

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengolahan hasil dan pembahasan ini didapat dari data yang diambil selama proses charging yang dilakukan dalam beberapa variasi. Untuk data asli yang didapat dari proses charging dapat dilihat pada lampiran 1 sampai 4. Data yang sudah terkalibrasi dapat dilihat pada lampiran 5 sampai 8. Hasil dan pembahasan akan menyajikan tentang grafik grafik sebagai berikut:

1. Grafik Evolusi Suhu
  - a. Arah Vertikal Tengah
  - b. Arah Horisontal
  - c. Arah Aksial
2. Grafik energi kumulatif air, paraffin wax, pipa, dan lain-lain
3. Grafik laju penyerapan dan kenaikan

#### **4.1. Evolusi Suhu**

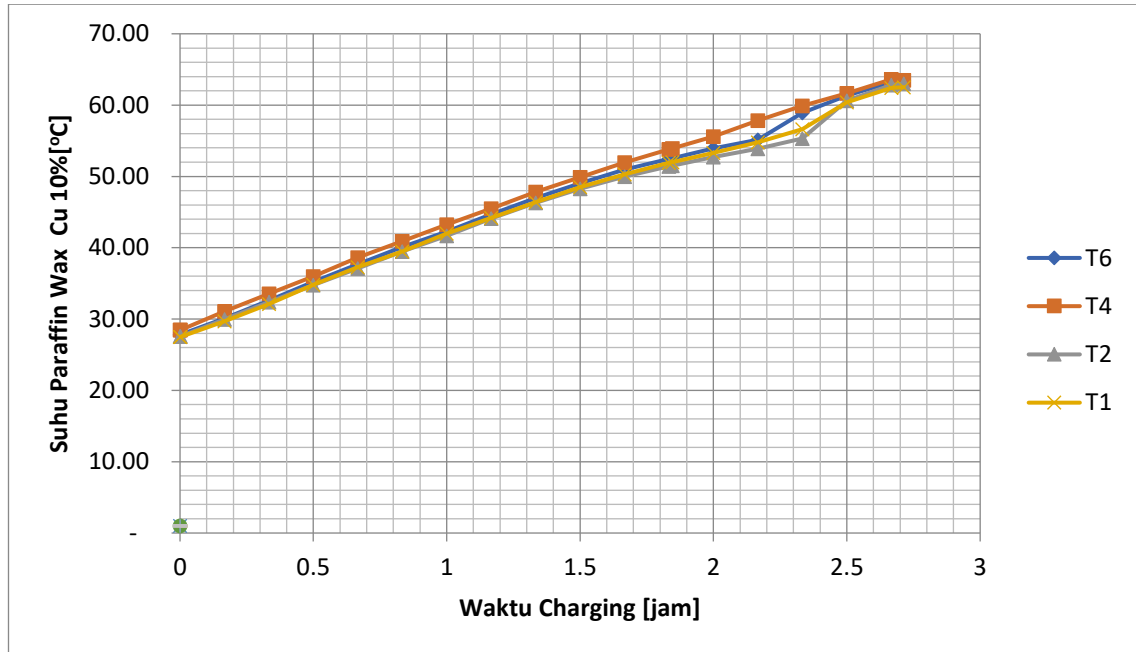
Pengamatan perubahan temperatur pada tangki TES pada saat *charging* perlu dilakukan untuk mengetahui evolusi suhu yang diberikan oleh HTF ke PCM. Pengamatan dilakukan di 26 titik termokopel yang tersebar dalam tangki TES. Untuk Peletakan termokopel sendiri bisa dilihat pada gambar 3.11. Proses Pencatatan suhu sendiri dilakukan dengan alat data logger 32 chanel. Proses *charging* ini menggunakan variasi debit 600, 700, 800, 900 Mlpm.

##### **4.1.1. Evolusi Suhu pada Paraffin Wax + Cu 10%**

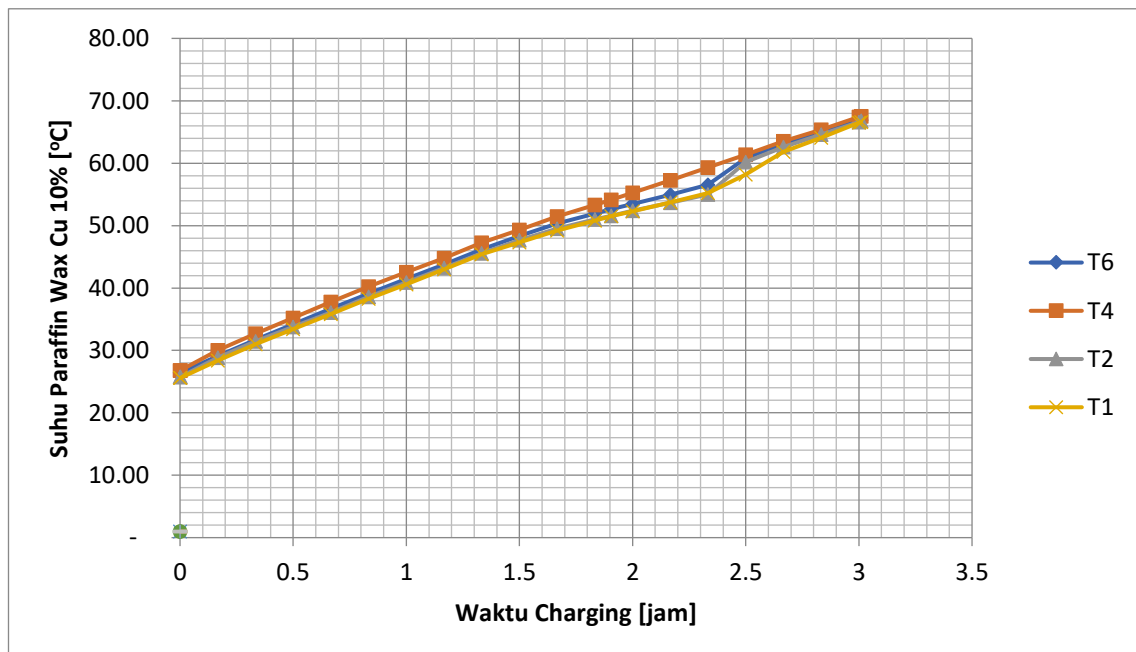
Evolusi suhu yang dilakukan oleh paraffin-Cu pada variasi debit 600, 700, 800, 900 mLPM dibagi dalam 3 segmen yaitu vertikal, horisontal dan aksial.

a) Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Vertikal.

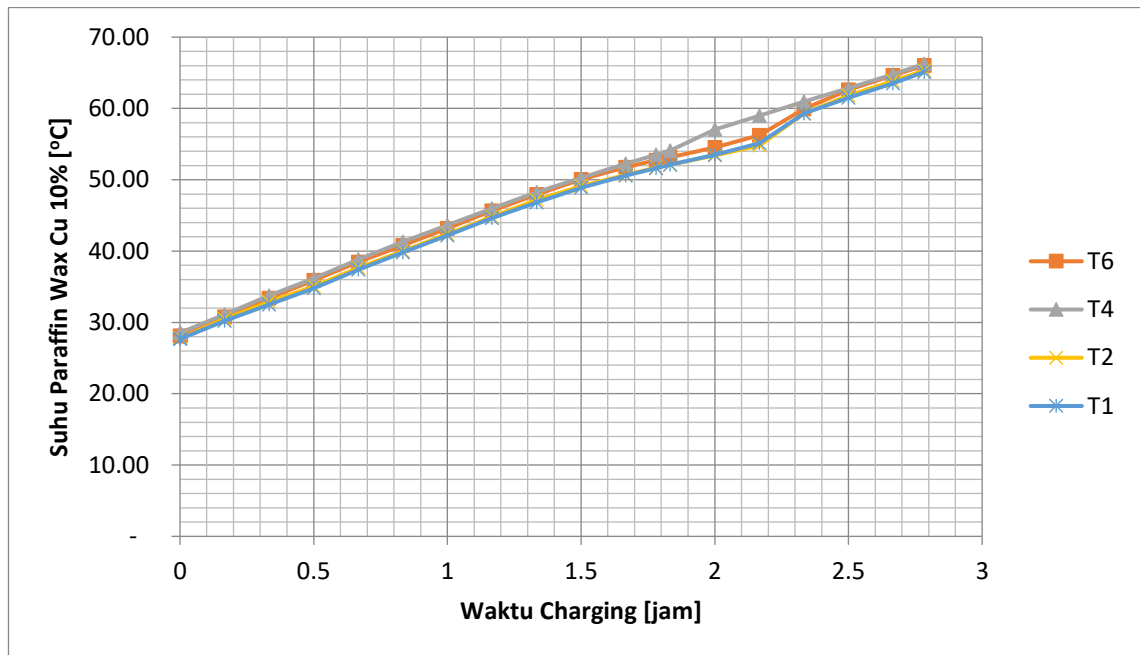
Grafik evolusi suhu ini akan berisikan data perubahan suhu pada termokopel T6, T4, T2, T1 yang ditempatkan di dalam pipa.



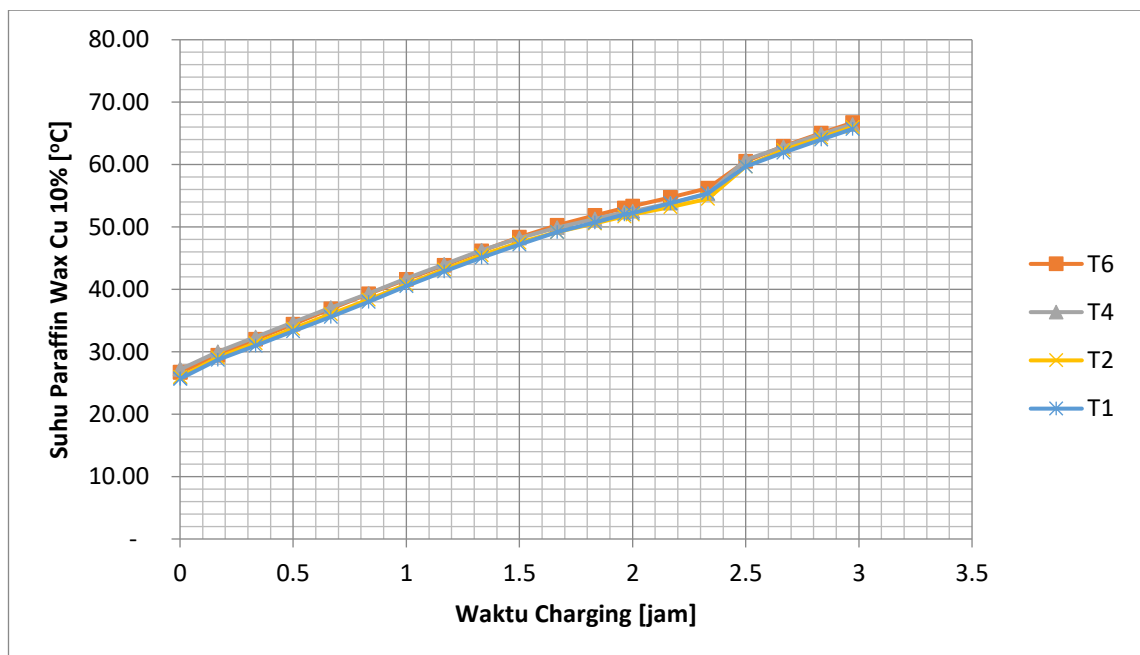
**Gambar 4.1** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Vertikal 600 mLPM



**Gambar 4.2** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Vertikal 700 mLPM



**Gambar 4.3** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Vertikal 800 mLPM



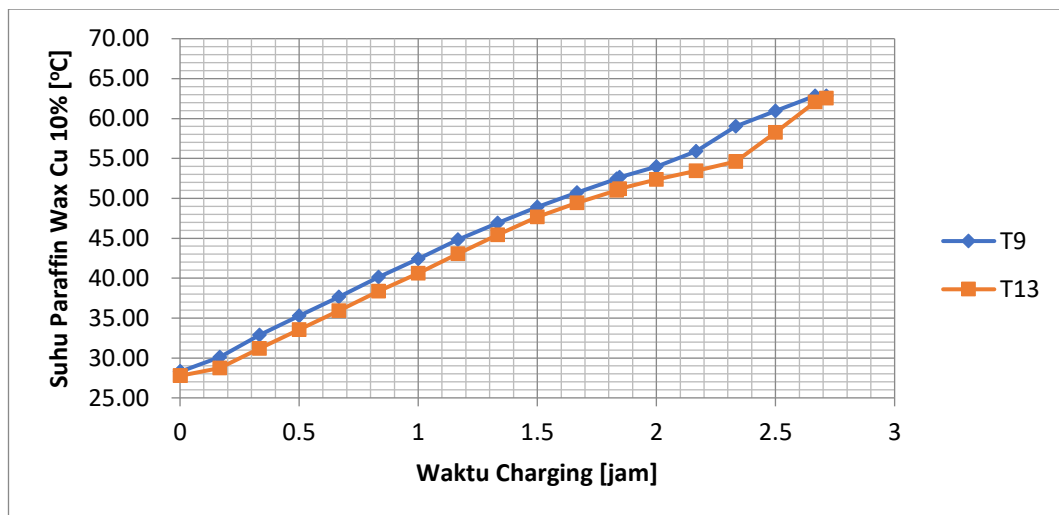
**Gambar 4.4** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Vertikal 900 mLPM

Pada 4 grafik evolusi suhu yang bisa dilihat pada gambar 4.1 hingga gambar 4.4 bisa terlihat terjadi kenaikan suhu yang konstan selama proses charging, namun pada saat charging memasuki 2 jam sampai dengan 2.5 jam terjadi fluktuasi suhu. Peristiwa ini terjadi karena pada saat jam-jam tersebut suhu

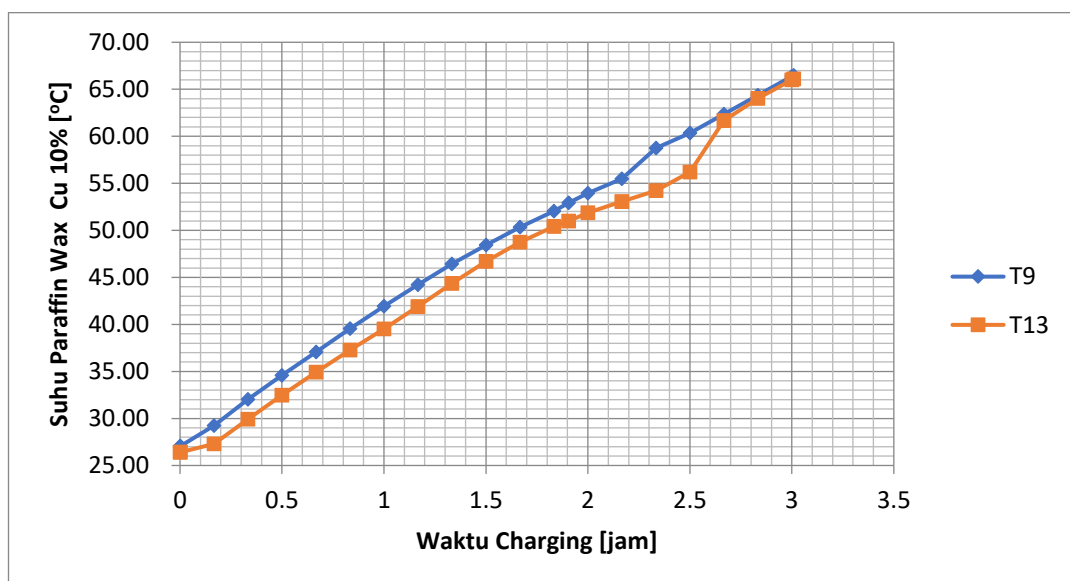
berada di kisaran 50 hingga 60 yang membuat parrafin-Cu di dalam pipa sudah mulai mencair. Hal ini sesuai dengan hasil uji DSC yang sudah ditampilkan pada bab 3. Hasil uji tersebut menyatakan parrafin-Cu akan mulai mencair pada suhu 52.19 °C. Perbedaan lamanya waktu pengujian disetiap variasi disebabkan oleh perbedaan debit yang sengaja divariasikan.

b) Grafik evolusi suhu parrafin wax horisontal

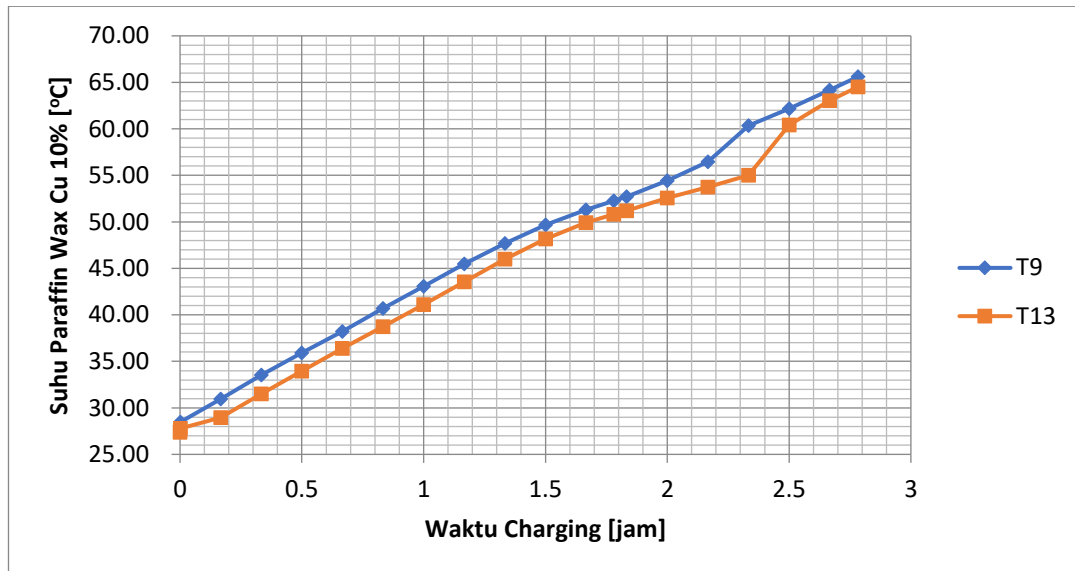
Grafik evolusi suhu ini akan berisikan data perubahan suhu pada termokopel T9 dan T13 yang ditempatkan didalam pipa.



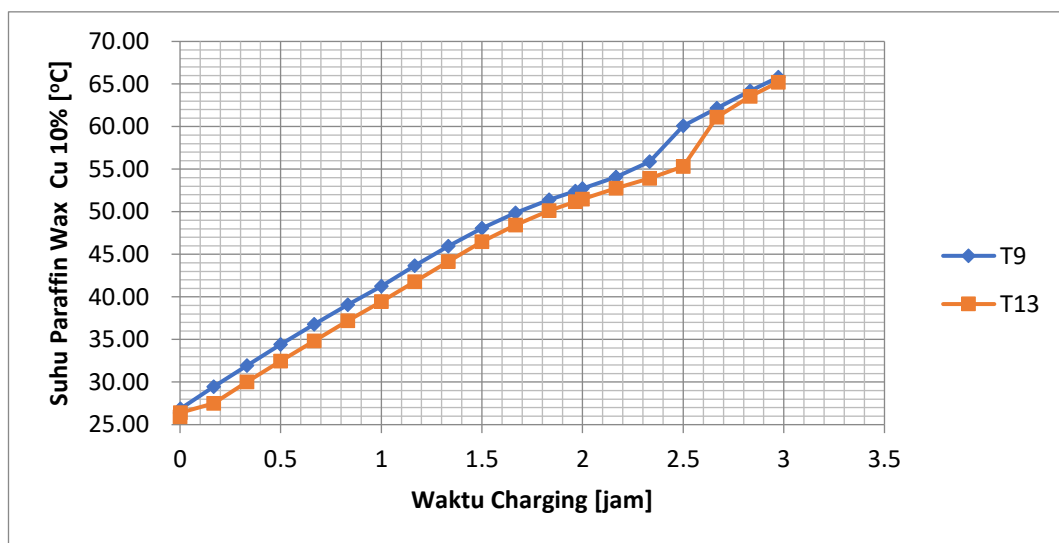
**Gambar 4.5** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Horisontal 600 mLPM



**Gambar 4.6** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Horisontal 700 mLPM



**Gambar 4.7** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Horizontal 800 mLPM

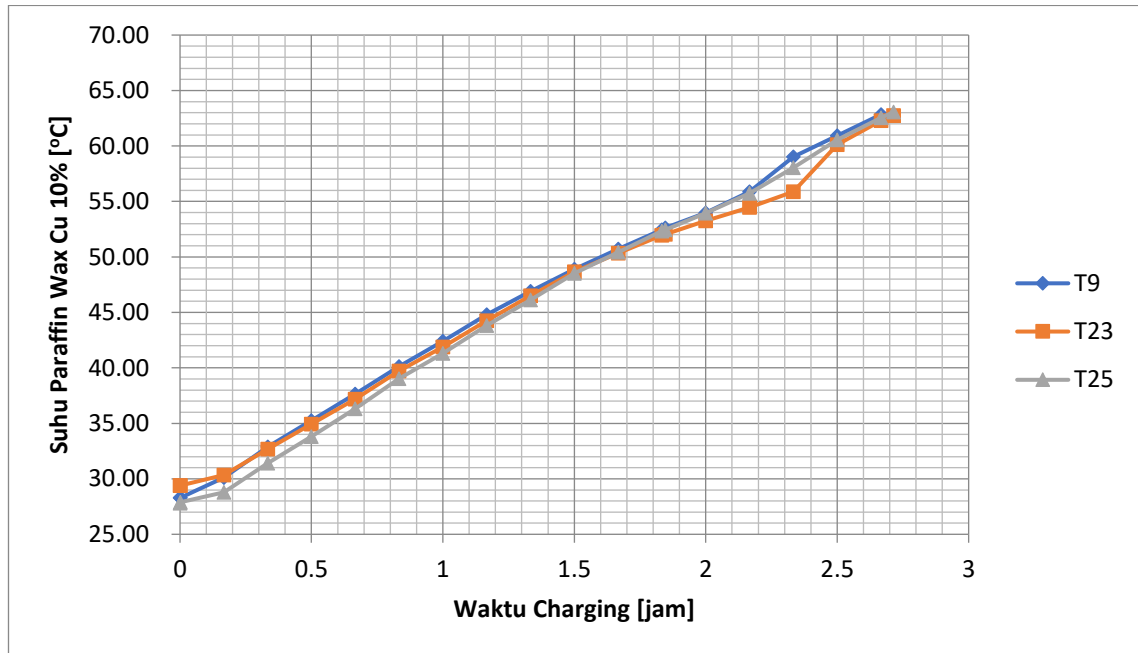


**Gambar 4.8** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Horizontal 900 mLPM

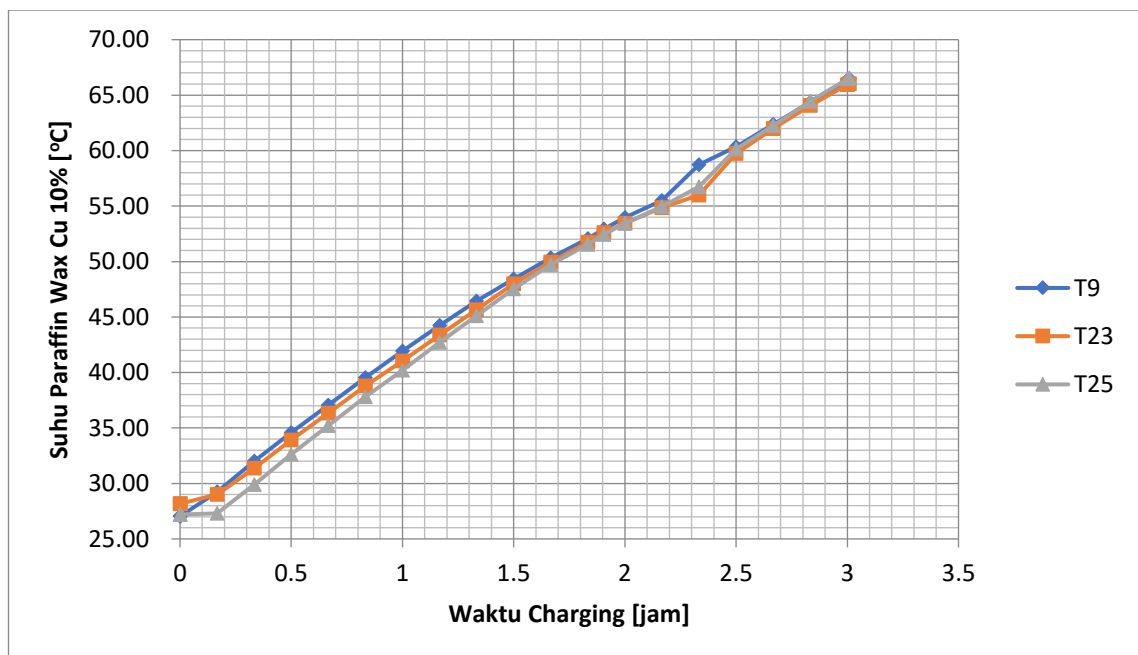
Dari 4 grafik evolusi suhu yang bisa dilihat pada gambar 4.5 hingga gambar 4.8 bisa diketahui bahwa dari awal proses charging, termokopel T9 lebih tinggi data suhunya dibanding dengan T13. Hal inidimungkin karena posisi termokopel T9 yang lebih ketengah dibandingkan dengan T13. Posisi termokopel yang dekat dengan posisi keluar air masuk membuat suhu yang diterima lebih tinggi. Perbedaan jelas lebih terlihat ketika suhu charging sudah melewati *melting point* dan kembali menyatu setelah suhu di sekitar 60°C.

c) Evolusi Suhu Parrafin-Cu 10% Aksial

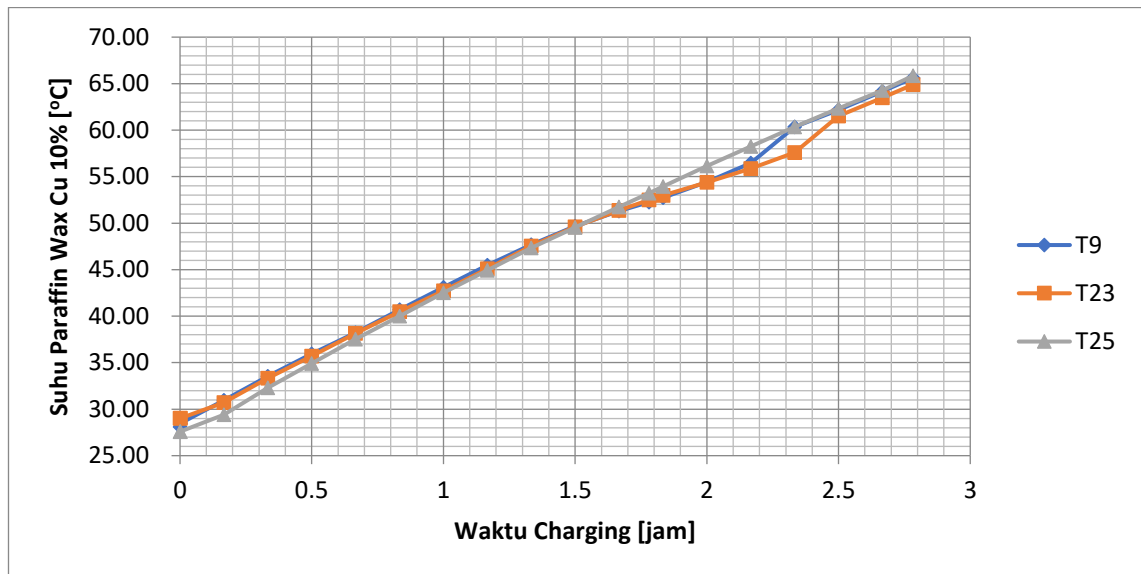
Grafik evolusi suhu ini akan berisikan data perubahan suhu pada termokopel T9, T23, T15 yang ditempatkan didalam pipa.



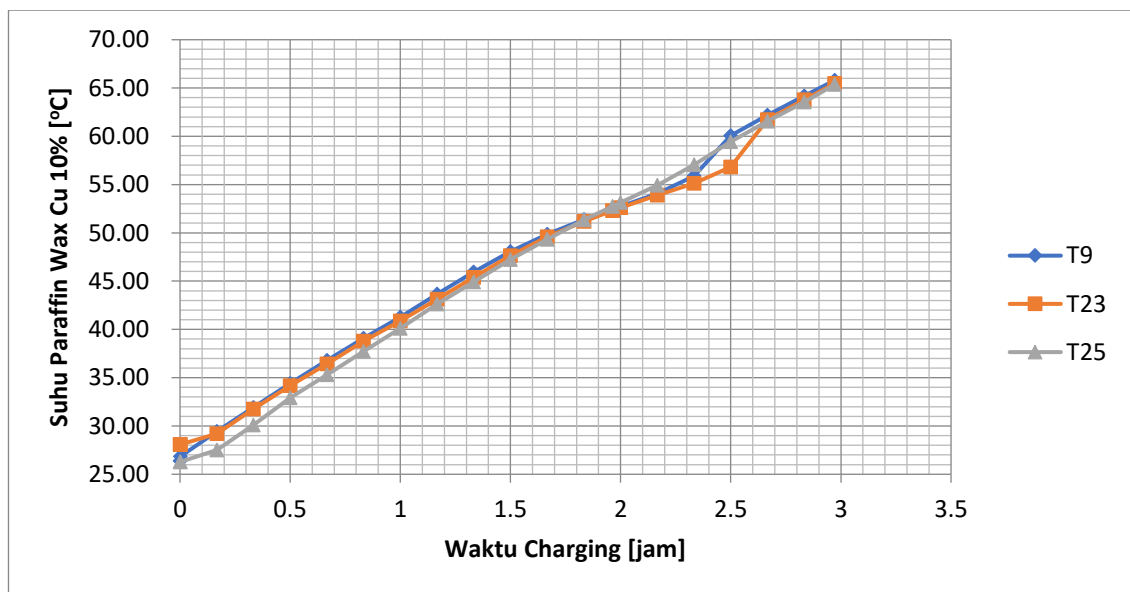
**Gambar 4.9** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Aksial 600 mLPM



**Gambar 4.10** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Aksial 700 mLPM



**Gambar 4.11** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Aksial 800 mLPM



**Gambar 4.12** Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu Arah Aksial 900 mLPM

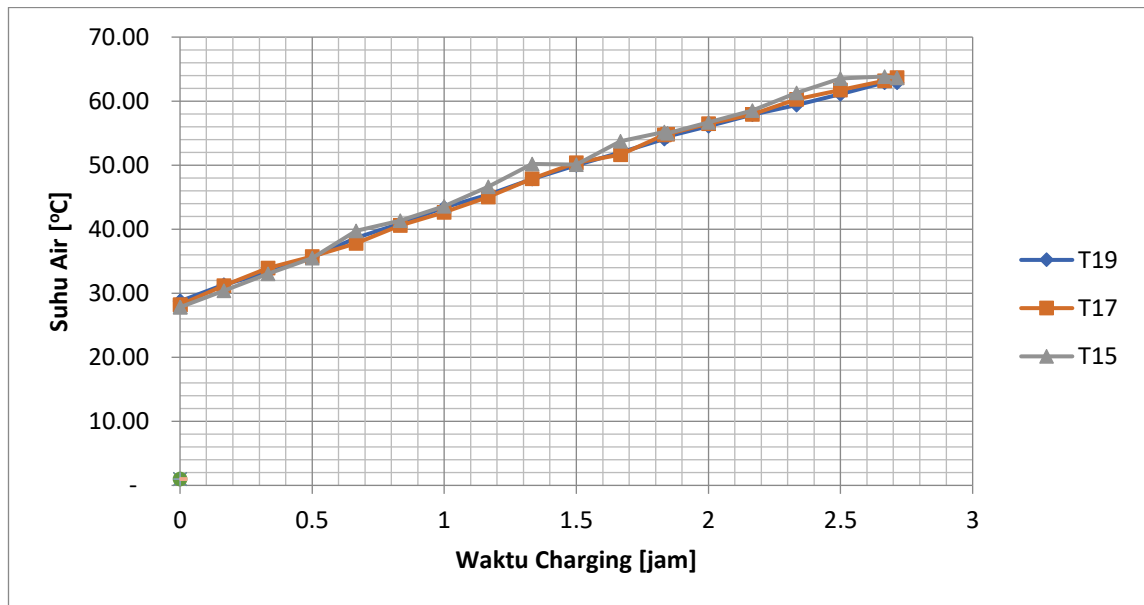
Dari grafik-grafik yang ditunjukkan oleh gambar 4.9 hingga gambar 4.12 bisa dilihat bahwa suhu termokopel T23 menjadi yang terendah ketika setelah terlewatnya suhu lelehnya. Peristiwa ini terjadi akibat terlambatnya paraffin-cu dalam kapsul T23 untuk meleleh. Hal ini mungkin terjadi karena campuran yang kurang homogen satu sama lain sehingga pembacaan menjadi berbeda. Namun suhu mendekati 60 paraffin-cu dalam kapsul sudah meleleh dengan baik karena pada suhu tersebut grafik sudah mulai sejajar kembali.

#### 4.1.2 Evolusi suhu pada Air

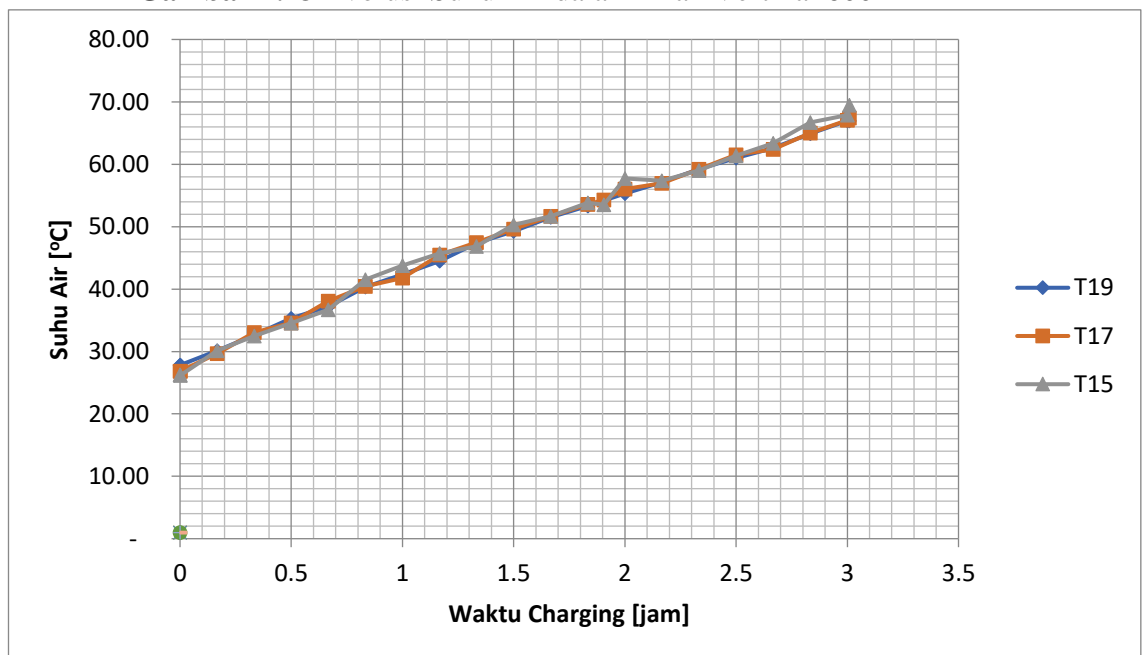
Evolusi suhu yang dilakukan oleh air pada variasi debit 600, 700, 800, 900 mLPM dibagi dalam 3 segmen yaitu vertikal, horizontal dan juga aksial.

##### a) Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal.

Grafik evolusi suhu ini akan berisikan data perubahan suhu pada termokopel T19, T17 dan T15 yang ditempatkan di luar pipa.

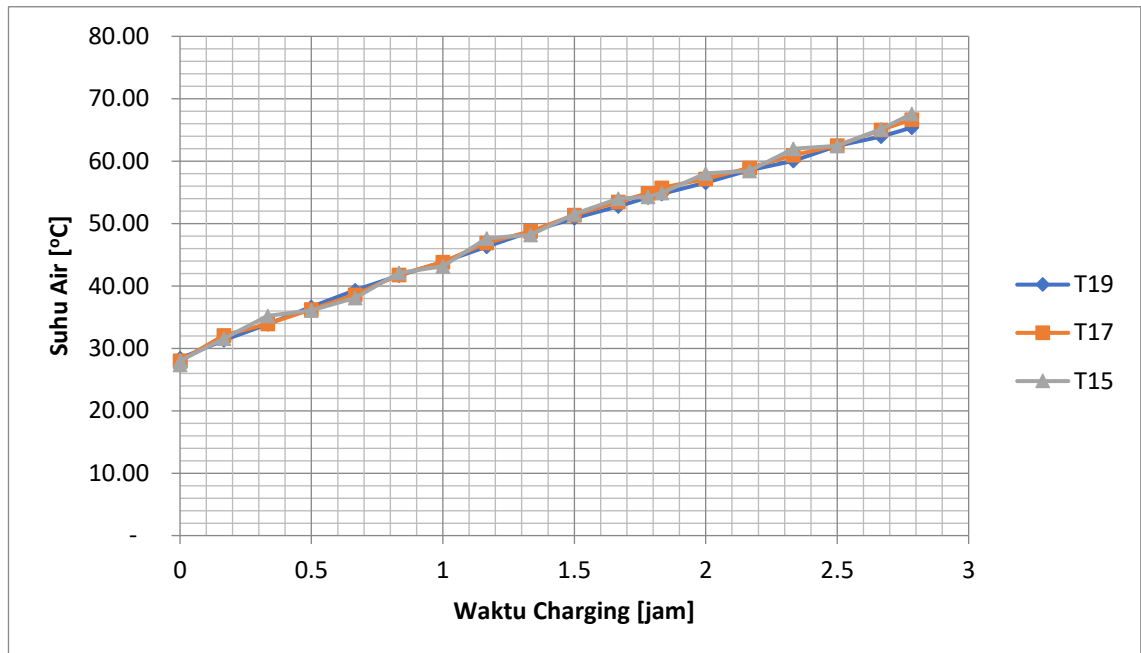


**Gambar 4.13** Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal 600 mLPM

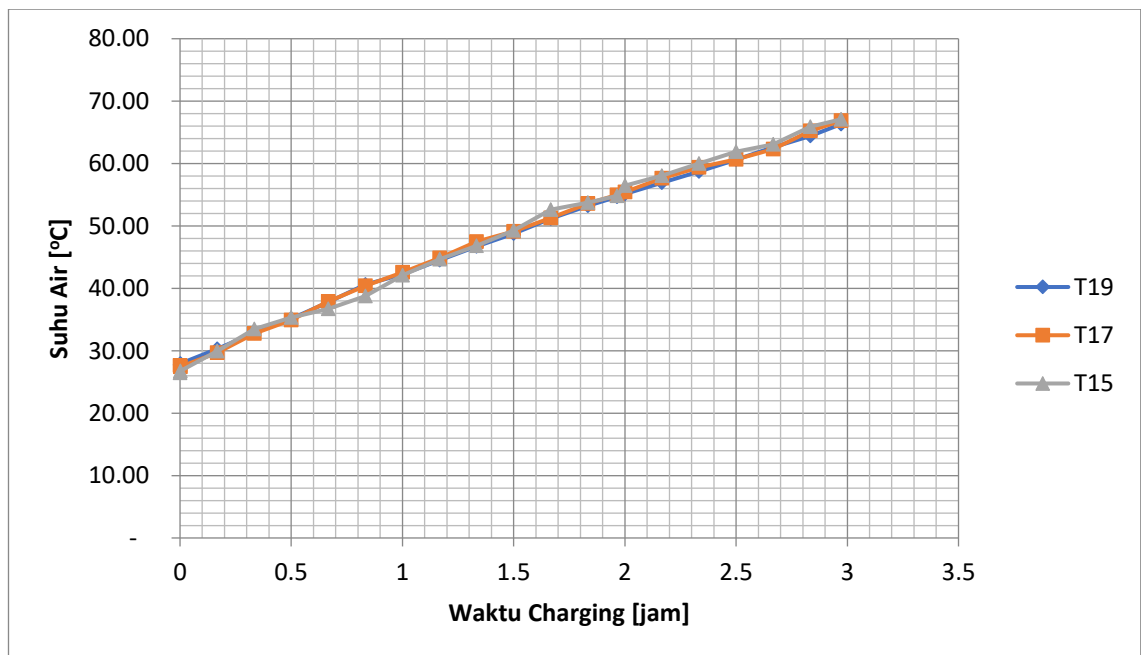


**Gambar 4.14** Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal 700 mLPM





**Gambar 4.15** Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal 800 mLPM



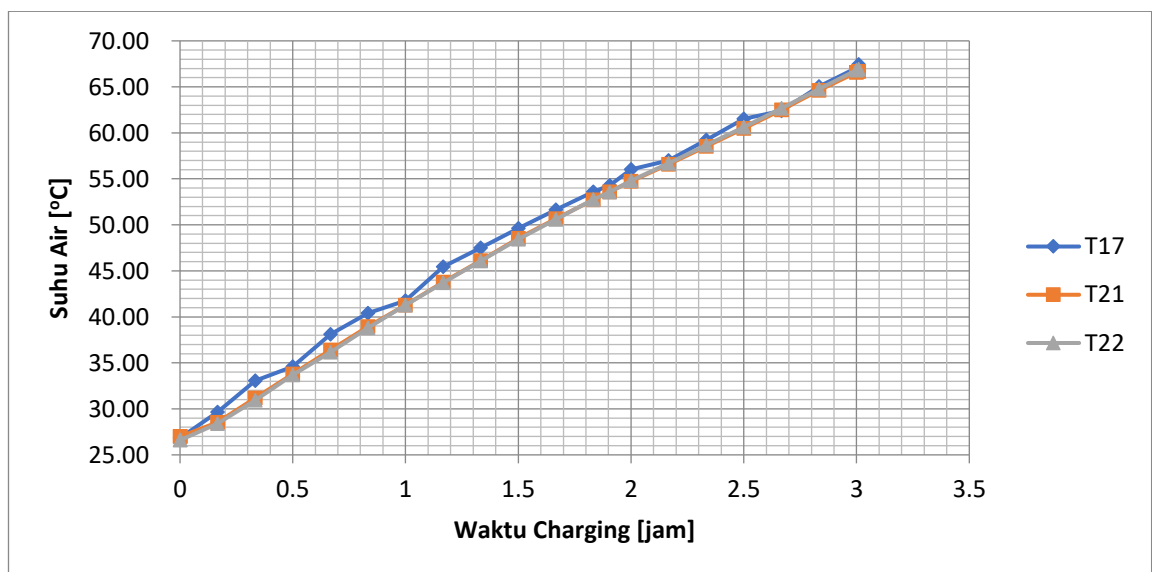
**Gambar 4.16** Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal 900 mLPM

Hasil dari grafik evolusi suhu air segmen vertikal seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.13 hingga gambar 4.16 menunjukkan bahwa kenaikan pada suhu air cenderung konstan dan linier, namun pada waktu tertentu suhu pada

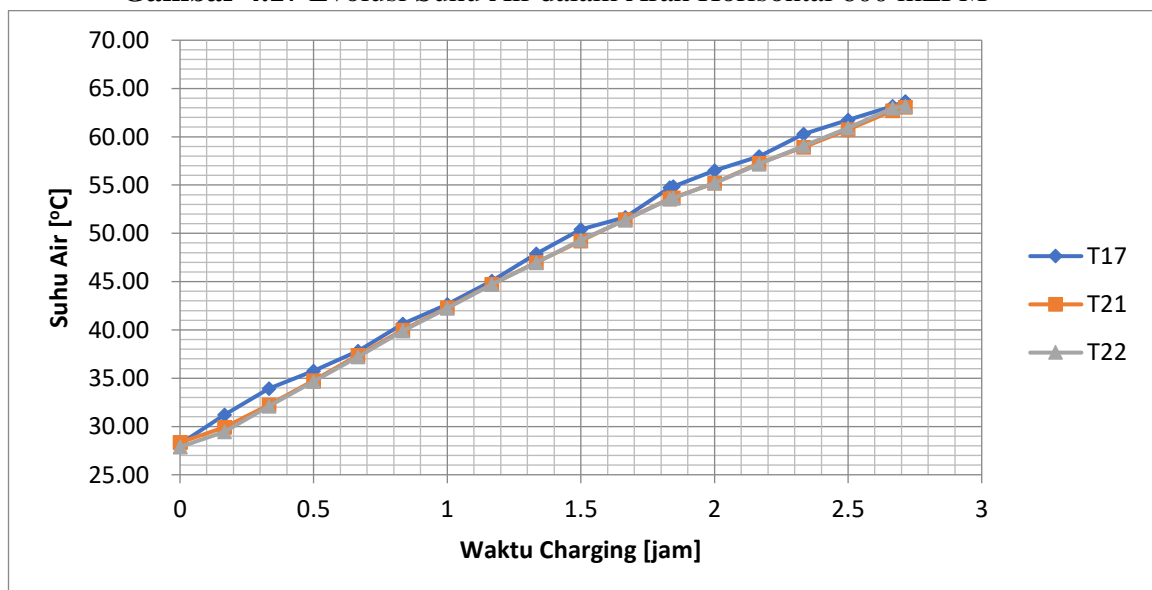
termokopel T15 mengalami fluktuasi yang terlihat jelas pada variasi 600. Hal ini terjadi akibat termokopel T15 lebih dekat dengan sumber air dari pada termokopel T17 dan T19. Sumber air yang keluar dari heater ini membuat fluktuasi suhu pada termokopel T15.

b) Evolusi Suhu Air dalam Arah Horizontal

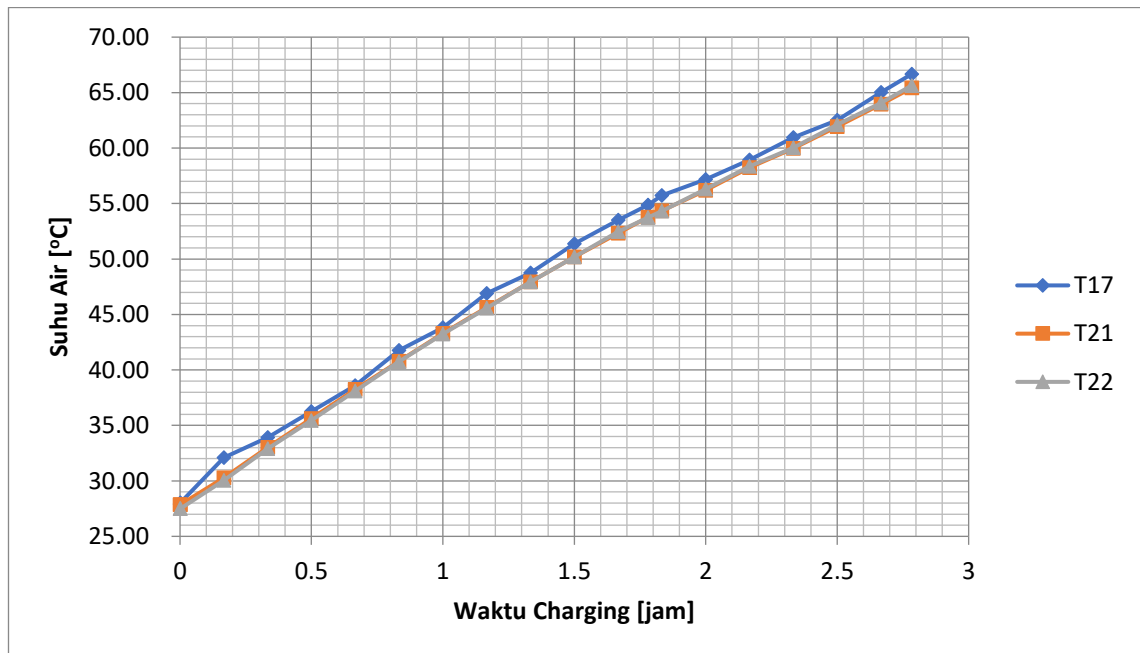
Grafik evolusi suhu ini akan berisikan data perubahan suhu pada termokopel T17, T21 dan T22 yang ditempatkan di luar pipa.



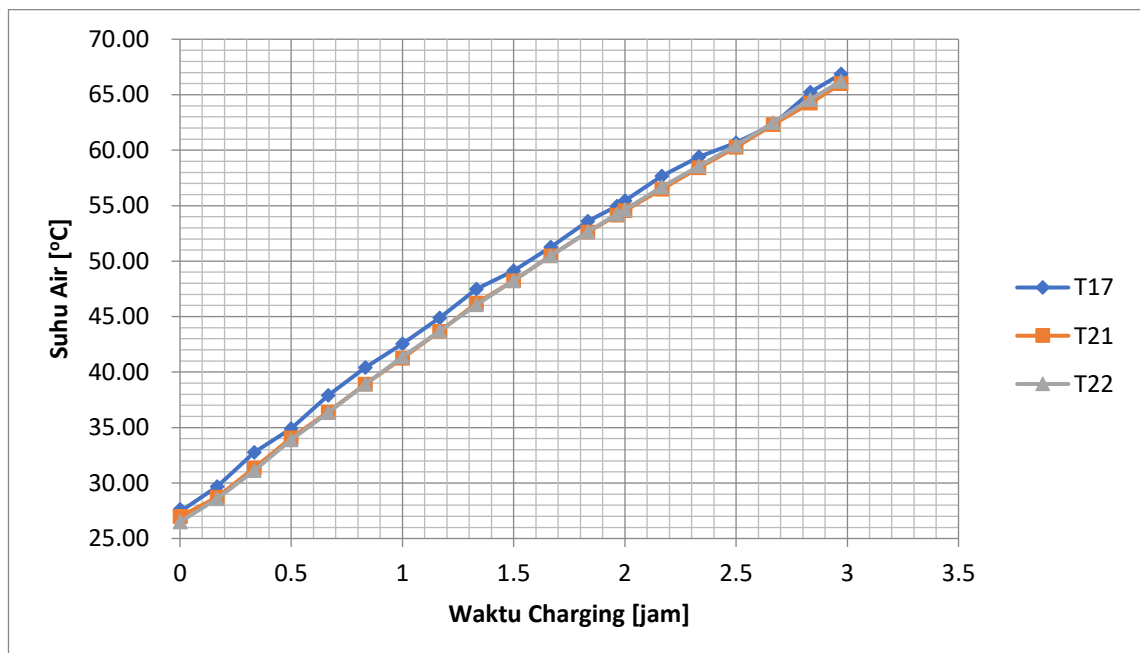
**Gambar 4.17** Evolusi Suhu Air dalam Arah Horizontal 600 mLPM



**Gambar 4.18** Evolusi Suhu Air dalam Arah Horizontal 700 mLPM



**Gambar 4.19** Evolusi Suhu Air dalam Arah Horizontal 800 mLPM



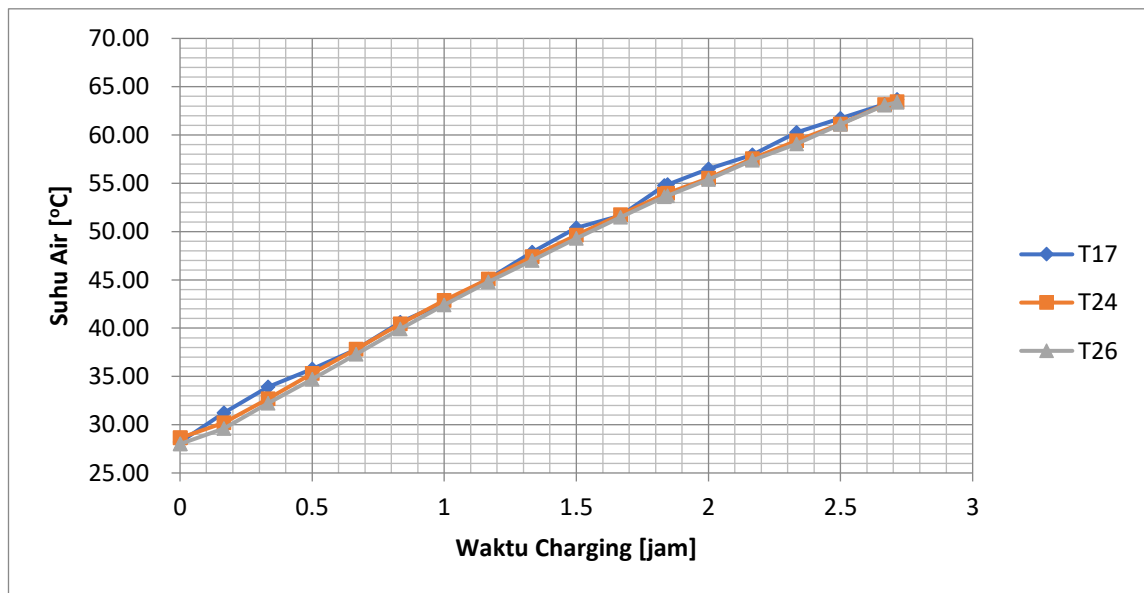
**Gambar 4.20** Evolusi Suhu Air dalam Arah Horizontal 900 mLPM

Seperti analisis pada grafik penyerapan air segmen vertikal, hal yang sama terjadi pada segmen ini. Pada gambar 4.17 hingga gambar 4.20 bisa dilihat bahwa T17 yang notabene lebih dekat dari sumber panas mengalami fluktuasi

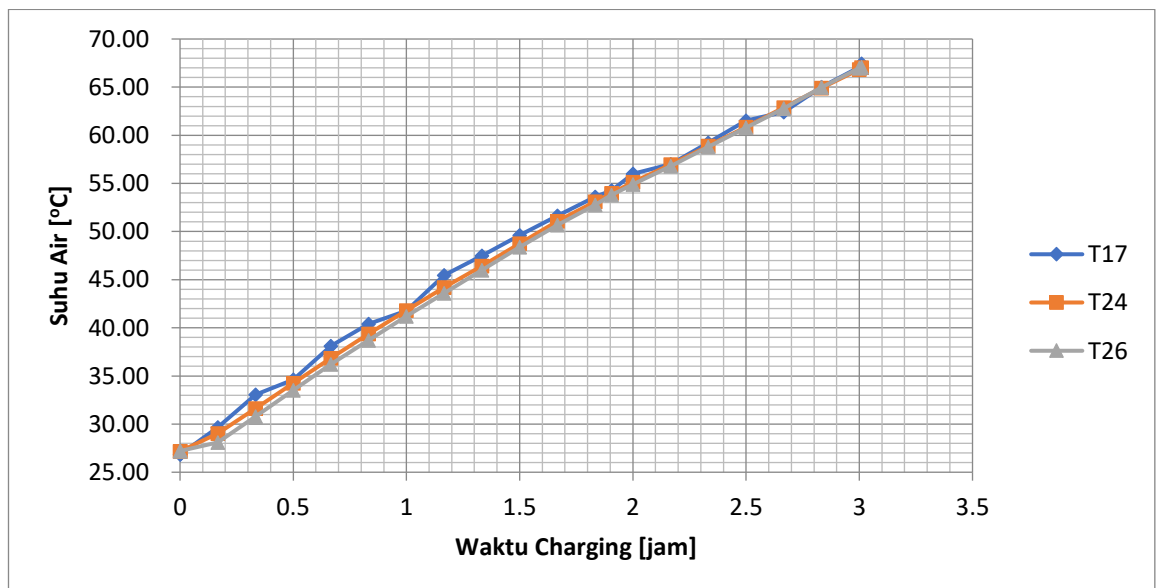
suhu ke arah peningkatan suhu yang lebih dibanding termokopel lainya yang berada pada segmen ini.

c) Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial.

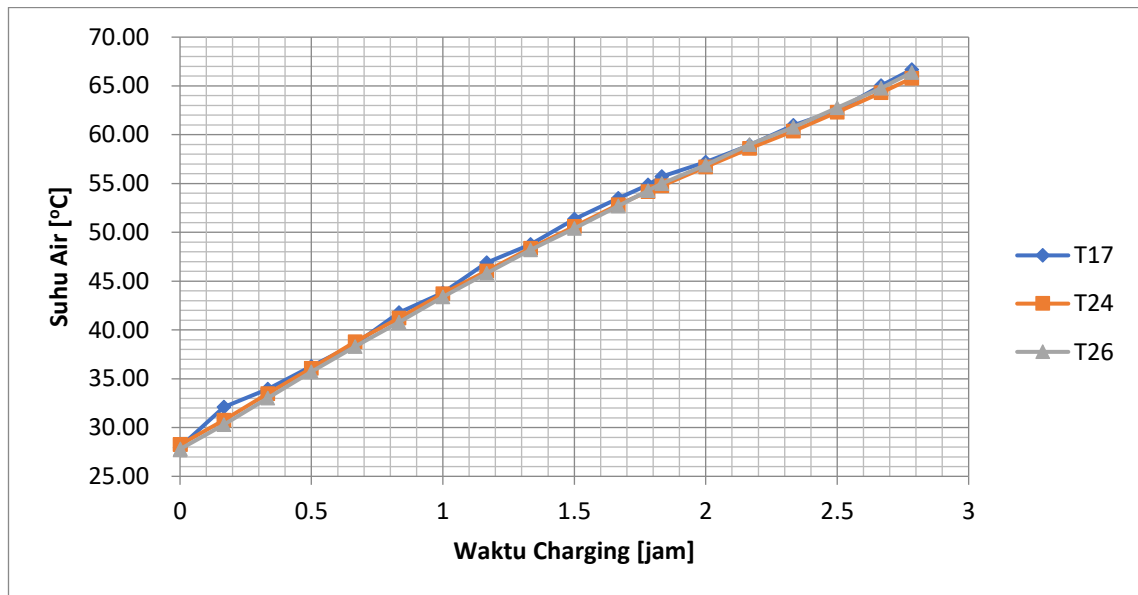
Grafik evolusi suhu ini akan berisikan data perubahan suhu pada termokopel T17, T24, T26 yang ditempatkan di luar pipa.



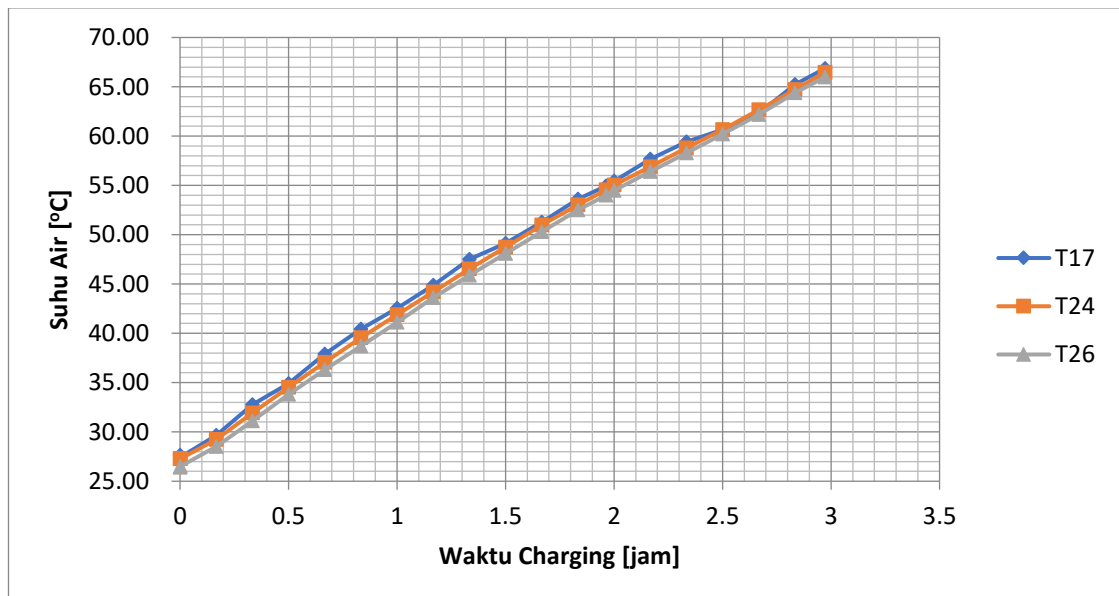
**Gambar 4.21** Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial 600 mLPM



**Gambar 4.22** Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial 700 mLPM



**Gambar 4.23** Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial 800 mLPM



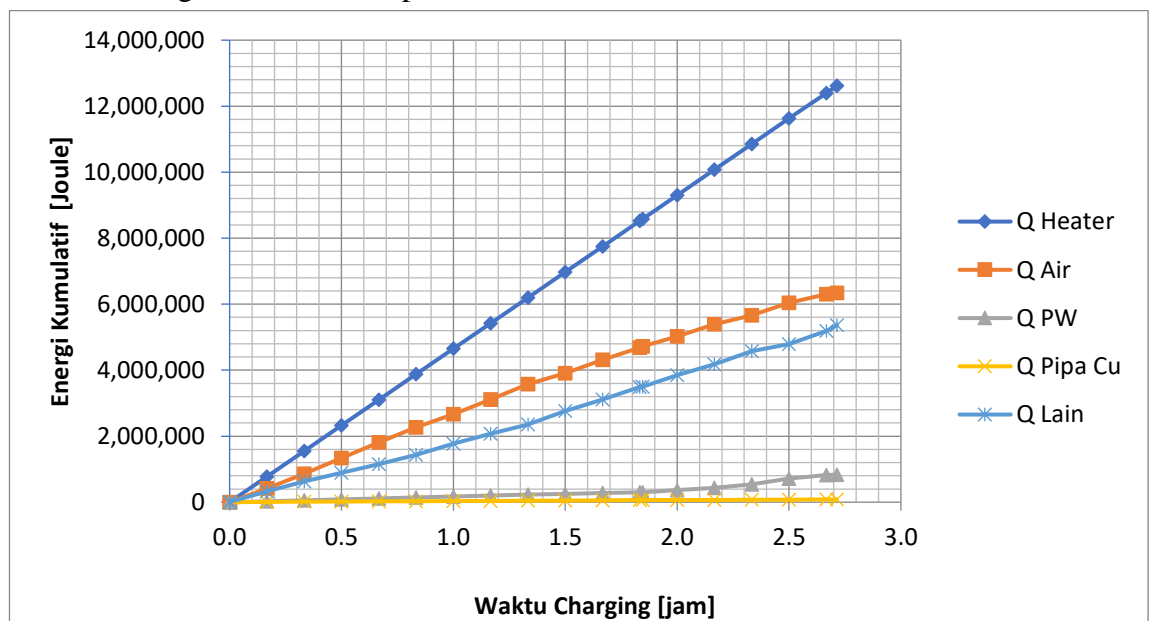
**Gambar 4.24** Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial 900 mLPM

Gambar 4.21 hingga gambar 4.24 menunjukkan adanya kesamaan dalam proses penyerapan oleh air dalam segmen aksial. Hal ini karena proses persebaran suhu dari tempat keluar suhu dalam arah aksial relatif merata dibanding arah vertikal. Dalam beberapa kasus di beberapa variasi sempat ada sedikit lonjakan suhu yang diterima oleh T17, peristiwa tersebut terjadi karena T17 lebih dekat dengan suhu masuk / tempat air dari heater masuk.

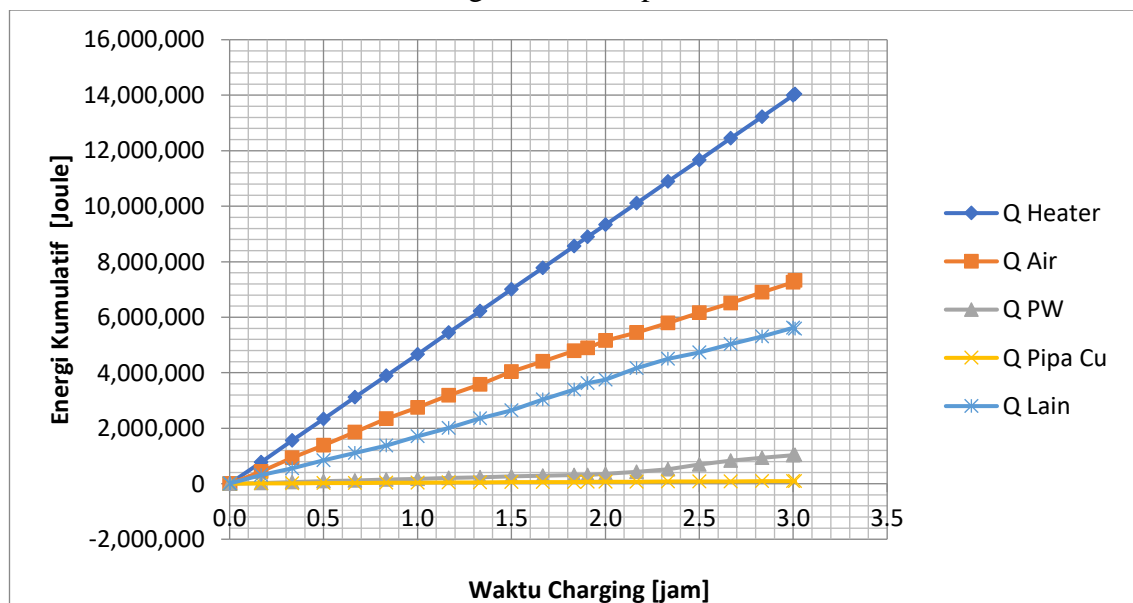
## 4.2. Energi Kumulatif

Hasil Energi kumulatif yang dihasilkan selama proses charging perlu untuk diamatati agar mampu menentukan performa serta pengaruh dari heater sebagai pemanas; air sebagai *heat transfer fluid* (HTF); Parrafin-Cu sebagai *phase change material* (PCM); Pipa Cu sebagai Kapsul tempat dari PCM; Energi lain-lain yang merupakan energi dari tangki dan *losses*.

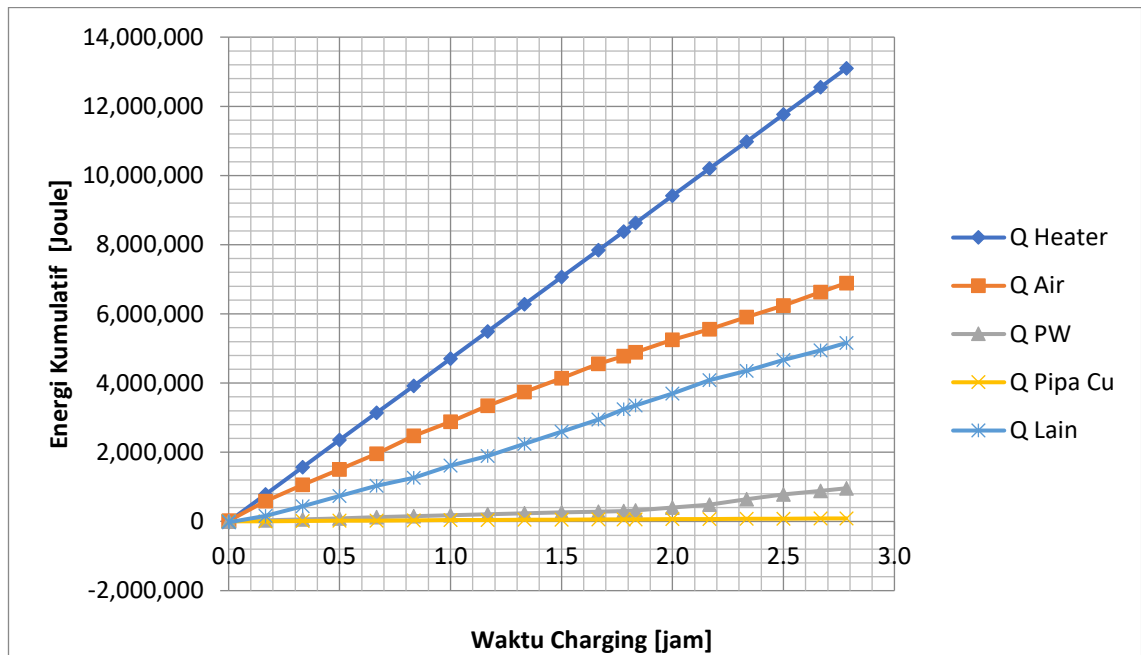
### 4.2.1 Energi kumulatif setiap variasi



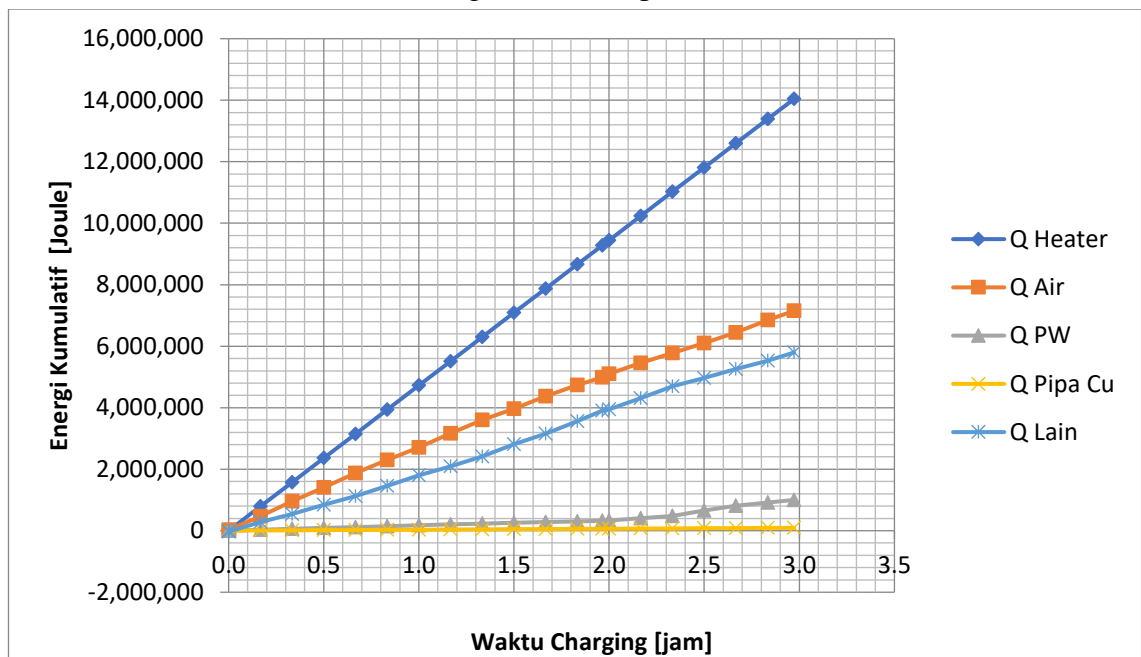
Gambar 4.25 Energi Kumulatif pada 600 mLPM



Gambar 4.26 Energi Kumulatif pada 700 mLPM



**Gambar 4.27** Energi Kumulatif pada 800 mLPM



**Gambar 4.28** Energi Kumulatif pada 900 mLPM

Grafik-grafik energi kumulatif pada gambar 4.25 hingga gambar 4.28 menunjukkan kemiripan pola disetiap variasi dimana Q Heater mempunyai energi paling tinggi, kemudian disusul oleh Q air, Qlain, Q Paraffin-Cu, Q pipa Cu.

Perbedaan yang cukup signifikan ini terjadi karena prosentase volume yang berbeda diluar heater yang menghasilkan energi sendiri

- Volume Tangki : 0.04948 m<sup>3</sup> (96.55 %)
- Volume Air : 0.04312 m<sup>3</sup> (87.16 %)
- Volume Parrafin-Cu : 0.00398 m<sup>3</sup> (8.05 %)
- Volume Pipa Cu : 0.00066 m<sup>3</sup> (1.34%)

Perbedaan waktu lamanya pengujian juga mempunyai pengaruh terhadap jumlah energi kumulatif yang didapat. Pada variasi debit 700 dan 900 yang mempunyai waktu pengambilan data yang lebih lama. Energi kumulatif heater mampu mencapai angka 13,9 juta joule untuk debit 700 dan pada 13.3 juta joule untuk debit 900. Sementara pada variasi lainnya hanya dikisaran 12 jutaan.

#### 4.2.2. Energi Kumulatif Q Heater

Energi Kumulatif yang di hasilkan selama proses charging oleh heater. Hasil Q heater didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.1.

$$Q_{kum\ heater} = Q_{kumulatif\ heater} + Q_{heater\ sesaat} \quad (4.1)$$

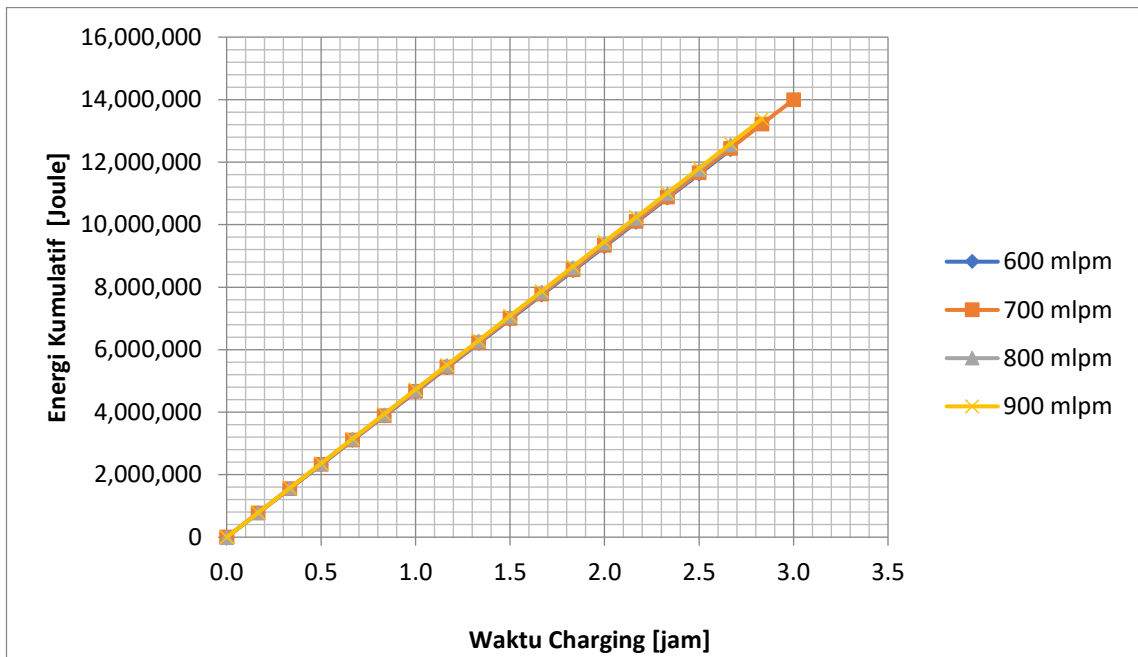
$$Q_{kum\ heater} = 14,039,042.00 + 6458.15$$

$$Q_{kum\ heater} = 12,619,225.10\ J$$

Tabel 4.1 Data Energi Kumulatif Q Heater

Debit	Q heater sesaat	Q heater kumulatif
mLPM	Joule	Joule
600	6,458.15	12,619,225.10
700	6,480.85	14,044,001.95
800	6,537.60	13,101,350.40
900	6,560.30	14,039,042.00





**Gambar 4.29** Energi Kumulatif Q Heater

Grafik gambar 4.29 menunjukkan bahwa *heater* mampu menghasilkan energi secara konstan pada setiap variasi ditandai dengan trend lurus bersamaan dengan laju waktu. Perbedaan dari garis energi kumulatif tersebut adalah panjangnya. Panjang dari garis tersebut menunjukkan seberapa besar energi tersebut terkumpul. Berdasarkan grafik di atas energi paling banyak terdapat oleh variasi 700 disusul oleh variasi 900, 800 kemudian 600 mLPM.

4.2.3. Energi Kumulatif Q Air

Hasil Q air didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.2.

$$Q_{kum\ air} = massa\ air * Cp\ Air * (\Delta T) \quad (4.2)$$

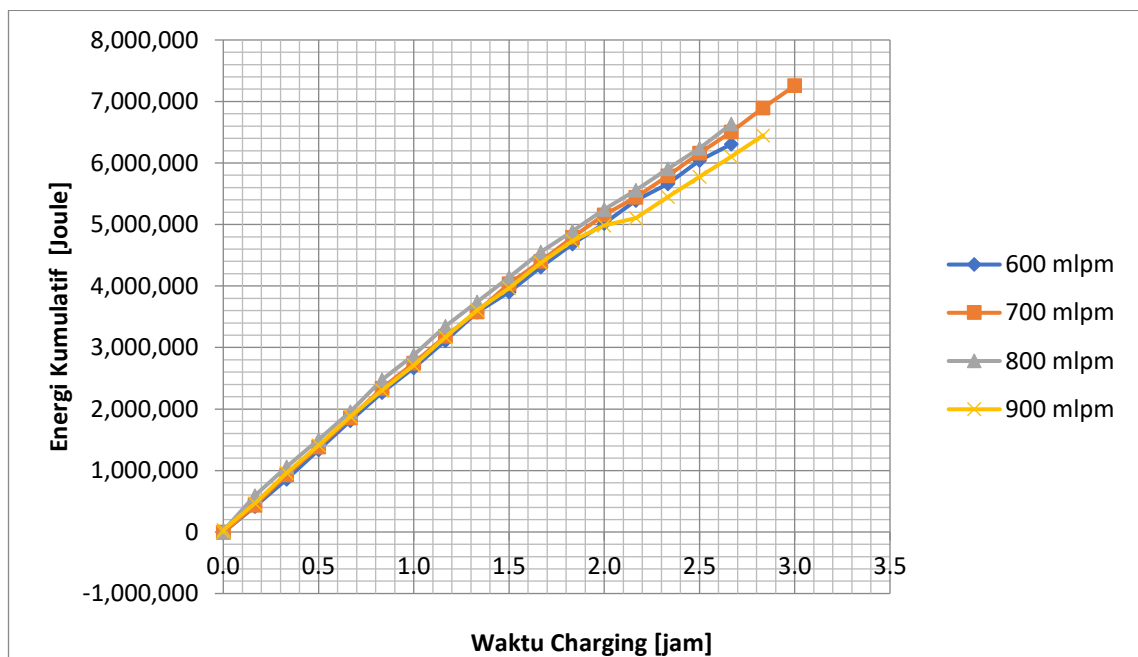
$$Q_{kum\ air} = 43.13 * 4180 * (63.44 - 28.26)$$

$$Q_{kum\ air} = 6,341,744.14\ J$$

Tabel 4.2 Data Energi Kumulatif Q Air

Debit	Cp air	Massa Air	$\Delta T$	Q kum Air
mLPM	[J/(kg.K)]	[kg]	$^{\circ}C$	(J)
600	4180	4180	35.18	6,341,744.14
700	4180	43.13	40.64	7,326,287.75

Debit	Cp air	Massa Air	$\Delta T$	Q kumair
mLPM	[J/(kg.K)]	[kg]	$^{\circ}\text{C}$	(J)
800	4180	4180	38.22	6,891,512.37
900	4180	4180	39.66	7,149,182.09



**Gambar 4.30** Energi Kumulatif Q Air

Grafik gambar 4.30 menunjukkan bahwa memasuki waktu 2 jam pengambilan data terjadi sedikit pembengkokan kearah bawah. Pembengkokan ke bawah tersebut berarti penurunan dari energi yang didapat. Peristiwa tersebut terjadi karena pada jam-jam tersebut PCM paraffin-Cu sudah mulai berubah fasa dan mengambil energi dari air untuk dapat disimpan oleh PCM.

#### 4.2.4. Energi Kumulatif Q Paraffin-Cu

Hasil Q Paraffin-Cu didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.3.

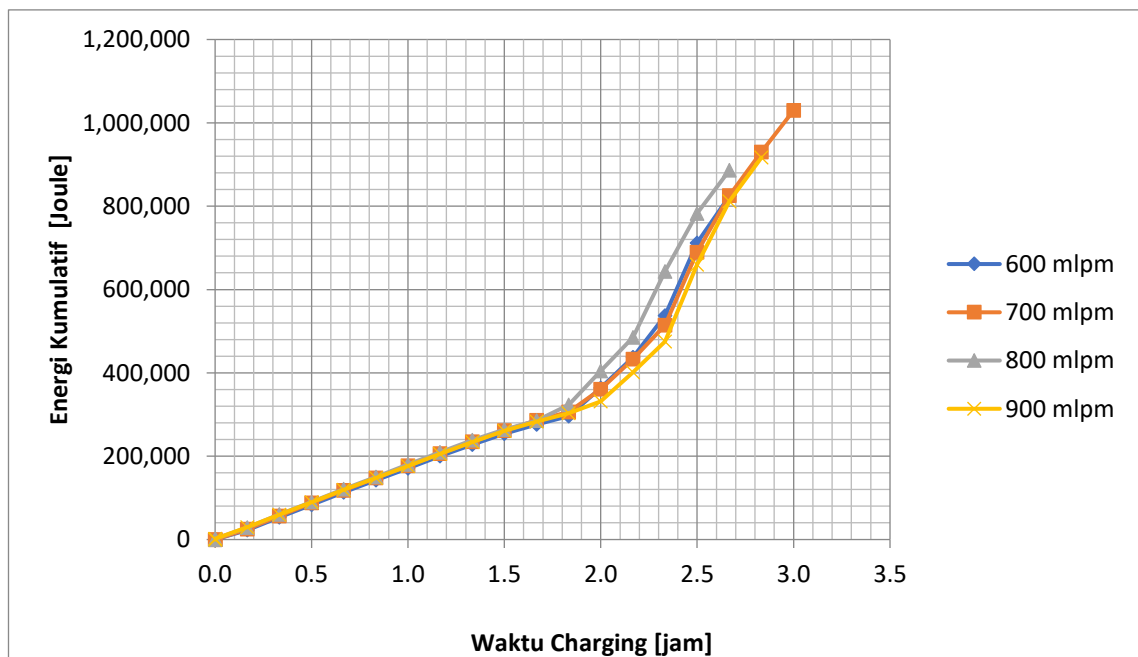
Persamaan ini menggunakan Q kumulatif pada kondisi laten karena pada kondisi itu Q kumulatif terakhir didapatkan oleh campuran PCM. Untuk kalor lebur, titik star dan titik end bisa dilihat dari hasil DSC pada bab 3.

$$Q_{kum, sen} = \left( \frac{\text{Kalor Lebur} * \text{massa PCM} * \Delta T}{(\text{star} - \text{end})} \right) + Q_{kum \text{ sebelumnya}} \quad (4.3)$$

$$Q_{kum, sen} = \left( \frac{127.66 * 6.7 * 0.02}{(69.32 - 52.19)} \right) + 834,840.18$$

Tabel 4.3. Data Energi Kumulatif Q Paraffin-Cu

Debit	Cp Paraffin-Cu	Massa Paraffin-Cu	$\Delta T$	Q kum Paraffin-Cu
mLPM	[J/(kg.K)]	[kg]	$^{\circ}\text{C}$	(J)
600	1839	6.7	0.02	835,834.18
700	1839	6.7	0.02	1,035,990.21
800	1839	6.7	0.02	959,890.75
900	1839	6.7	0.04	1,001,077.45

**Gambar 4.31** Energi Kumulatif Q Paraffin-Cu

Grafik gambar 4.31 menunjukkan bahwa memasuki waktu 2 jam pengambilan data terjadi pembengkokan kearah atas yang cukup signifikan. Pembengkokan keatas tersebut menunjuka fenomena kenaikan energi yang didapat. Peristiwa tersebut terjadi karena pada jam-jam tersebut PCM paraffi-Cu sudah mulai berubah fasa dan mengambil energi dari air untuk dapat disimpan oleh PCM.

#### 4.2.5. Energi Kumulatif Pipa-Cu

Hasil Q Pipa-Cu didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.4.

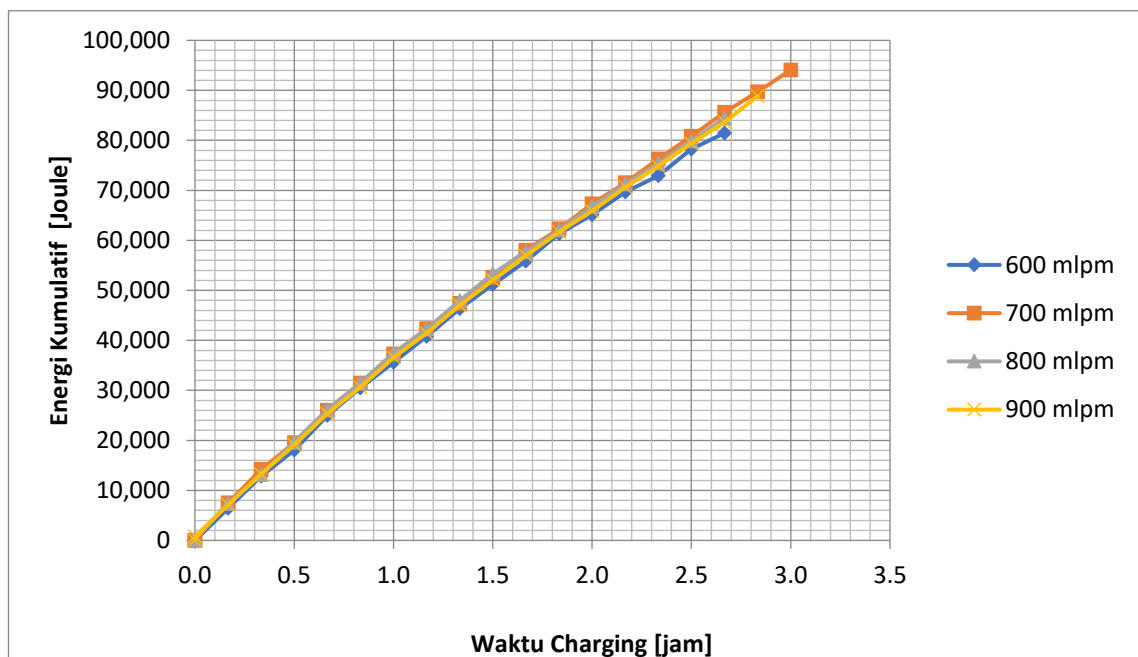
$$Q_{kum} = \text{massa Pipa Cu} * C_p \text{ Pipa Cu} * (\Delta T) \quad (4.4)$$

$$Q_{kum} = 5.91 * 390 * (63.26 - 27.82)$$

$$Q_{kum} = 44.84 \text{ J}$$

Tabel 4.4 Data Energi Kumulatif Pipa-Cu

Debit	Cp Pipa Cu	Massa Pipa Cu	$\Delta T$	Q kumPipa Cu
mLPM	[J/(kg.K)]	[kg]	$^{\circ}\text{C}$	(J)
600	390	5.91	35.44	81,635.18
700	390	5.91	41.11	94,694.13
800	390	5.91	38.19	87,963.69
900	390	5.91	40.12	92,413.01



Gambar 4.32 Energi Kumulatif Q Pipa Cu

Grafik gambar 4.32 menunjukkan energi yang didapat oleh pipa Cu. Pipa Cu disini berfungsi sebagai kapsul untuk menempatkan PCM di dalamnya. Karena bentuk dari pipa Cu yang silinder dan dengan tebal yang tipis. Maka, Pipa Cu hanya mendapat energi yang cukup kecil selama proses charging.

#### 4.2.6. Energi Kumulatif Lain-lain

Hasil Q lain-lain didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.5.

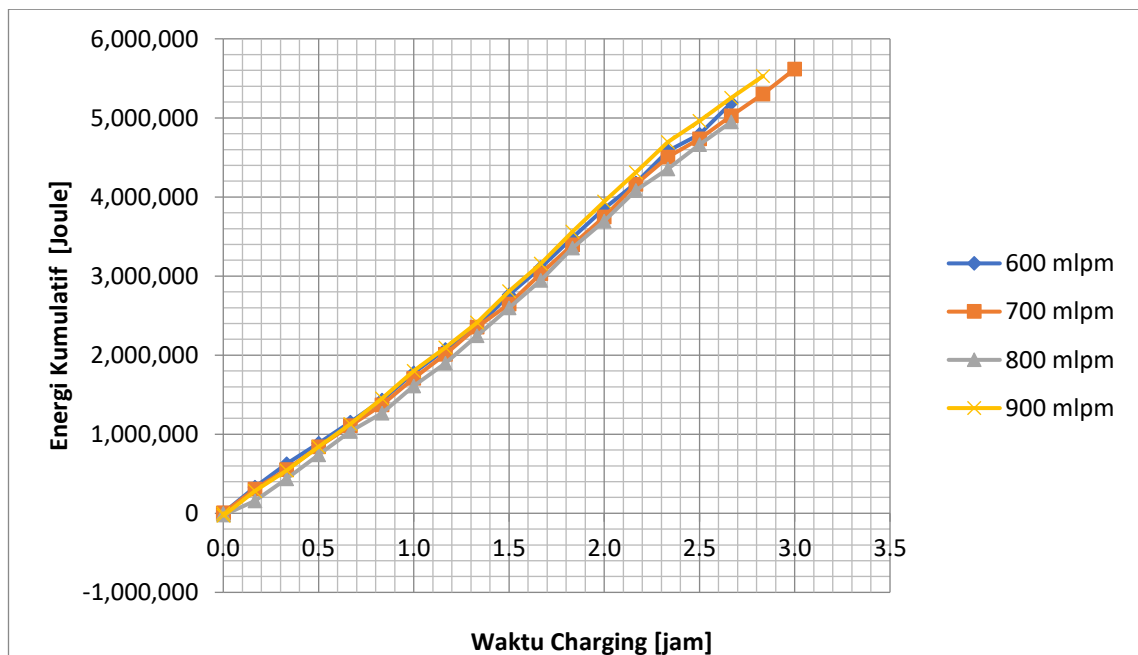
$$Q_{kum} = Q_{kum\ heater} - (Q_{kum\ air} + Q_{kum\ PCM} + Q_{pipa\ Cu}) \quad (4.5)$$

$$Q_{kum} = 12,619,225.10 - (6,341,744.14 + 835,834.18 + 81,635.18)$$

$$Q_{kum} = 5,360,011.60 J$$

Tabel 4.5. Data Energi Kumulatif Q Lain-lain

Debit	$Q_{kum\ heater}$	$Q_{kum\ air}$	$Q_{kum\ PCM}$	$Q_{kum\ pipa\ Cu}$	Qkum Lain-lain
mLPM	J	J	J	J	
600	12,619,225.10	6,341,744.14	835,834.18	81,635.18	5,360,011.60
700	14,044,001.95	7,326,287.75	1,035,990.21	94,694.13	5,587,029.87
800	13,101,350.40	6,891,512.37	959,890.75	87,963.69	5,161,983.59
900	14,039,042.00	7,149,182.09	1,001,077.45	92,413.01	5,796,369.45



Gambar 4.33 Energi Kumulatif Lain-lain

Grafik gambar 4.33 menunjukkan energi yang didapat oleh Q lain-lain. Q lain lain didapat dengan mengurangi energi heater dengan energi air, energi paraffin-Cu dan energi pipa Cu. Jadi untuk bentuk dari grafik ini mengikuti pengurangan dari hasil hasil sebelumnya.

### 4.3 Laju Penyerapan Parrafin-Cu

#### 4.3.1. Laju Penyerapan Paraffin-Cu Sensibel

Hasil laju penyerapan sensibel didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.6.

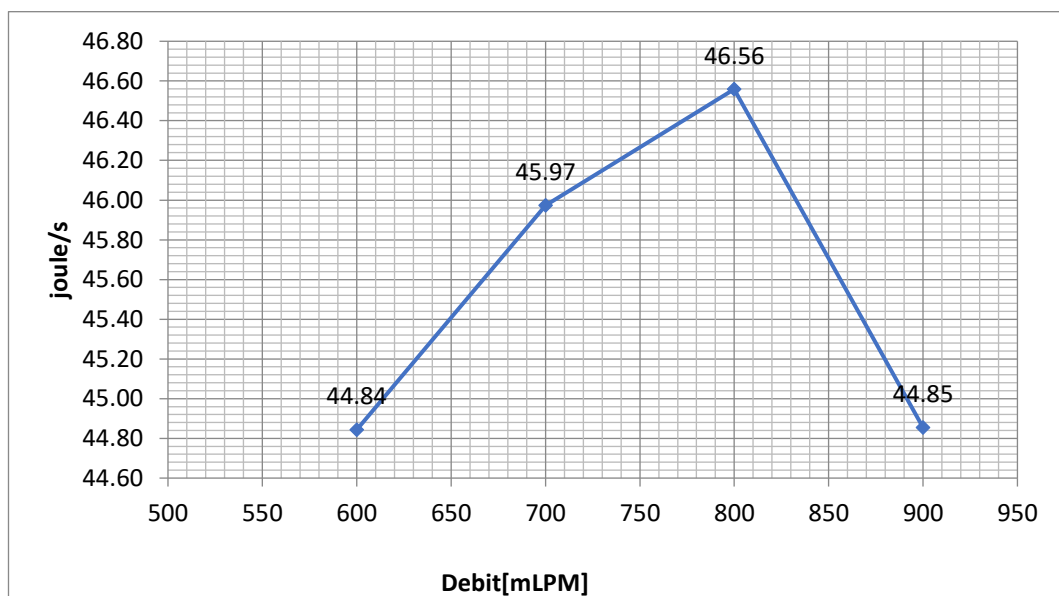
$$\text{Laju Penyerapan} = \frac{Q \text{ Kumulatif (J)}}{\text{Waktu Total (s)}} \quad (4.6)$$

$$\text{Laju Penyerapan} = \frac{297759.27}{6640}$$

$$\text{Laju Penyerapan} = 44.84 \text{ J/s}$$

Tabel 4.6 Data Laju Penyerapan Paraffin-Cu Sensibel

Debit	$Q_{\text{kumulatif}}$	Waktu Total	Laju Penyerapan
mLPM	J	s	J/s
600	297,759.27	6640	44.84
700	315,148.49	6855	45.97
800	298,206.15	6405	46.56
900	316,895.20	7065	44.85



**Gambar 4.34** Laju Penyerapan Parrafin-Cu Sensibel

Grafik pada gambar 4.34 menunjukkan laju penyerapan oleh paraffin-Cu selama proses *charging*. Kata sensibel yang dimaksud adalah ketika paraffin-

Cu belum mencapai titik lelehnya sehingga masih dalam keadaan padat. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa laju penyerapan campuran mengalami kenaikan jika dinaikan debitnya. Energi paling tinggi didapat oleh debit 800 dengan total energi 46.56 joule/s. Namun pada debit 900 terjadi penurunan yang cukup signifikan hal ini disebabkan terlalu lamanya campuran paraffin-Cu untuk mencapai suhu lelehnya dikarenakan laju penyerapan yang lambat. mengakibatkan Sehingga dalam perhitungan nilai pembagiannya akan besar (waktu total). Selain itu terjadi akibat faktor keterlambatan pengkoreksian rotameter yang mengakibatkan debit sempat turun pada awal- awal yaitu kondisi sensibel pada variasi debit 900 mLPM

#### 4.3.2. Laju Penyerapan Paraffin-Cu Laten

Hasil laju penyerapan laten didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.7.

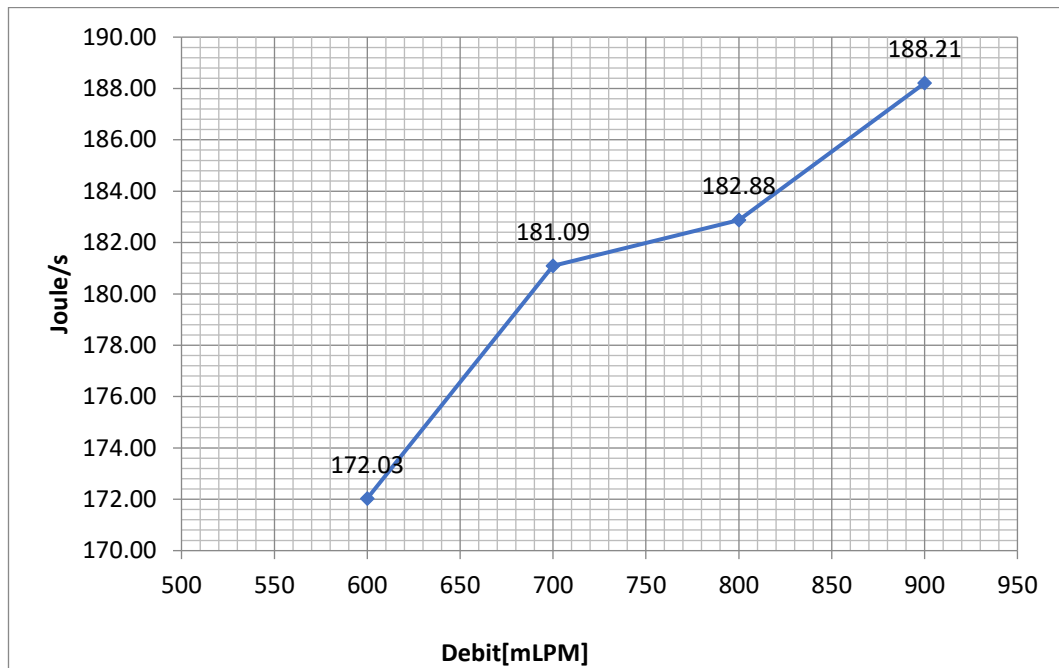
$$\text{Laju Penyerapan} = \frac{\Delta Q \text{ Kumulatif (J)}}{\Delta \text{Waktu (s)}} \quad (4.7)$$

$$\text{Laju Penyerapan} = \frac{537,598.63}{3125}$$

$$\text{Laju Penyerapan} = 172.03 \text{ J/s}$$

Tabel 4.7 Data Laju Penyerapan Paraffin-Cu Laten

Debit mLPM	$\Delta Q_{\text{kumulatif}}$ J	$\Delta \text{Waktu}$ s	<i>Laju Penyerapan</i> J/s
600	537,598.63	3125	172.03
700	719,842,63	3975	181.09
800	660,199.99	3610	182.88
900	683,186.66	3630	188.21



**Gambar 4.35** Laju Penyerapan Paraffin-Cu Laten

Grafik laju penyerapan yang bisa dilihat pada gambar 4.35 menunjukkan trend yang terus naik dari debit kecil ke debit besar. Debit 600 mendapat nilai laju penyerapan paraffin-Cu sebesar 172.03 joule/s dan terus meningkat pada variasi debit lainnya yang pada puncaknya debit 900 mendapat nilai 188.21 joule/s. Peningkatan yang signifikan terjadi pada debit 600 ke 700 dan 800 ke 900. Peristiwa tersebut berkaitan dengan jumlah grafik sebelumnya yaitu penyerapan paraffin-Cu sensibel. Kemungkinan jika energi sensibel besar maka laten kecil begitu pula sebaliknya.

#### 4.4 Laju Kenaikan Paraffin-Cu

##### 4.4.1. Laju Kenaikan paraffin Cu Sensibel

Hasil laju kenaikan paraffin Cu laten didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.8.

$$\text{Laju Kenaikan} = \frac{\Delta \text{temperatur } (^{\circ}\text{C})}{\Delta \text{Waktu (jam)}} \quad (4.8)$$

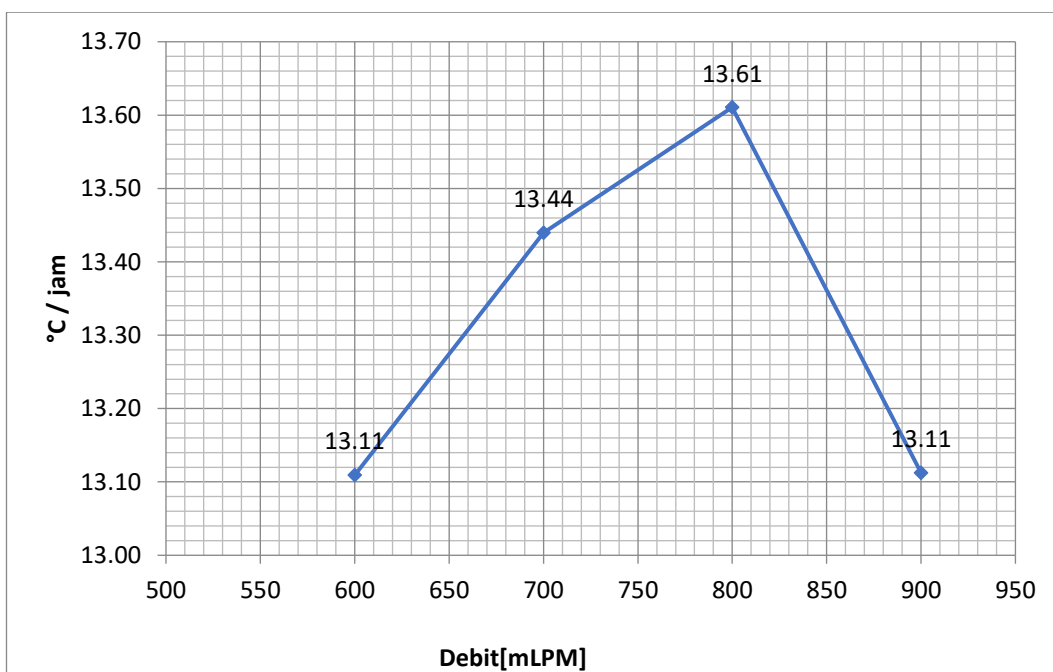
$$\text{Laju Kenaikan} = \frac{(52.18 - 28)}{(1.84 - 0)}$$



$$\text{Laju Kenaikan} = 13.11 \text{ } ^\circ\text{C/jam}$$

Tabel 4.8. Data Laju Kenaikan Parrafin-Cu Sensibel

Debit	$\Delta$ Temperatur	$\Delta$ Waktu	Laju Kenaikan
mLPM	$^\circ\text{C}$	jam	C/jam
600	24.18	1.84	13.11
700	28.59	1.9	13.44
800	24.22	1.78	13.61
900	25.73	1.96	13.11

**Gambar 4.36** Laju Kenaikan Parrafin-Cu Sensibel

Hasil *trendline* dari grafik pada gambar 4.36 hampir sama dengan grafik laju penyerapan paraffin-Cu sensibel. Hal ini karena kedua grafik tersebut saling berkaitan, dimana grafik ini didapat dengan cara mengurangi suhu campuran ketika masih dalam keadaan sensibel dengan suhu awal. Maka jika laju penyerapan kecil laju kenaikan pun juga kecil. Sehingga didapatkan hasil yang sama.

#### 4.4.2. Laju Kenaikan Laten

Hasil laju kenaikan paraffin Cu laten didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.9.

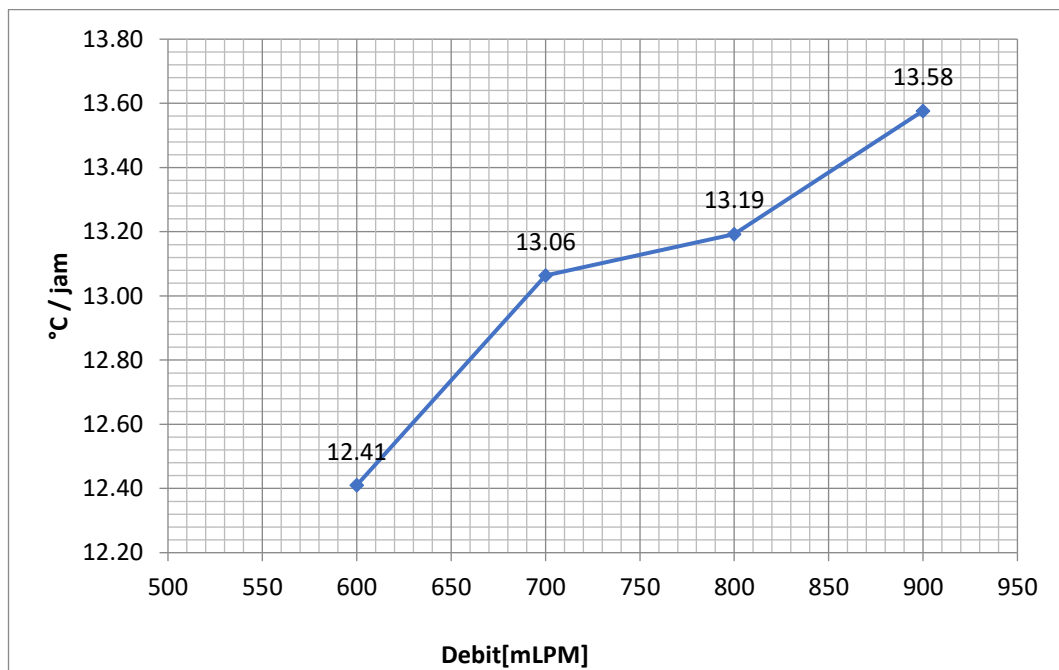
$$\text{Laju Kenaikan} = \frac{\Delta \text{temperatur } (^\circ\text{C})}{\Delta \text{waktu (jam)}} \quad (4.9)$$

$$\text{Laju Kenaikan} = \frac{(62.96 - 52.19)}{(2.714 - 1.846)}$$

$$\text{Laju Kenaikan} = 12.41 \text{ } ^\circ\text{C/jam}$$

Tabel 4.9 Data Laju Kenaikan Paraffin-Cu Laten

Debit	$\Delta$ Temperatur	$\Delta$ Waktu	Laju Kenaikan
mLPM	$^\circ\text{C}$	jam	C/jam
600	10.77	0.868	13.11
700	14.42	1.104	13.06
800	13.23	1.003	13.19
900	13.69	1.008	13.58



Gambar 4.37 Grafik Laju Kenaikan Paraffin-Cu Sensibel

Hasil *trendline* dari grafik pada gambar 4.37 hampir sama dengan grafik laju penyerapan paraffin-Cu laten. Hal ini karena kedua grafik tersebut saling berkaitan, dimana grafik ini didapat dengan cara mengurangi suhu campuran akhir yang dalam keadaan laten dengan suhu awal mulai menjadi kalor laten. Maka jika laju penyerapan kecil laju kenaikanpun juga kecil. Sehingga didapatkan hasil yang sama.

#### 4.5. Laju Penyerapan dan Kenaikan kalor air.

##### 4.5.1. Laju Penyerapan Kalor Air.

Hasil laju penyerapan kalor air didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.10.

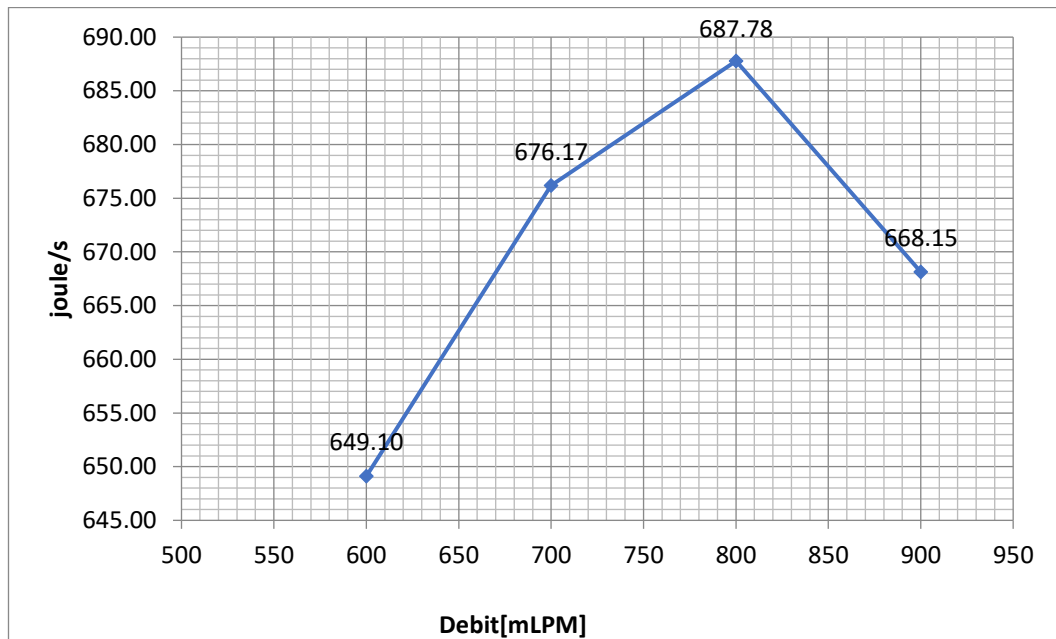
$$\text{Laju Penyerapan} = \frac{Q_{\text{kum air}} (J)}{\text{waktu total} (s)} \quad (4.10)$$

$$\text{Laju Penyerapan} = \frac{(634,174,4.14)}{(9770)}$$

$$\text{Laju Penyerapan} = 649.10 \text{ Joule/sec}$$

Tabel 4.10 Data Penyerapan Kalor Air

Debit mLPM	Q <sub>kum air</sub> J	Waktu sec	Laju Penyerapan J/s
600	634,174,4.14	9770	649.10
700	7,326,287.75	10835	676.17
800	6,891,512.37	10020	687.78
900	7,149,182.09	10700	668.15



**Gambar 4.38** Laju Penyerapan kalor air

Grafik gambar 4.38 menunjukkan bahwa nilai yang didapat berkisar diantara 649.10 joule/s hingga 687.78 joule/s. Nilai diatas bila dibandingkan dengan laju penyerapan kalor oleh paraffin Cu sangat berbeda. Hal ini disebabkan karena prosentase dari air jauh lebih besar bila dibandingkan dengan prosentase paraffin Cu. Nilai penyerapan suhu oleh air ini akan mempengaruhi nilai penyerapan suhu oleh paraffin. Pengaruh ini bisa dilihat pada debit 800 mLPM.

#### 4.5.2. Laju Kenaikan Kalor Air.

Hasil laju penyerapan kalor air didapat dengan menggunakan rumus persamaan 4.10.

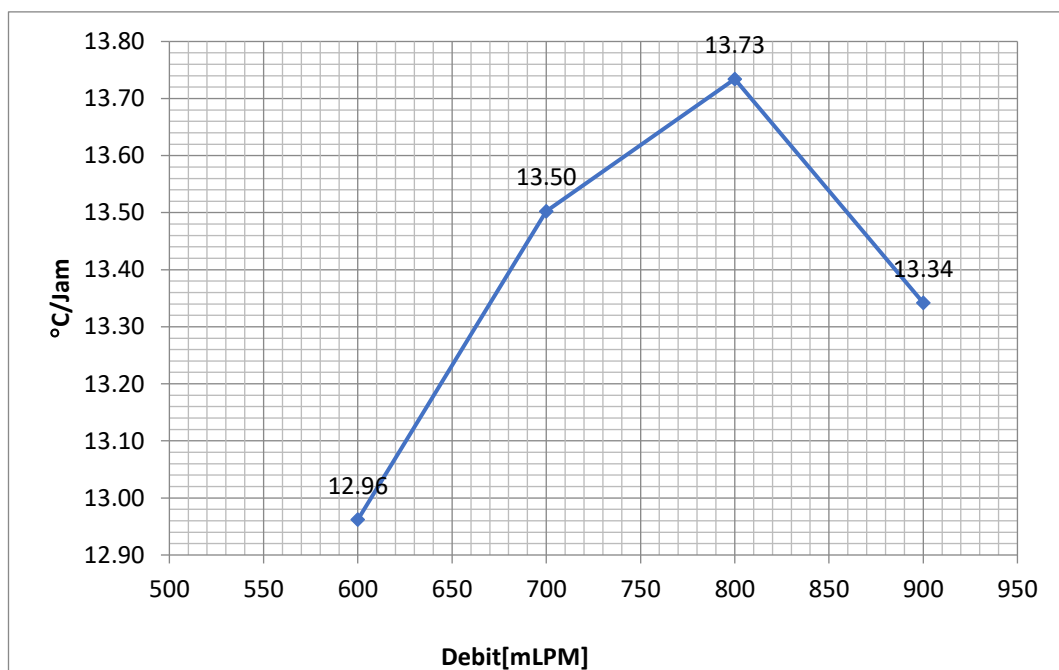
$$\text{Laju Kenaikan} = \frac{\Delta \text{Suhu rata rata air (} ^\circ\text{C)}}{\text{waktu total (Jam)}} \quad (4.11)$$

$$\text{Laju Kenaikan} = \frac{(35.18)}{(2.714)}$$

$$\text{Laju Kenaikan} = 12.96 \text{ } ^\circ\text{C/Jam}$$

Tabel 4.11 Data Laju Kenaikan Kalor Air

Debit	$\Delta$ Suhu rata - rata air	Waktu	Laju Kenaikan
mLPM	$^{\circ}\text{C}$	Jam	$^{\circ}\text{C}/\text{jam}$
600	35.18	2.714	12.96
700	40.64	3.010	13.50
800	38.23	2.783	13.73
900	39.66	2.972	13.34

**Gambar 4.39** Laju Penyerapan Kalor Air

Grafik laju kenaikan yang bisa dilihat pada gambar 4.39 ini sangat dipengaruhi oleh hasil yang diperoleh pada laju penyerapan. Hal tersebut karena semakin besar laju penyerapan kalor pada air maka perubahan suhu semakin cepat dan perbedaan suhu yang didapatpun semakin besar, sementara waktu konstan.