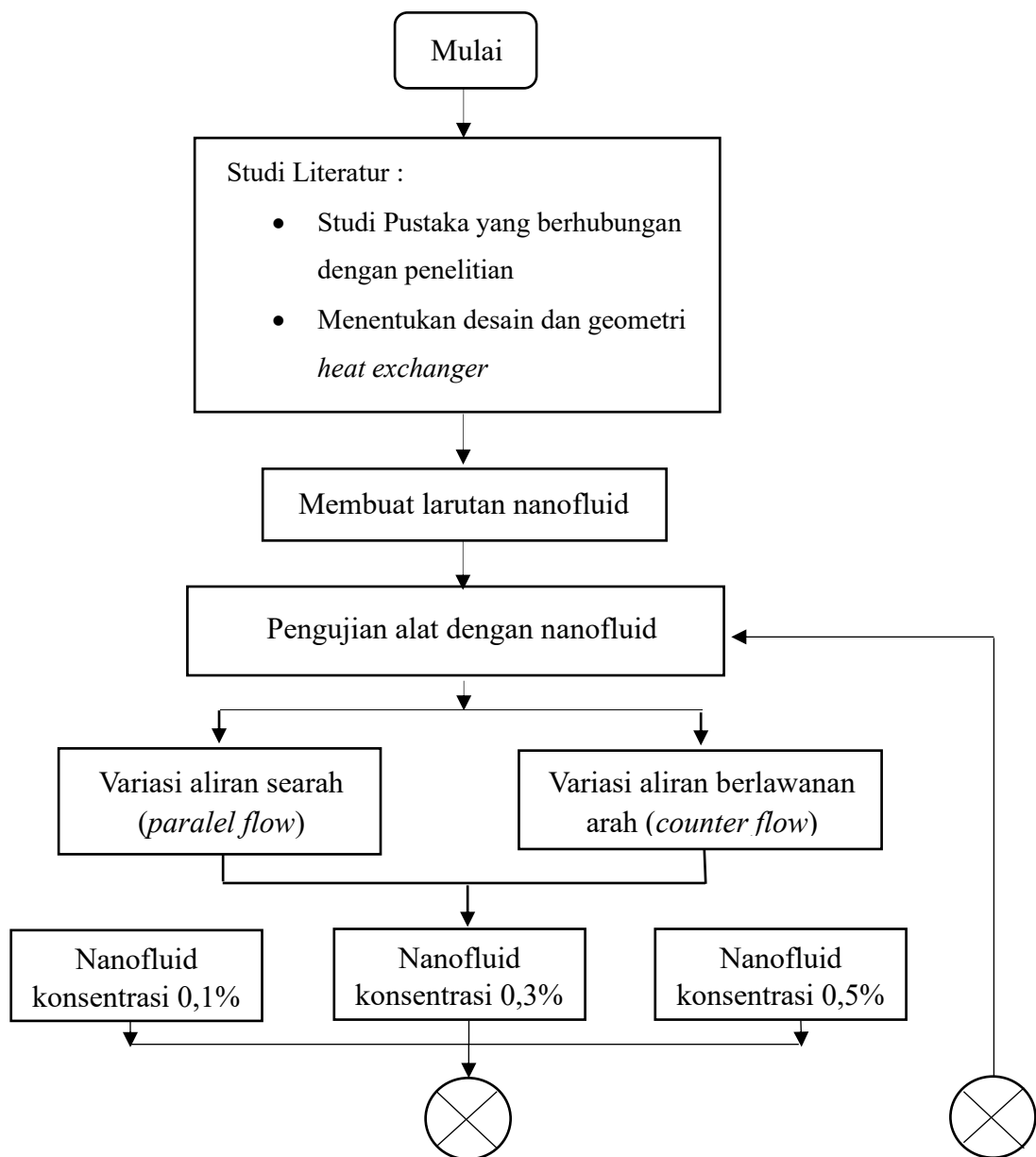


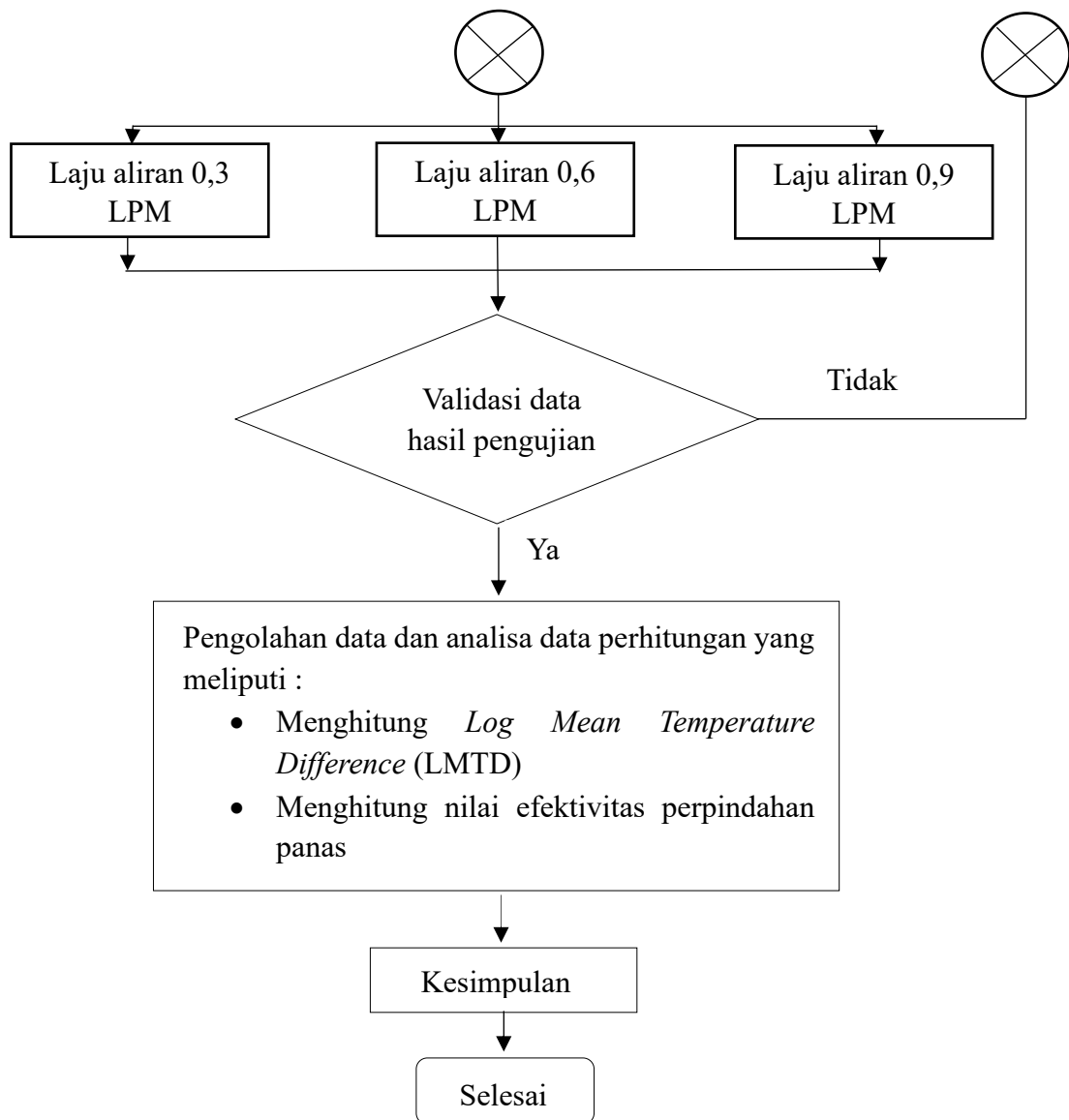
# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Di bawah ini merupakan diagram alir penelitian kinerja *double pipe heat exchanger* pada sistem pendingin baterai lithium-ion.





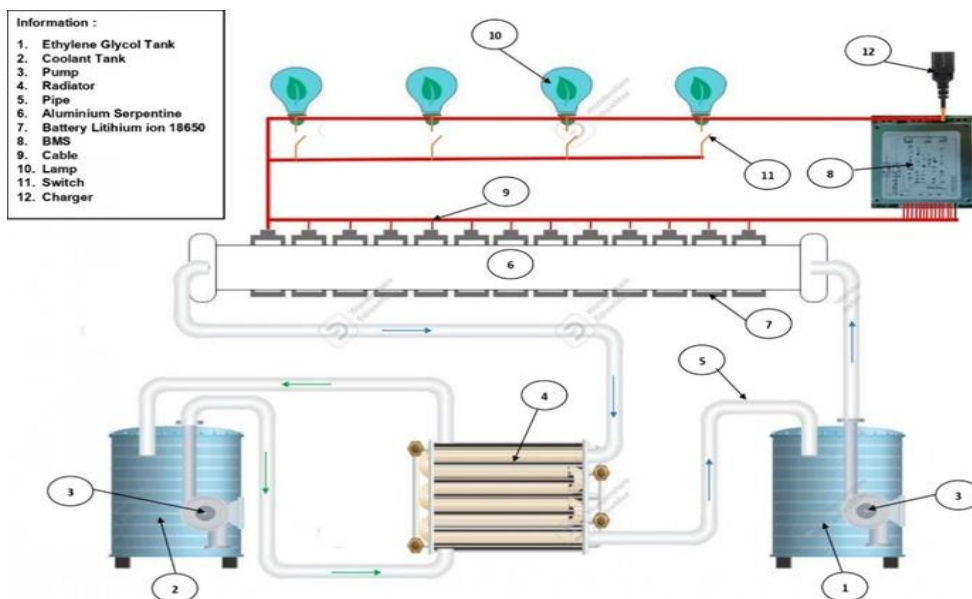
**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Rancangan Sistem Pendingin Baterai

Baterai yang akan didinginkan adalah 13 buah baterai yang dirangkai secara seri. Rangkaian baterai ini dihubungkan ke beban lampu. Rangkaian lampu yang akan digunakan adalah rangkaian 4 seri dan 3 paralel, dimana untuk menyalakan satu paralel lampu diperlukan arus sebesar 1,68 A. Jenis lampu yang digunakan adalah lampu halogen dengan tegangan 12 V daya 21 W. Dengan menyalnya rangkaian beban lampu, maka akan terjadi proses *electrochemical* dan *joule heating* pada baterai yang menyebabkan baterai

panas (Kurniawan, 2020). Maka untuk mengurangi panas, baterai diapit oleh dua *wavy channel* (sirkuit bergelombang) yang didalamnya dialiri fluida jenis nanofluid.

Selama dilakukan pengujian, mesin pendingin harus dijalankan. Nanofluid dialirkan melalui anulus menggunakan pompa menuju *wavy channel*. Setelah nanofluid mengalir *wavy channel*, nanofluid dialirkan kembali ke *inner pipe double heat exchanger heat exchanger* dan selanjutnya dialirkan ke tangki penampungan. Bersamaan dengan dialirkannya nanofluid, coolant juga dialirkan dari tangki penampungan menggunakan pompa menuju anulus *double pipe heat exchanger* dan dari outlet anulus, coolant sirkulasi kembali ke tangki penampungan. Pengambilan data pengujian dilakukan dengan memvariasikan arah aliran fluida dalam *double pipe heat exchanger*. Gambar dibawah ini menunjukkan skema rancangan sistem pendingin baterai.



**Gambar 3. 2** Skema alat uji sistem pendinginan

### 3.3 Alat dan Bahan yang digunakan

Adapun alat dan bahan yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 1. *Wavy Mini Channel*

*Wavy mini channel* adalah sirkuit bergelombang yang digunakan sebagai pendingin baterai lithium-ion. Sirkuit bergelombang ini terbuat dari alumunium, yang sering digunakan sebagai media penukar panas pada sistem baterai lithium ion.



**Gambar 3. 3** Wavy mini channel

#### 2. Rangkaian Baterai

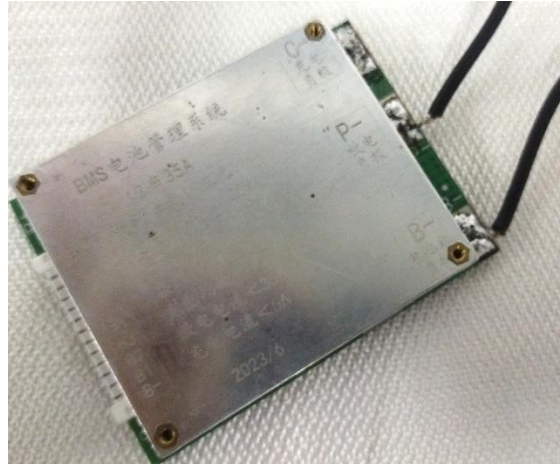
Baterai yang digunakan adalah jenis lithium ion dengan tegangan 3,7 V. Baterai lithium ion merupakan salah satu jenis baterai sumber arus sekunder yang dapat diisi ulang. Sebanyak 13 buah baterai lithium diserikan dengan total tegangan mencapai 54,4 V.



**Gambar 3. 4** Rangkaian baterai

### 3. *Battery Management System (BMS)*

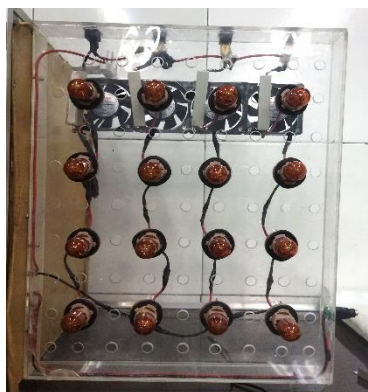
*Battery Management System (BMS)* adalah sistem elektronik yang berfungsi untuk mengatur, memonitoring, dan menjaga baterai dari kondisi-kondisi yang dapat merusak baterai.



**Gambar 3. 5** *Battery Management System (BMS)*

### 4. Rangkaian beban lampu

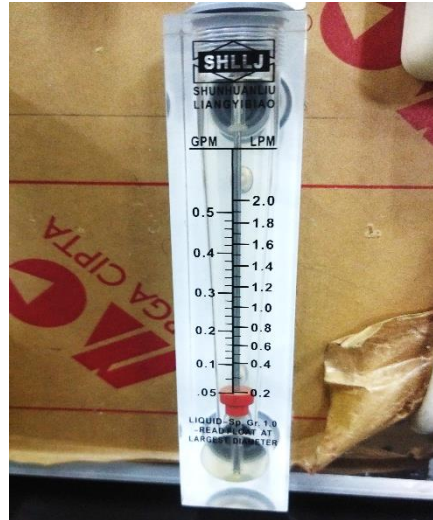
Rangkaian beban lampu yang digunakan adalah 4 seri dan 3 paralel, lampu yang digunakan jenis halogen dengan tegangan 12 V dan daya 21 W dan digunakan resistor 22 W 27 Ohm yang berfungsi untuk menghambat dan mengatur arus listrik pada rangkaian lampu. Jika lampu dinyalakan maka arus yang digunakan adalah 5,07 A dan daya baterai sebesar 318 W. *Fan* dipasang dibelakang beban rangkaian lampu untuk mengurangi panas resistor.



**Gambar 3. 6** Rangkaian beban lampu

### 5. Rotameter

Rotameter adalah alat yang mengukur tingkat aliran cair atau gas dalam tabung tertutup.



**Gambar 3. 7** Rotameter

### 6. *Battery Indicator*

*Battery Indicator* adalah suatu perangkat elektronik yang menginformasikan kondisi baterai. *Battery indicator* yang digunakan berfungsi untuk mengukur tegangan dan *State of Charge* (SOC) atau persentase kapasitas baterai.



**Gambar 3. 8** *Battery Indicator*

### 7. *Double pipe heat exchanger*

Alat penukar kalor yang digunakan adalah *double pipe heat exchanger*.



**Gambar 3. 9** *Double pipe heat exchanger*

**Tabel 3. 1** *Klasifikasi Double pipe heat exchanger*

<b>Data</b>	<b>mm</b>	<b>m</b>
Diameter Anulus	48	0,048
Diameter Sambungan Anulus	22	0,022
Panjang Anulus	400	0,4
Panjang Sambungan Anulus	50	0,05
Diameter Inner Pipe	9,52	0,00935

### 8. Selang

Selang air yang digunakan adalah ukuran 3/8 inchi dengan diameter dalam 9,5 mm.



**Gambar 3. 10** Selang

### 9. Nanofluid

Nanofluid adalah fluida yang akan dialirkan untuk mendinginkan baterai. Konsentrasi nanofluid yang digunakan ada 3 yaitu 0,1%, 0,3% dan 0,5%. Berikut adalah komposisi untuk setiap nanofluid.

**Tabel 3. 2** Komposisi nanofluid dalam 1 liter

Nanofluid 0,1%			Nanofluid 0,3%			Nanofluid 0,5%		
Air (ml)	Etilen glikol (ml)	CNC (gr)	Air (ml)	Etilen glikol (ml)	CNC (gr)	Air (ml)	Etilen glikol (ml)	CNC (gr)
600	400	0,63	600	400	1,89	600	400	3,15



**Gambar 3. 11** Larutan Nanofluid

### 10. Coolant

Fluida pendingin yang digunakan untuk mendinginkan nanofluid adalah coolant dengan merek MAESTRO.



**Gambar 3. 12** Coolant



### 11. Pompa Air

Pompa yang digunakan adalah pompa air dengan daya 25 W dan *output* maksimal 2200 L/jam. Pompa ini akan digunakan untuk mengalirkan fluida ke *heat exchanger*.



**Gambar 3. 13** Pompa air

### 12. Termokopel

Termokopel adalah alat yang mampu mengukur suhu sampai 2300 °C. Dalam penelitian ini digunakan 2 termokopel yang berbeda.



**Gambar 3. 14** Termokopel Merek HTI



**Gambar 3. 15** Termokopel Merek Mastech

**Tabel 3. 3** Klasifikasi Termokopel

Termokopel HTI		Termokopel MASTECH	
Temperature Range	Accuracy	Temperature Range	Accuracy
-200 °C-1372 °C	<100°C = 0,1°C	-200°C to +1372°C	±0,2 °C

13. *Hygrometer*

*Hygrometer* adalah alat yang dipakai dalam pengukur kelembaban relatif udara dan suhu ruangan.

**Gambar 3. 16** *Hygrometer*

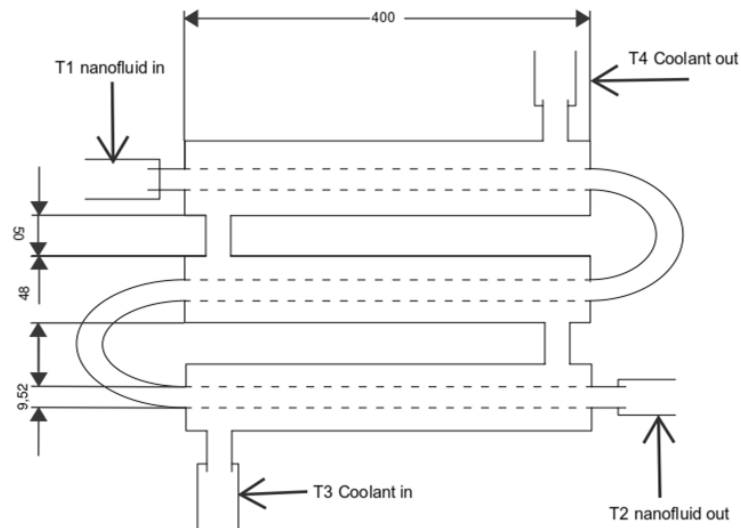
## 14. Charger 48 V

Charger ini digunakan untuk mengisi baterai.

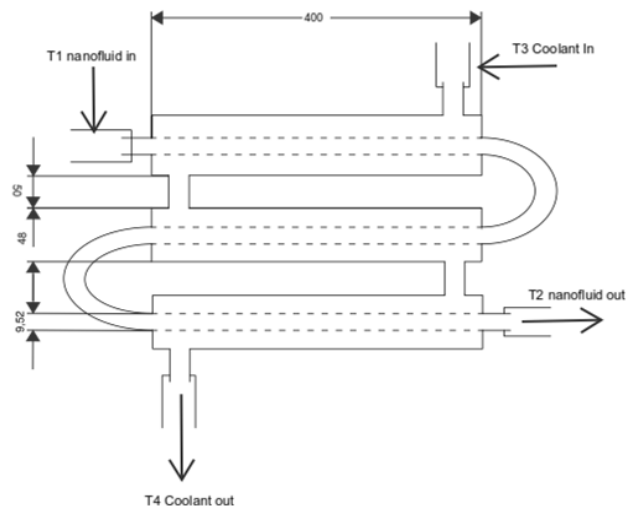
**Gambar 3. 17** Charger 48 V

### 3.4 Penempatan Titik Pengukuran

Penempatan titik pengukuran pada double pipe heat exchanger merupakan hal yang penting untuk mengetahui nilai temperatur pada setiap pengujian yang dilakukan.



**Gambar 3. 18** Penempatan titik pengukuran pada variasi arah aliran berlawanan arah (*counter flow*)



**Gambar 3. 19** Penempatan titik pengukuran pada variasi arah aliran searah (*parallel flow*)

### 3.5 Prosedur Pengujian

Pada prosedur pengujian, terdapat beberapa prosedur yang dilakukan sebelum pengujian, diantaranya adalah prosedur kalibrasi termokopel, prosedur instalasi rangkaian alat dan prosedur pengujian alat.

#### 3.4.1 Prosedur Kalibrasi Termokopel

Termokopel yang digunakan ada dua jenis yaitu termokopel merek HTI dan termokopel merek MASTECH . Prosedur kalibrasi untuk termokopel merek HTI adalah sebagai berikut.

1. Menyediakan es batu dan wadahnya untuk beban ukur yang dipakai.
2. Memasang probe tipe K ke termokopel
3. Menekan tombol ON dan mengukur suhu es batu dengan probe termokopel.
4. Menekan tombol hold pada termokopel
5. Mengukur suhu es batu dengan thermometer air raksa.
6. Menekan tombol OFF pada termokopel dan membuka probe dari termokopel.
7. Memasang kembali probe dan mengukur temperatur es batu.
8. Menyesuaikan temperatur pada layar termokopel pada thermometer air raksa.
9. Jika temperatur pada termokopel dan thermometer air raksa sudah sesuai maka kalibrasi berhasil, jika tidak maka mengulangi langkah kalibrasi.

Adapun prosedur kalibrasi pada termokopel merek MASTECH adalah sebagai berikut.

1. Menyediakan es batu dan wadahnya untuk beban ukur yang dipakai.
2. Memasang probe tipe K ke termokopel dan menekan tombol POWER.
3. Mengukur temperatur es batu dengan termokopel
4. Mengukur temperature es batu dengan thermometer air raksa.
5. Menekan tombol SETUP pada termokopel dan mengatur temperatur sesuai dengan temperatur pada thermometer.

6. Jika temperature sudah sesuai, selanjutnya menekan tombol ENTER dan menekan tombol POWER.
7. Termokopel sudah terkalibrasi.

### 3.4.2 Prosedur Instalasi Rangkaian Alat

Adapun prosedur untuk instalasi rangkaian alat adalah sebagai berikut.

1. Memasang sistem perkabelan dari baterai dan *battery management system* (BMS) serta beban lampu.
2. Memasang *wavy channel* pada rangkaian baterai.
3. Menempatkan pompa pada tangki sirkulasi fluida dan memasang selang.
4. Memasang selang dari pompa menuju *wavy channel* dan *double pipe heat exchanger* sesuai jenis aliran yang akan diuji (*counter flow* atau *parallel flow*).
5. Memasang probe termokopel ke selang yang sudah terpasang di *double pipe heat exchanger*.
6. Memasang probe termokopel ke permukaan baterai.
7. Memasang penjepit pada *wavy channel* untuk memastikan permukaan *wavy channel* dan permukaan baterai bersentuhan.

### 3.4.3 Prosedur Pengujian Alat

Adapun prosedur pengujian alat adalah sebagai berikut.

1. Menuangkan nanofluid dan coolant ke masing-masing tangki.
2. Menyalakan pompa nanofluid dan pompa coolant, dan mengatur laju aliran fluida sesuai laju aliran pengujian.
3. Mematikan pompa nanofluid dan pompa coolant.
4. Memastikan semua komponen sudah terpasang.
5. Menyalakan beban lampu dan menyalakan pompa.
6. Mengambil foto setiap 30 detik menggunakan kamera handphone.

Setelah lampu mati, pompa dimatikan dan dokumentasi foto selesai. Setelah selesai, melakukan proses charge pada baterai