termokopel Pada Strimin

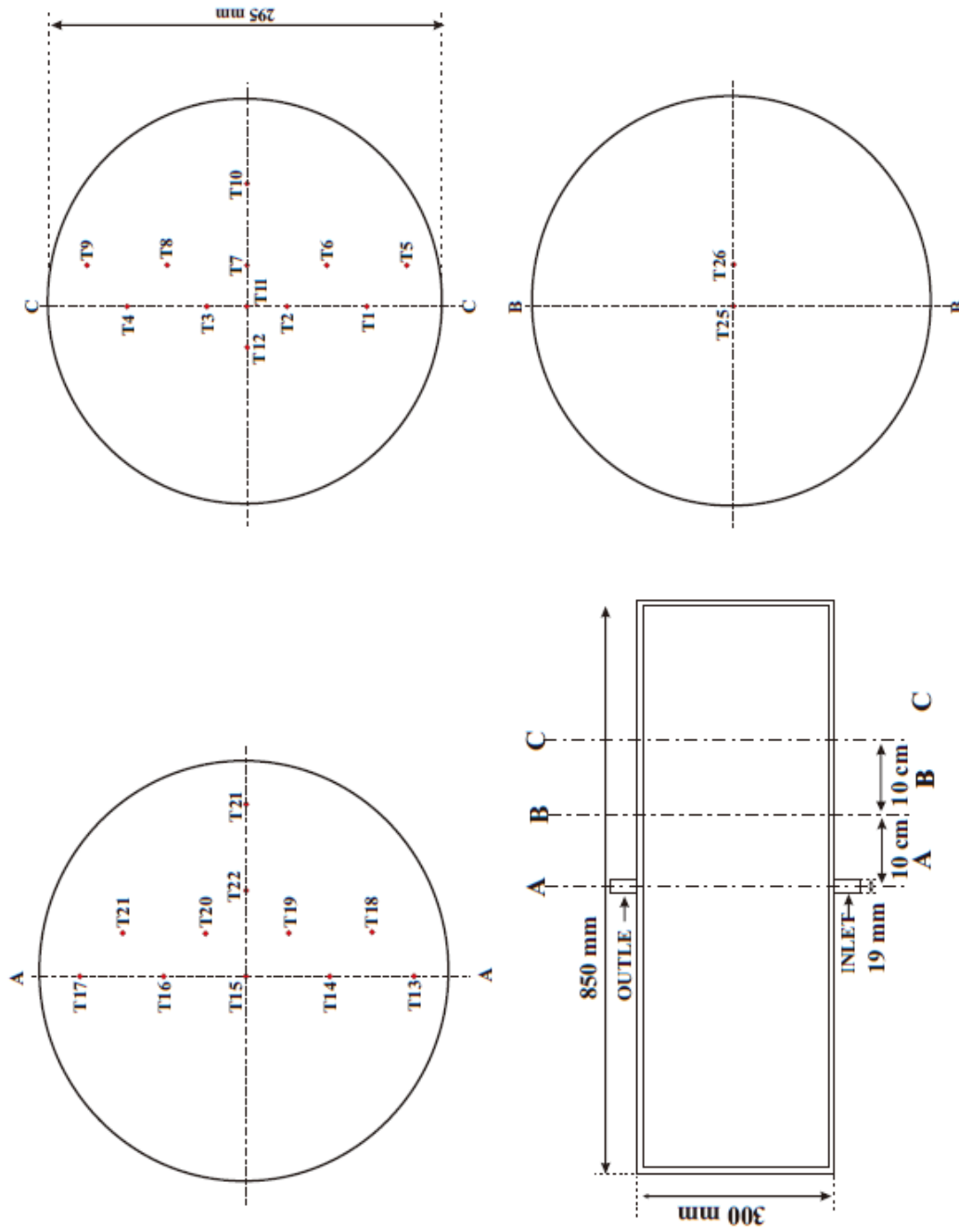
Sebelum pemasangan termokopel, lembaran strimin dipotong membentuk lingkaran dengan diameter 295 mm. Kemudian jahit termokopel pada strimin dengan penempatan termokopel seperti pada Gambar 3.15.

d. Pemasangan Strimin ke dalam Tangki SWH

Setelah termokopel terpasangan pada strimin, kemudian dilakukan proses pemasangan strimin ke dalam tangki SWH dengan jarak tiap strimin adalah 10 cm.

e. Uji Kebocoran Pada Tangki SWH

Setelah strimin terpasang dalam tangki, selanjutnya adalah proses uji kebocoran tangki. Hal ini dilakukan dengan cara mengisi air ke dalam tangki hingga penuh. Apabila tangki SWH mengalami kebocoran, maka cek posisi strimin apakah sudah terletak pada posisinya dan cek tangki apakah ada celah yang membuat air mengalir keluar tangki, lalu perbaiki posisi strimin dan tutup celah pada tangki untuk mengatasi kebocoran. Jika tidak mengalami kebocoran, maka lakukan pemasangan data *logger 32 channel*, *voltage regulator*, multimeter dan ampere meter. Kemudian siapkan aplikasi yang akan digunakan pada pengujian. Selanjutnya, anggota kelompok melakukan proses *charging*. Setelah proses *charging* mencapai suhu 70°C, maka lakukan proses *processing*.



Gambar 3.15 Penempatan Termokopel Pada Strimin

3.3.3.2. *Processing*

Processing merupakan tahapan pengambilan data. Proses ini diawali dengan mengaktifkan sistem *discharging* dengan cara membuka katup *discharging*, memasang selang ke katup *supply* air, dan mengalirkan air secara kontinyu sesuai dengan variasi debit air. Pengambilan data berupa suhu dilakukan saat variasi debit air sudah diatur hingga suhu pada T28 di bak air mencapai 35°C. Proses *discharging* yang dilakukan adalah *discharging* kontinyu dengan variasi debit air 1; 1,5; 2; dan 2,5 LPM. Setelah suhu mencapai 35°C, maka didapatkan data suhu dan waktu selama pengambilan data. Data suhu tersebut kemudian diperhatikan dengan seksama apakah terdapat suhu yang mengalami kenaikan selama pengambilan data. Jika terdapat kenaikan suhu, maka ulangi kembali proses pengambilan data dan jika tidak terdapat kenaikan suhu, lakukan proses *post-processing*.

3.3.3.3. *Post-Processing*

Post-processing merupakan tahapan lanjutan setelah pengambilan data. Setelah pengambilan data akan didapat data yang terekam dalam Ms. Excel CSV. Kemudian data tersebut di *convert* ke Ms. Excel. Pengolahan data dilakukan dengan cara membuat plot grafik evolusi suhu air, grafik *discharging* kontinyu, grafik laju pelepasan kalor air, dan grafik laju penurunan suhu air terhadap waktu selama proses *discharging* kontinyu.

Setelah pengolahan data, maka akan didapatkan *output* berupa grafik evolusi suhu air pada arah vertikal penampang A-A, vertikal penampang C-C, horizontal, dan aksial, grafik *discharging* kontinyu, grafik laju pelepasan kalor air, dan grafik laju penurunan suhu air. Kemudian dilakukan analisa dan pembahasan serta dilakukan penarikan kesimpulan untuk pengujian yang telah dilakukan. Dengan demikian berakhirilah pengujian ini.