

## **BAB IV**

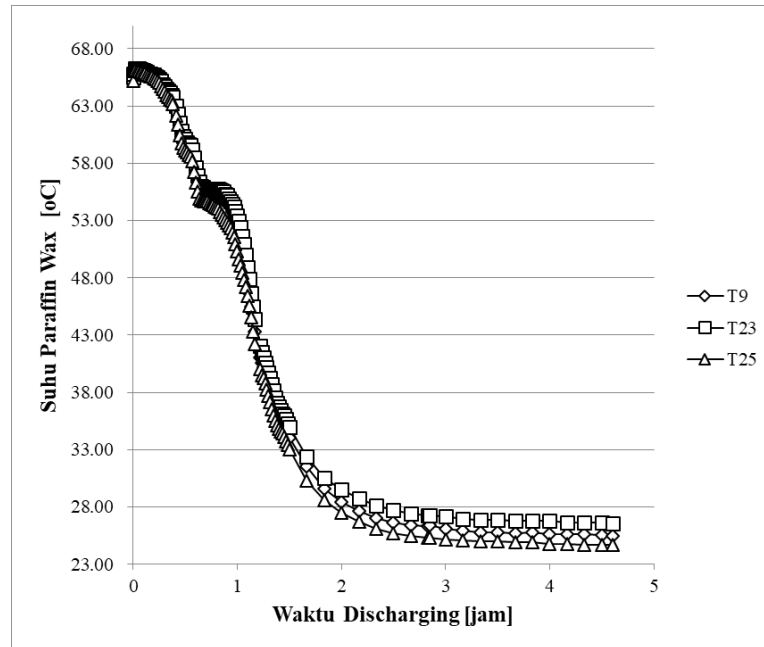
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 1 LPM**

Penelitian laju pelepasan kalor yang terjadi dari PCM ke HTF perlu dilakukan adanya pengamatan pelepasan temperature PCM pada arah aksial, arah vertical, dan arah horizontal yang terletak di dalam tangki TES. Hasil dari pengamatan yang dilihat dari 26 titik termokopel yang tersebar pada tangki TES, posisi dapat di lihat pada Gambar 3.11. dan dilakukan dengan variasi debit laju aliran 1 LPM, 1.5 LPM, 2 LPM, dan 2.5 LPM pada proses *discharging* bertahap. Proses pengambilan data *discharging* secara bertahap dengan melakukan membuka dan menutup katup secara aturan dengan jeda waktu lima menit. Hingga suhu pada T32 mencapai 35°C. Laju pelepasan temperature dengan variasi 1 LPM relative lebih lama dibandingkan variasi lainya karena debit air yang di keluarkan kecil dan selesai pengambilan data 4 jam 36 menit 25 detik.

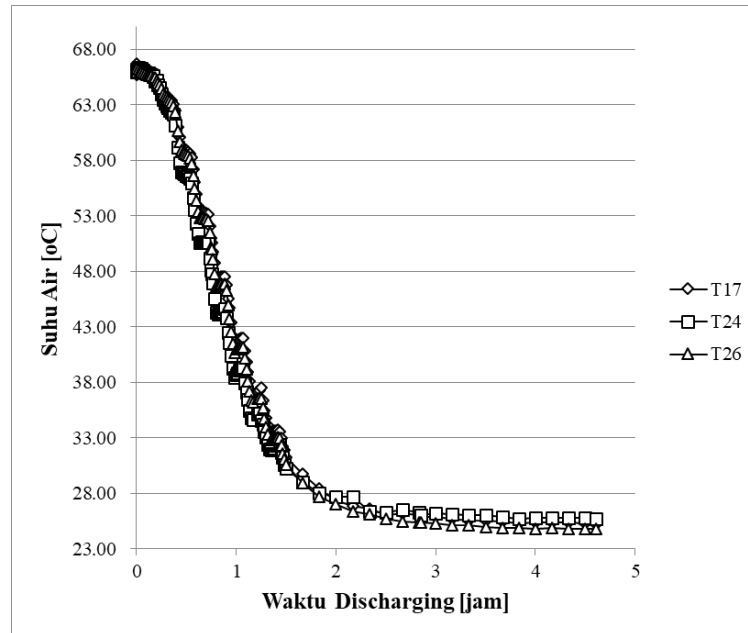
##### **4.1.1. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Aksial**

Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 1 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu paraffin wax dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.1 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 1. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Aksial

Grafik menunjukkan bahwa suhu pada ketiga termokopel tersebut tidak mengalami kenaikan suhu namun pada 0,6 sampai 0,9 jam *paraffin wax* sempat menahan suhu sekitar 55 °C sampai 56 °C. Kejadian ini di sebabkan adanya pelepasan kalor dari PCM ke HTF tidak mengalami kenaikan, namun suhu HTF mengalami kenaikan saat katup air kran ditutup selama 5 menit. Setelah 55 menit penelitian berlangsung pengujian ketiga termokopel mengalami penurunan secara stabil karena fasa lilin berubah menjadi solid pada suhu 54,5 °C.



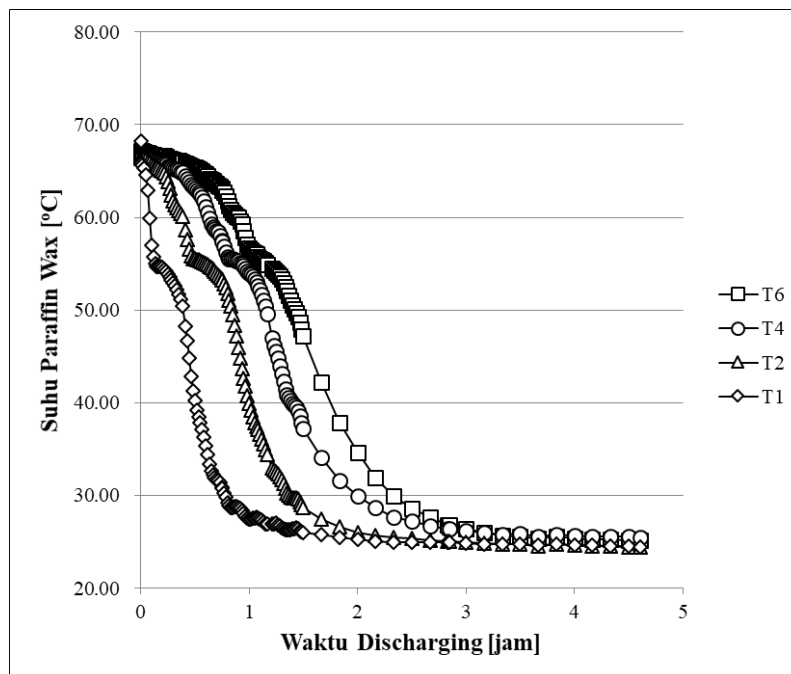
Gambar 4. 2. Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial

Grafik pada aksial air cenderung terdapat kenaikan suhu yang terlihat dari grafik sebelumnya *paraffin wax*. Grafik yang naik turun terpengaruh pada proses *discharging* bertahap di karenakan adanya variasi buka tutup katup dalam 5 menit. Naiknya suhu terjadi karena pada saat katup di tutup air menyerap panas dari PCM. Sehingga saat kran di tutup suhu akan mengalami kenaikan rata-rata 1-2 °C pada waktu 0,4 sampai 1,5 jam dan pada waktu 1,5 sampai 4,36 jam suhu air dalam tangki pengalangi penurunan konstan seterusnya sampai suhu 26 °C yaitu suhu dari air kran.

Suhu yang di peroleh ketiga termokopel dari 0,8 sampai 1,4 jam memperoleh grafik naik turun karena terjadi pelepasan kalor dan setelah 1,4 jam suhu pipa cenderung stabil tidak mengalami kenaikan kenaikan karena *paraffin wax* berat dan sudah berubah fas menjadi solid sempurna. Ketiga suhu pada termokopel tidak mengalami perbedaan yang signifikan, karena variasi debit air yang digunakan kecil sehingga turbulen air yang terjadi juga kecil. Dapat disimpulkan maka semakin debit air yang dipakai besar maka akan terjadi turbulen yang besar juga dan akan membuat ketiga termokopel mengalami perubahan suhu yang besar.

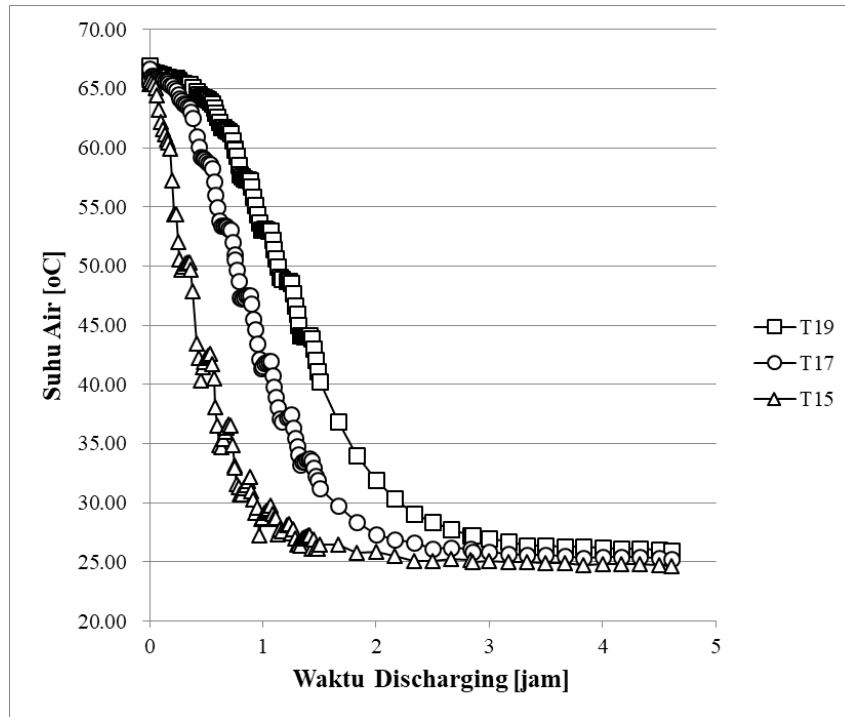
#### 4.1.2. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Vertikal

Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 1 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu paraffin wax dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.3 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 3. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Vertikal

Pada suhu termokopel T1 pengambilan data mengalami penurunan drastis dan suhu menjadi lebih rendah dibanding ketiga termokopel lainnya. Turunya suhu termokopel T1 dipengaruhi oleh letak pipa tembaga yang berada paling dekat dengan input air dari kran yang masuk kedalam tangki TES. Namun suhu termokopel T6 memiliki suhu yang relative konstan karena letak dari pipa tembaga yang paling jauh dari input air kran. Penurunan suhu yang terjadi pada termokopel T6 terjadi pada 0 sampai 1 jam yaitu berkisar 11 °C, suhu T4 berkisar 13 °C, suhu T2 berkisar 27 °C dan suhu T1 pada 0 sampai 1 jam berkisar 38 °C. sehingga pelepasan kalor paling cepat terjadi pada suhu termokopel T1 dalam jangka waktu satu jam.

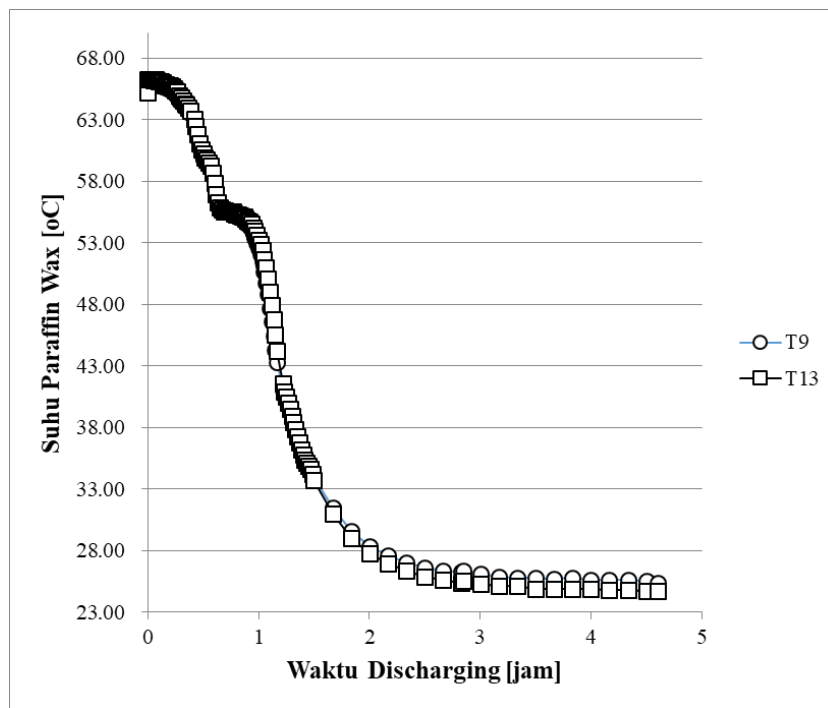


Gambar 4. 4. Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal

Pada suhu termokopel T15 pengambilan data mengalami penurunan drastis dan suhu menjadi lebih rendah dari ketiga suhu termokopel lainnya. Turunya suhu termokopel T15 dipengaruhi juga oleh letak termokopel yang berdekatan langsung dengan input air dari kran yang masuk ke dalam tangki TES. Namun suhu termokopel T19 memiliki suhu yang relative konstan karena letaknya yang jauh dari input air yang masuk ke tangki TES. Penurunan suhu T19 pada 0 sampai 1 jam berkisar 14°C, suhu T17 berkisar 24°C, dan suhu T15 pada 0 sampai 1 jam berkisar 37°C. sehingga pelepasan kalor paling cepat terjadi pada suhu termokopel T15 selama satu jam. Naik turunnya suhu yang terjadi dikarenakan adanya variasi *discharging* bertahap setiap 5 menit.

#### 4.1.3. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Horisontal

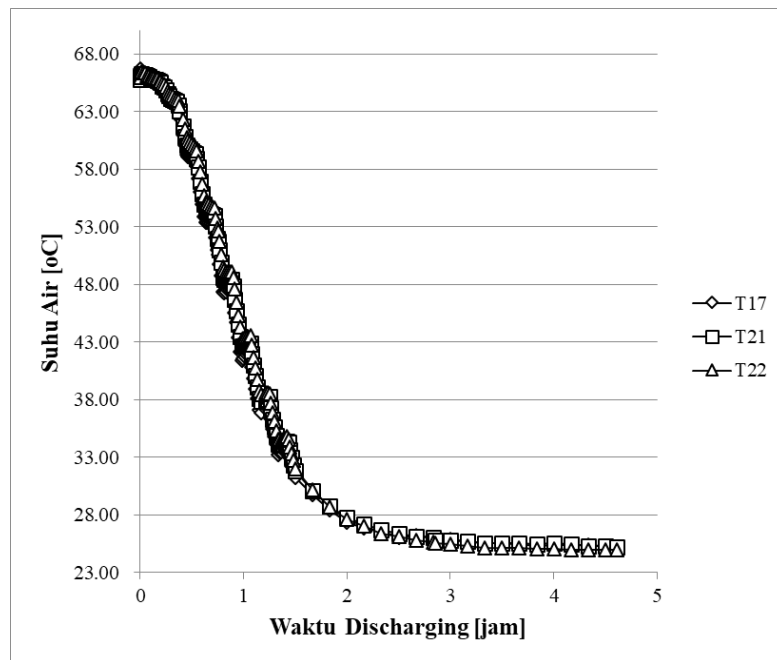
Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 1 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu paraffin wax dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.5 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 5. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Horisontal

Pada suhu termokopel T9 dan T13 dari 0 sampai 1 jam tidak mengalami perbedaan yang signifikan di karenakan variasi debit yang digunakan kecil yaitu 1 LPM dan memiliki selisih suhu tidak sampai 1°C. Pada waktu 0 sampai 1,5 jam suhu termokopel T13 lebih tinggi di bandingkan suhu termokopel T9 namun ketika masuk 1,5 sampai 4,36 jam suhu termokopel T9 lebih tinggi di bandingkan suhu termokopel T13. Suhu termokopel T9 pada saat awal pengambilan data rendah di karenakan pipa tembaga yang terletak paling dekat jalur air yang mengalir dari kran. Sehingga saat katup kran dibuka T9 akan lebih dahulu terkena air di bandingkan T13 yang terletak di samping T9.

Grafik menunjukkan bahwa suhu termokopel keduanya tidak mengalami kenaikan, namun pada 0,6 sampai 0,9 jam *paraffin wax* sempat menahan suhu sekitar 55,5 °C. Kejadian ini disebabkan adanya pelepasan kalor dari PCM ke HTF sehingga suhu dari PCM tidak terjadi kenaikan akan tetapi HTF mengalami kenaikan suhu pada saat katup kran di tutup.



Gambar 4. 6. Evolusi Suhu Air dalam Arah Horizontal

Grafik horizontal air cenderung mengalami kenaikan suhu dibandingkan dengan grafik horizontal *paraffin wax*. Proses *discharging* bertahap sangat mempengaruhi adanya kenaikan atau penurunan suhu yang terjadi pada saat kran dibuka dan ditutup selama 5 menit. Kenaikan suhu yang terjadi diakibatkan pada saat katup kran di tutup sehingga air menyerap panas dari PCM. Kenaikan suhu hanya terjadi dari 0,8 sampai 1,4 jam kemudian ketiga termokopel tidak mengalami kenaikan suhu dan penurunan suhu stabil sampai pengujian selesai.

Ketiga suhu termokopel rata-rata tidak mengalami perbedaan yang signifikan dikarenakan variasi debit yang digunakan kecil yaitu 1 LPM dan memiliki selisih suhu yang kecil tidak sampai 2 °C. Maka dari itu dapat disimpulkan semakin besar debit yang

dipakai maka akan membuat ketiga suhu termokopel mengalami perubahan suhu yang besar.

#### 4.1.4. Grafik Energi Kumulatif

Energi kumulatif merupakan energi yang dilepas saat proses discharging dari awal penelitian hingga selesai dan didapatkan dengan menggunakan persamaan 4.1.

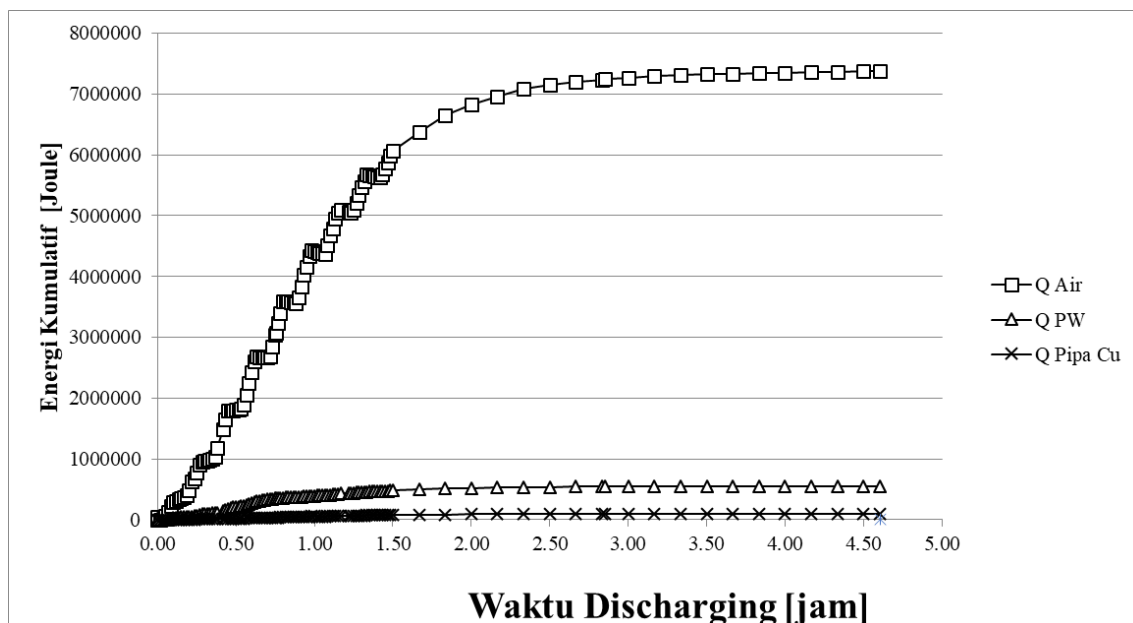
$$Q_{kum} = m \times c_p \times \Delta T \quad (4.1)$$

$$Q_{kum} = 43.13 \times 4180 \times (66.17 - 25.25)$$

$$Q_{kum} = 7,377,020.99 \text{ J}$$

Tabel 4. 1. Energi Kumulatif 1 LPM

Bahan	cp	Massa	T1	T2	ΔT	Q kum
	[J/(kg.K)]	[kg]	°C	°C	°C	(J)
Air	4180	43.13	66.17	25.25	40.92	7,377,020.99
Pipa Cu	390	5.91	66.72	24.90	41.83	96,338.79
PW	2000	6.7	66.14	25.05	41.09	550,521.02



Gambar 4. 7. Grafik Energi Komulatif



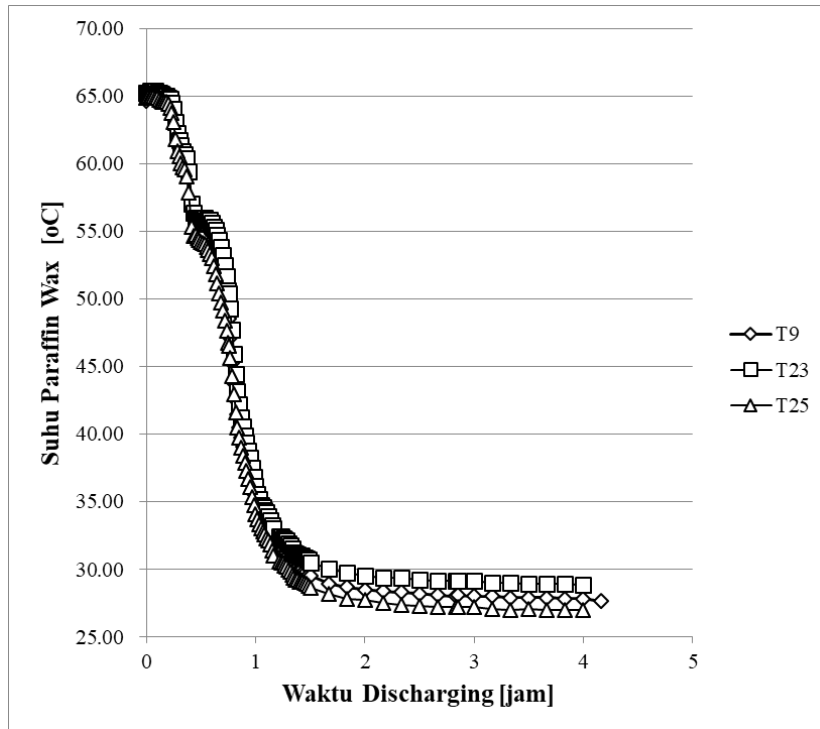
Pada penelitian ini dapat dilihat grafik pada Q pipa *Cu* lebih rendah dari air dan *paraffin wax Cu* disebabkan nilai  $C_p$  yang rendah yaitu 390 J/kg.K, sedangkan nilai  $C_p$  air 4180 J/kg.K dan  $C_p$  *Paraffin Wax* 2000 J/kg.K. Naik turunnya grafik yang terjadi dari 0 sampai 1,5 jam dipengaruhi adanya variasi bertahap pada proses *Discharging*. Grafik Q *Paraffin Wax* mengalami kenaikan signifikan pada 0 sampai 0,7 jam sebanyak 5 sampai 10 kJ, setelah 0,7 jam laju kenaikan hanya sebesar 2 sampai 3 kJ dan relatif stabil. Grafik Q pipa *Cu* mengalami kenaikan relatif stabil sebesar 0,1 sampai 0,3 kJ. Kenaikan grafik paling signifikan terjadi pada Q air pada 0-1,8 jam sebesar 70- sampai 0 kJ, setelah 1,8 jam relatif mengalami kenaikan lebih stabil.

#### **4.2. Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 1,5 LPM**

Penelitian laju pelepasan kalor yang terjadi dari PCM ke HTF perlu dilakukan adanya pengamatan pelepasan temperature PCM pada arah aksial, arah vertical, dan arah horizontal yang terletak di dalam tangki TES. Hasil dari pengamatan yang dilihat dari 26 titik termokopel yang tersebar pada tangki TES, posisi dapat dilihat pada Gambar 3.11 dan dilakukan dengan variasi debit laju aliran 1 LPM, 1.5 LPM, 2 LPM, dan 2.5 LPM pada proses *discharging* bertahap. Proses pengambilan data *discharging* secara bertahap dengan melakukan membuka dan menutup katup secara aturan dengan jeda waktu 5 menit. Hingga suhu pada T32 mencapai 35°C. Laju pelepasan temperature dengan variasi 1,5 LPM relative lebih lama dibandingkan variasi lainnya karena debit air yang dikeluarkan kecil dan selesai pengambilan data 4 jam 9 menit 55 detik.

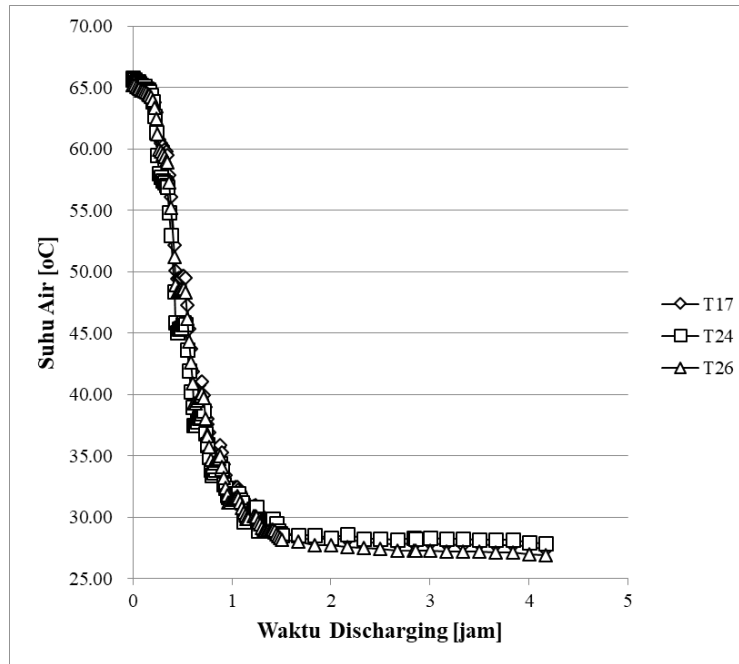
##### **4.2.1. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Aksial**

Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 1,5 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu *paraffin wax* dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.8 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 8. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Aksial

Grafik menunjukkan bahwa suhu pada ketiga termokopel tersebut tidak mengalami kenaikan suhu namun pada 0,4 sampai 0,6 jam *paraffin wax* sempat menahan suhu sekitar 56°C. Kejadian ini di sebabkan adanya pelepasan kalor dari PCM ke HTF tidak mengalami kenaikan, namun suhu HTF mengalami kenaikan saat katup air kran ditutup selama 5 menit. Setelah 0,6 jam penelitian berlangsung pengujian ketiga termokopel mengalami penurunan secara stabil karena fasa lilin berubah menjadi solid pada suhu 53°C.



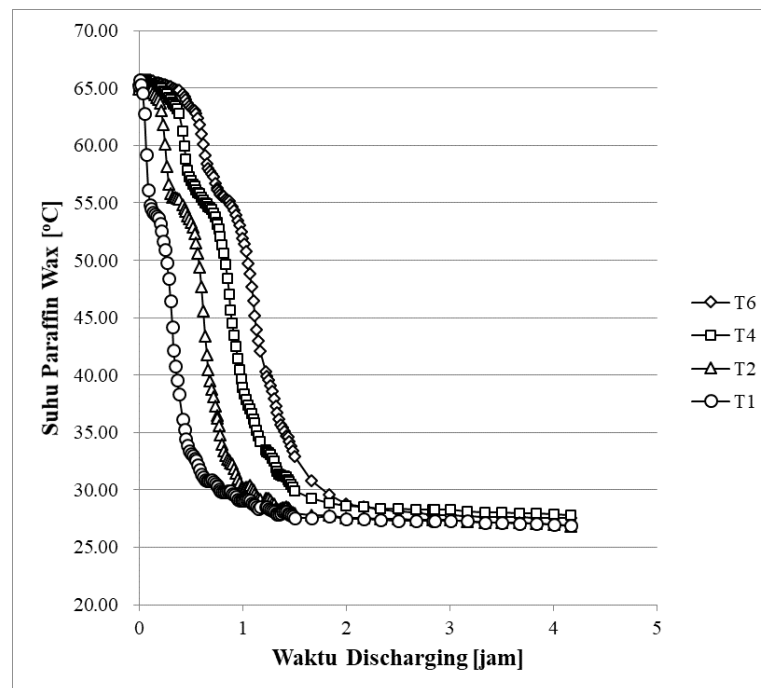
Gambar 4. 9. Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial

Grafik pada aksial air cenderung terdapat kenaikan suhu yang terlihat dari grafik sebelumnya *paraffin wax*. Grafik yang naik turun terpengaruh pada proses *discharging* bertahap dikarenakan adanya variasi buka tutup katup dalam 5 menit. Naiknya suhu terjadi karena pada saat katup di tutup air menyerap panas dari PCM. Sehingga saat kran di tutup suhu akan mengalami kenaikan rata-rata 1-2 °C pada waktu 0,4 sampai 1,4 jam dan pada waktu 1,4 sampai 4,9 jam suhu air dalam tangki mengalami penurunan konstan seterusnya sampai suhu 28 °C yaitu suhu dari air kran.

Suhu yang di peroleh ketiga termokopel dari 0 sampai 1,4 jam memperoleh grafik naik turun karena terjadi pelepasan kalor dan setelah 1,4 jam suhu pipa cenderung stabil tidak mengalami kenaikan kenaikan karena *paraffin wax* berat dan sudah berubah fas menjadi solid sempurna. Ketiga suhu pada termokopel tidak mengalami perbedaan yang signifikan, karena variasi debit air yang digunakan kecil sehingga turbulen air yang terjadi juga kecil. Dapat disimpulkan maka semakin debit air yang dipakai besar maka akan terjadi turbulen yang besar juga dan akan membuat ketiga termokopel mengalami perubahan suhu yang besar.

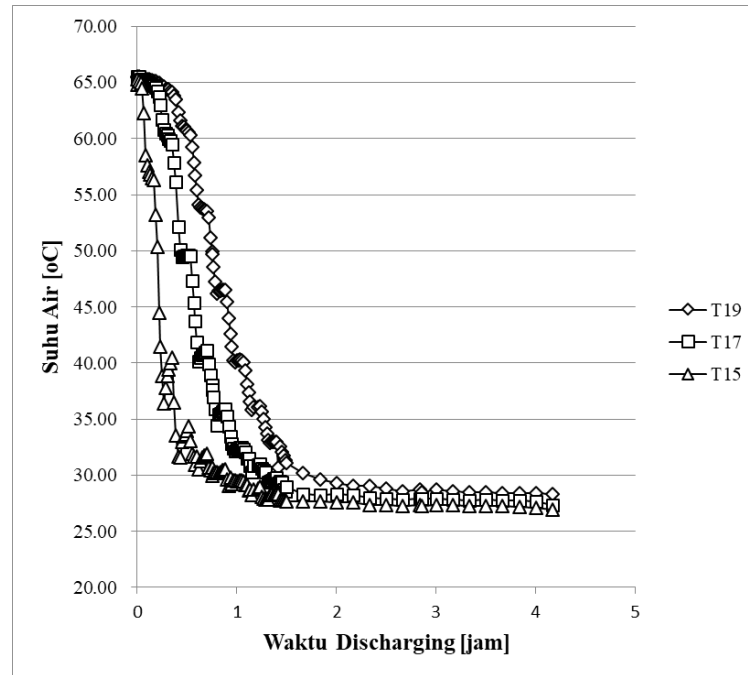
#### 4.2.2. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Vertikal

Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 1,5 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu paraffin wax dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.10 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 10. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Vertikal

Pada suhu termokopel T1 pengambilan data mengalami penurunan drastis dan suhu menjadi lebih rendah dibanding ketiga termokopel lainnya. Turunya suhu termokopel T1 dipengaruhi oleh letak pipa tembaga yang berada paling dekat dengan input air dari kran yang masuk kedalam tangki TES. Namun suhu termokopel T6 memiliki suhu yang relative konstan karena letak dari pipa tembaga yang paling jauh dari input air kran. Penurunan suhu yang terjadi pada termokopel T6 terjadi pada 0 sampai 1 jam yaitu berkisar 14 °C, suhu T4 berkisar 27 °C, suhu T2 berkisar 36 °C dan suhu T1 pada 0 sampai 1 jam berkisar 38 °C. sehingga pelepasan kalor paling cepat terjadi pada suhu termokopel T1 dalam jangka waktu satu jam.

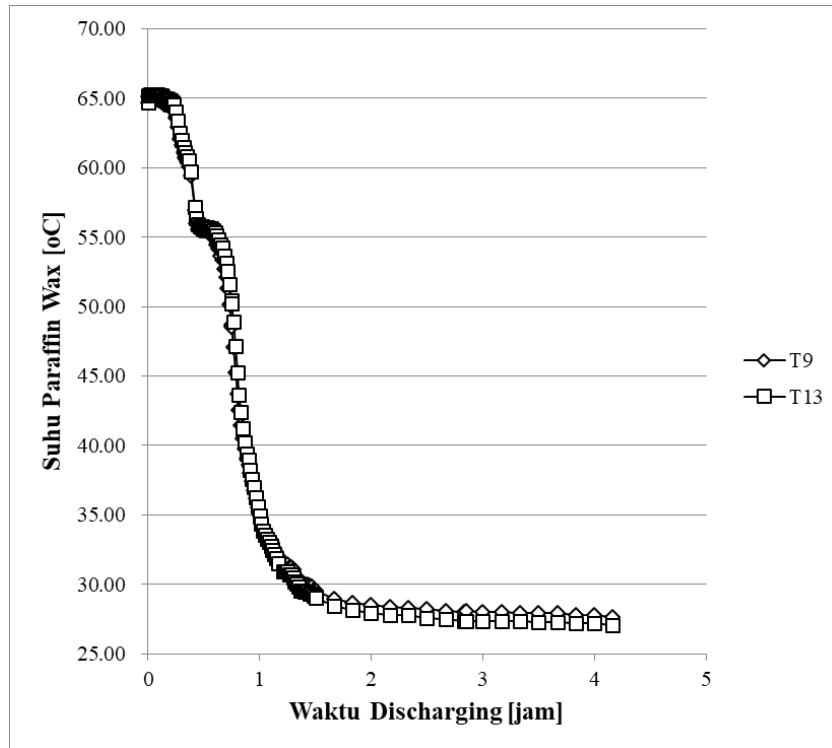


Gambar 4. 11. Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal

Pada suhu termokopel T15 pengambilan data mengalami penurunan drastis dan suhu menjadi lebih rendah dari ketiga suhu termokopel lainnya. Turunya suhu termokopel T15 dipengaruhi juga oleh letak termokopel yang berdekatan langsung dengan input air dari kran yang masuk ke dalam tangki TES. Namun suhu termokopel T19 memiliki suhu yang relative konstan karena letaknya yang jauh dari input air yang masuk ke tangki TES. Penurunan suhu T19 pada 0 sampai 1 jam berkisar 25 °C, suhu T17 berkisar 34 °C, dan suhu T15 pada 0 sampai 1 jam berkisar 36 °C. sehingga pelepasan kalor paling cepat terjadi pada suhu termokopel T15 selama satu jam. Naik turunnya suhu yang terjadi dikarenakan adanya variasi *discharging* bertahap setiap 5 menit.

#### 4.2.3. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Horisontal

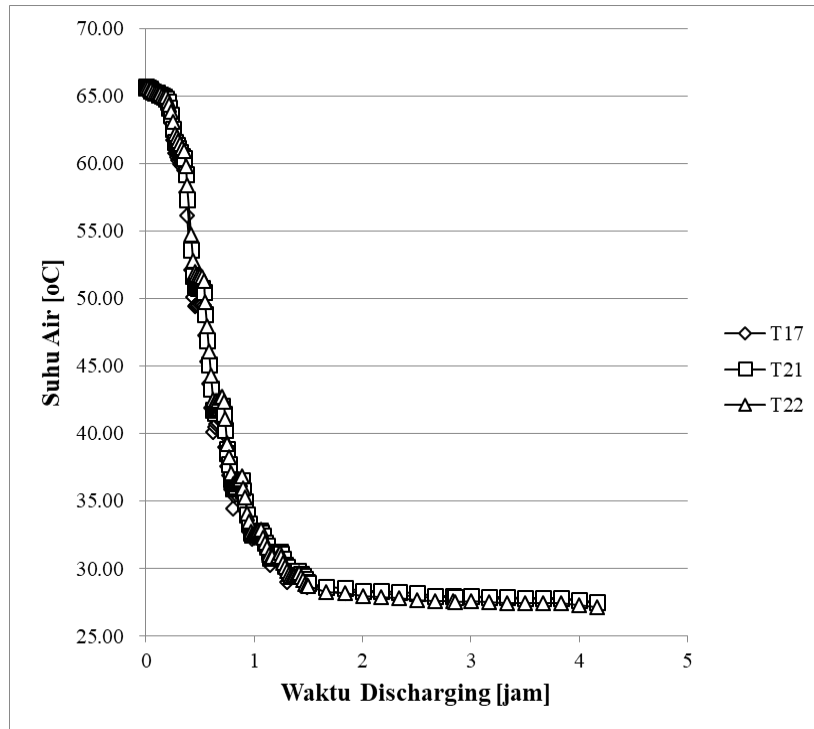
Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 1,5 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu paraffin wax dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.12 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 12. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Horizontal

Pada suhu termokopel T9 dan T13 dari 0 sampai 1 jam tidak mengalami perbedaan yang signifikan di karenakan varasi debit yang digunakan kecil dan memiliki selisih suhu tidak sampai 1 °C. Pada waktu 0 sampai 1 jam suhu termokopel T13 lebih tinggi di bandingkan suhu termokopel T9 namun ketika masuk 1 sampai 4,9 jam suhu termokopel T9 lebih tinggi di bandingkan suhu termokopel T13. Suhu termokopel T9 pada saat awal pengambilan data rendah di karenakan pipa tembaga yang terletak paling dekat jalur air yang mengalir dari kran. Sehingga saat katup kran dibuka T9 akan lebih dahulu terkena air di bandingkan T13 yang terletak di samping T9.

Grafik menunjukkan bahwa suhu termokopel keduanya tidak mengalami kenaikan, namun pada 0,4 sampai 0,6 jam *paraffin wax* sempat menahan suhu sekitar 56 °C. Kejadian ini disebabkan adanya pelepasan kalor dari PCM ke HTF sehingga suhu dari PCM tidak terjadi kenaikan akan tetapi HTF mengalami kenaikan suhu pada saat katup kran di tutup.



Gambar 4. 13. Evolusi Suhu Air dalam Arah Horizontal

Grafik horisontal air cenderung mengalami kenaikan suhu dibandingkan dengan grafik horisontal *paraffin wax*. Proses *discharging* bertahap sangat mempengaruhi adanya kenaikan atau penurunan suhu yang terjadi pada saat kran dibuka dan ditutup selama 5 menit. Kenaikan suhu yang terjadi diakibatkan pada saat katup kran ditutup sehingga air menyerap panas dari PCM. Kenaikan suhu hanya terjadi dari 0,4 sampai 1,4 jam kemudian ketiga termokopel tidak mengalami kenaikan suhu dan penurunan suhu stabil sampai pengujian selesai.

Ketiga suhu termokopel rata-rata tidak mengalami perbedaan yang signifikan dikarenakan variasi debit yang digunakan kecil dan memiliki selisih suhu yang kecil tidak sampai 2°C. Maka dari itu dapat disimpulkan semakin besar debit yang dipakai maka akan membuat ketiga suhu termokopel mengalami perbedaan suhu yang besar.

#### 4.2.4. Grafik Energi Kumulatif

Energi kumulatif merupakan energi yang dilepas saat proses discharging dari awal penelitian hingga selesai dan didapatkan dengan menggunakan persamaan 4.2.

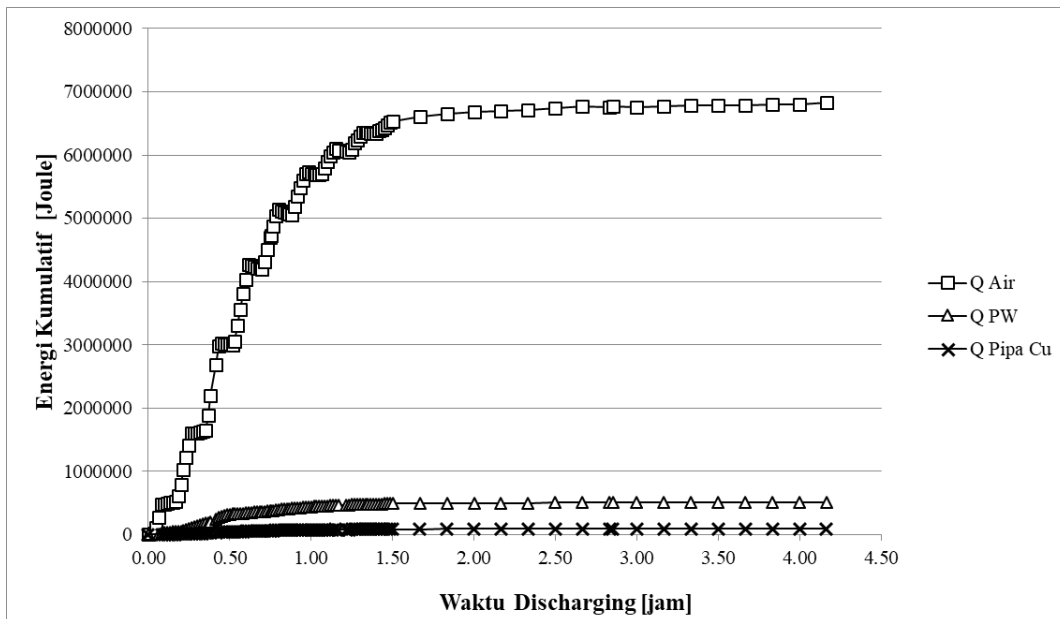
$$Q_{kum} = m \times c_p \times \Delta T \quad (4.2)$$

$$Q_{kum} = 43.13 \times 4180 \times (65.37 - 27.46)$$

$$Q_{kum} = 6,834,016.02 \text{ J}$$

Tabel 4. 2. Energi Kumulatif 1,5 LPM

Bahan	cp	Massa	T1	T2	ΔT	Q kum
	[J/(kg.K)]	[kg]	°C	°C	°C	(J)
Air	4180	43.13	65.37	27.46	37.91	6,834,016.02
Pipa Cu	390	5.91	64.84	27.19	37.65	86,729.57
PW	1839	6.7	64.98	27.37	37.61	503,436.77



Gambar 4. 14. Grafik Energi Komulatif



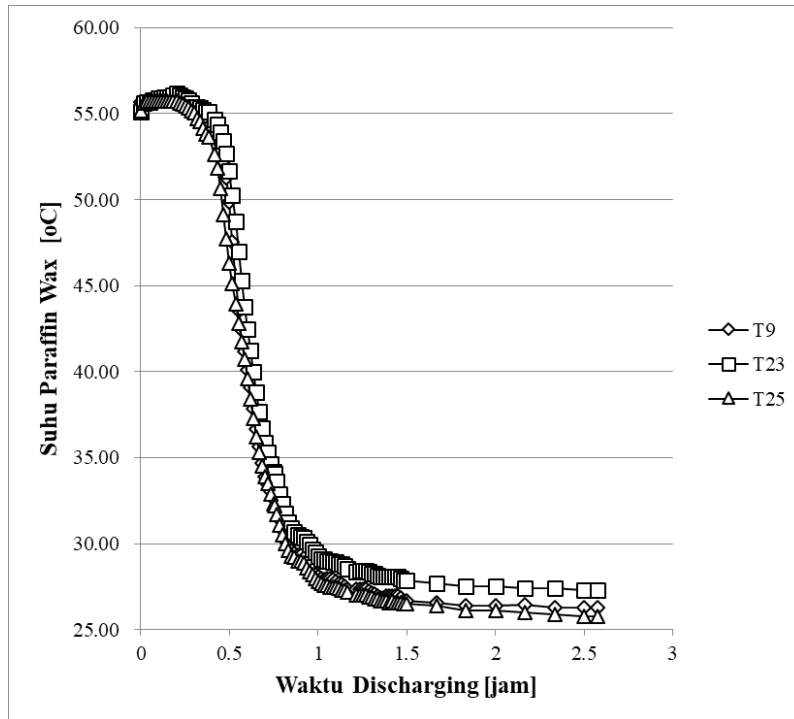
Pada penelitian ini dapat dilihat grafik pada Q pipa *Cu* lebih rendah dari air dan *paraffin wax Cu* disebabkan nilai  $C_p$  yang rendah yaitu 390 J/kg.K, sedangkan nilai  $C_p$  air 4180 J/kg.K dan  $C_p$  *Paraffin Wax* 2000 J/kg.K. Naik turunnya grafik yang terjadi dari 0 sampai 1,5 jam di pengaruhi adanya variasi bertahap pada proses *Discharging*. Grafik Q *Paraffin Wax* mengalami kenaikan signifikan pada 0-0,8 jam sebanyak 5 sampai 10 kJ, setelah 0,8 jam laju kenaikan hanya sebesar 2 sampai 3 kJ dan relatif stabil. Grafik Q pipa *Cu* mengalami kenaikan relatif stabil sebesar 0,1 sampai 0,3 kJ. Kenaikan grafik paling signifikan terjadi pada Q air pada 0 sampai 1,5 jam sebesar 70 sampai 80 kJ, setelah 1,5 jam relatif mengalami kenaikan lebih stabil.

#### **4.3. Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 2 LPM**

Penelitian laju pelepasan kalor yang terjadi dari PCM ke HTF perlu dilakukan adanya pengamatan pelepasan temperature PCM pada arah aksial, arah vertical, dan arah horizontal yang terletak di dalam tangki TES. Hasil dari pengamatan yang dilihat dari 26 titik termokopel yang tersebar pada tangki TES, posisi dapat dilihat pada Gambar 3.11. dan dilakukan dengan variasi debit laju aliran 1 LPM, 1.5 LPM, 2 LPM, dan 2.5 LPM pada proses *discharging* bertahap. Proses pengambilan data *discharging* secara bertahap dengan melakukan membuka dan menutup katup secara aturan dengan jeda waktu 5 menit. Hingga suhu pada T32 mencapai 35°C. Laju pelepasan temperature dengan variasi 2 LPM relatif lebih cepat dibandingkan variasi sebelumnya karena debit air yang di keluarkan besar dan selesai pengambilan data 2 jam 34 menit 25 detik.

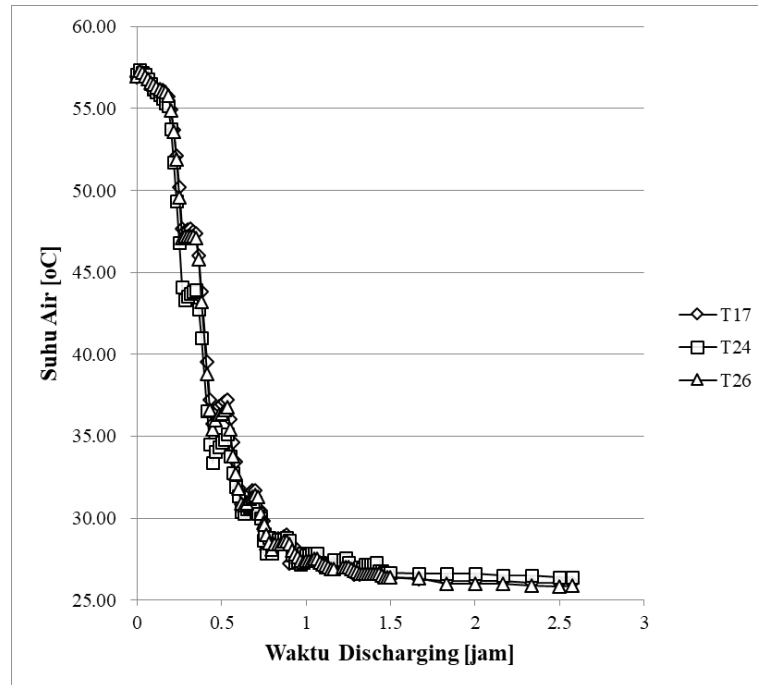
##### **4.3.1. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Aksial**

Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 2 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu *paraffin wax* dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.15 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 15. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Aksial

Grafik menunjukkan bahwa suhu pada ketiga termokopel tersebut tidak mengalami kenaikan suhu namun pada 0 sampai 0,4 jam *paraffin wax* sempat menahan suhu sekitar 56 °C. Kejadian ini di sebabkan adanya pelepasan kalor dari PCM ke HTF tidak mengalami kenaikan, namun suhu HTF mengalami kenaikan saat katup air kran ditutup selama 5 menit. Setelah 0,4 jam penelitian berlangsung pengujian ketiga termokopel mengalami penurunan secara stabil karena fasa lilin berubah menjadi solid pada suhu 54 °C.



Gambar 4. 16. Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial

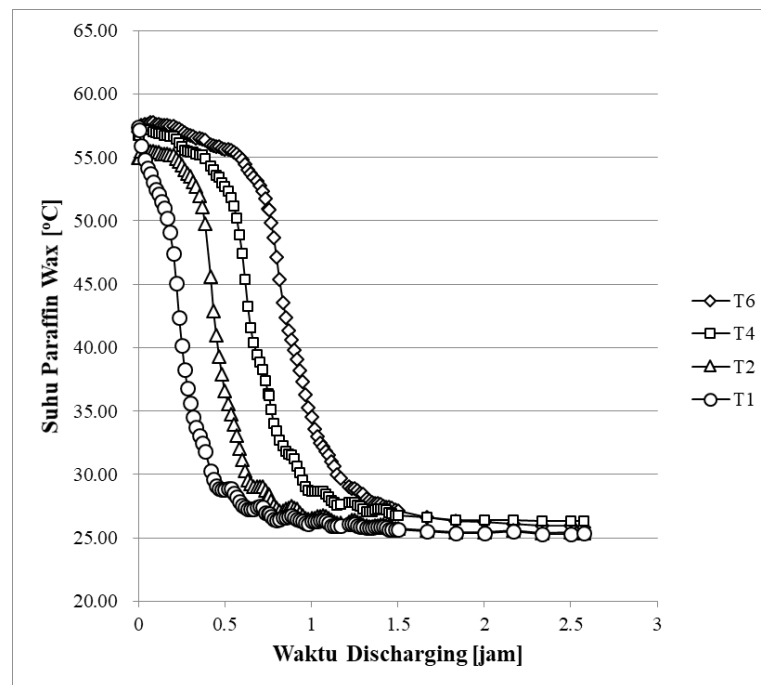
Grafik pada aksial air cenderung terdapat kenaikan suhu yang terlihat dari grafik sebelumnya *paraffin wax*. Grafik yang naik turun terpengaruh pada proses *discharging* bertahap di karenakan adanya variasi buka tutup katup dalam 5 menit. Naiknya suhu terjadi karena pada saat katup di tutup air menyerap panas dari PCM. Sehingga saat kran di tutup suhu akan mengalami kenaikan rata-rata 1-2°C pada waktu 0,3 sampai 0,9 jam dan pada waktu 0,9 sampai 2,34 jam suhu air dalam tangki mengalami penurunan konstan seterusnya sampai suhu 26°C yaitu suhu dari air kran.

Suhu yang di peroleh ketiga termokopel dari 0 sampai 0,9 jam memperoleh grafik naik turun karena terjadi pelepasan kalor dan setelah 0,9 jam suhu pipa cenderung stabil tidak mengalami kenaikan kenaikan karena *paraffin wax* berat dan sudah berubah fasa menjadi solid sempurna. Ketiga suhu pada termokopel tidak mengalami perbedaan yang signifikan, karena variasi debit air yang digunakan besar sehingga turbulen air yang terjadi juga besar. Dapat disimpulkan maka semakin debit air yang dipakai besar maka

akan terjadi turbulen yang besar juga dan akan membuat ketiga termokopel mengalami perubahan suhu yang besar.

#### 4.3.2. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Vertikal

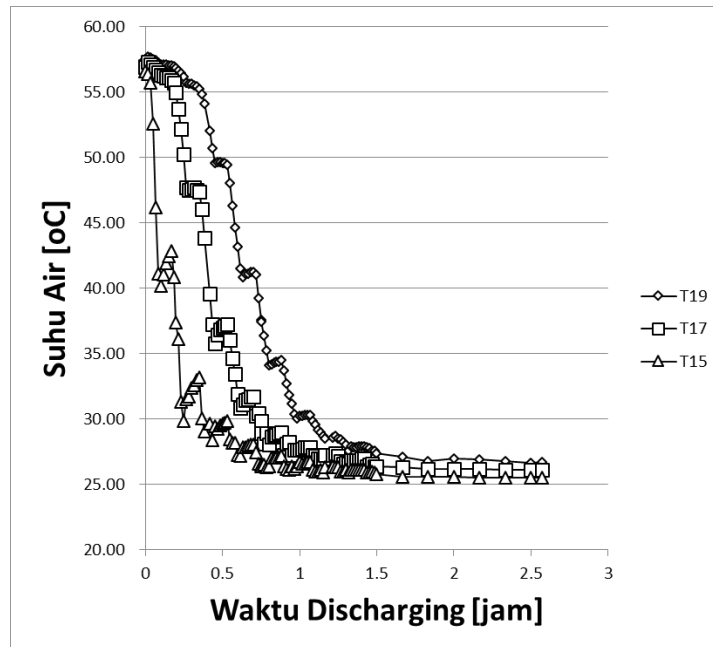
Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 2 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu *paraffin wax* dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.17 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 17. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Vertikal

Pada suhu termokopel T1 pengambilan data mengalami penurunan drastis dan suhu menjadi lebih rendah dibanding ketiga termokopel lainnya. Turunya suhu termokopel T1 dipengaruhi oleh letak pipa tembaga yang berada paling dekat dengan input air dari kran yang masuk kedalam tangki TES. Namun suhu termokopel T6 memiliki suhu yang relative konstan karena letak dari pipa tembaga yang paling jauh dari input air kran. Penurunan suhu yang terjadi pada termokopel T6 terjadi pada 0 sampai 1 jam yaitu berkisar 23 °C, suhu T4 berkisar 26 °C, suhu T2 berkisar 31 °C dan

suhu T1 pada 0 sampai 1 jam berkisar 33 °C. sehingga pelepasan kalor paling cepat terjadi pada suhu termokopel T1 dalam jangka waktu satu jam.



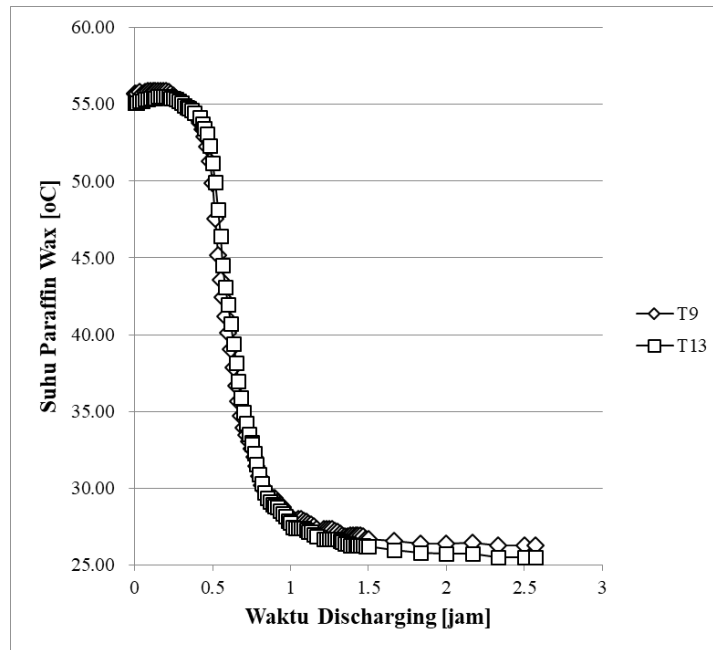
Gambar 4. 18. Evolusi Suhu Air dalam Arah Vettikal

Pada suhu termokopel T15 pengambilan data mengalami penurunan drastis dan suhu menjadi lebih rendah dari ketiga suhu termokopel lainnya. Turunya suhu termokopel T15 dipengaruhi juga oleh letak termokopel yang berdekatan langsung dengan input air dari kran yang masuk ke dalam tangki TES. Namun suhu termokopel T19 memiliki suhu yang relative konstan karena letaknya yang jauh dari input air yang masuk ke tangki TES. Penurunan suhu T19 pada 0 sampai 1 jam berkisar 28°C, suhu T17 berkisar 30°C, dan suhu T15 pada 0 sampai 1 jam berkisar 32°C. sehingga pelepasan kalor paling cepat terjadi pada suhu termokopel T15 selama satu jam. Naik turunnya suhu yang terjadi dikarenakan adanya variasi *discharging* bertahap setiap 5 menit.

#### 4.3.3. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Horisontal

Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 2 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu paraffin wax dan evolusi suhu pada air. Grafik

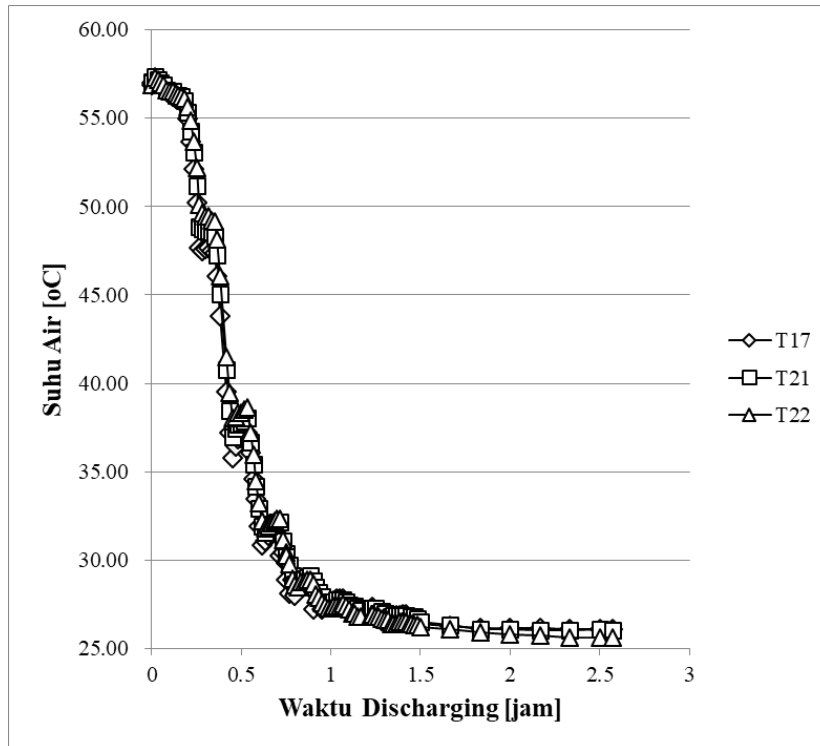
evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.19 sedangkan grafik evolusi suhu bair dapa dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 19. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Horisontal

Pada suhu termokopel T9 dan T13 dari 0 sampai 0,4 jam tidak mengalami perbedaan yang signifikan di karenakan varasi debit yang digunakan besar dan memiliki selisih suhu tidak sampai 1 °C. Pada waktu 0 sampai 0,8 jam suhu termokopel T13 lebih tinggi dibandingkan suhu termokopel T9 namun ketika masuk 1,1 sampai 2,34 jam suhu termokopel T9 lebih tinggi di bandingkan suhu termokopel T13. Suhu termokopel T9 pada saat awal pengambilan data rendah di karenakan pipa tembaga yang terletak paling dekat dekat jalur air yang mengalir dari kran. Sehingga saat katup kran dibuka T9 akan lebih dahulu terkena air di bandingkan T13 yang terletak di samping T9.

Grafik menunjukkan bahwa suhu termokopel keduanya tidak mengalami kenaikan, namun pada 0 sampai 0,3 jam *paraffin wax* sempat menahan suhu sekitar 56 °C. Kejadian ini disebabkan adanya pelepasan kalor dari PCM ke HTF sehingga suhu dari PCM tidak terjadi kenaikan akan tetapi HTF mengalami kenaikan suhu pada saat katup kran di tutup.



Gambar 4. 20. Evolusi Suhu Air dalam Arah Horisontal

Grafik horisontal air cenderung mengalami kenaikan suhu dibandingkan dengan grafik horizontal *paraffin wax*. Proses *discharging* bertahap sangat mempengaruhi adanya kenaikan atau penurunan suhu yang terjadi pada saat kran dibuka dan ditutup selama 5 menit. Kenaikan suhu yang terjadi diakibatkan pada saat katup kran ditutup sehingga air menyerap panas dari PCM. Kenaikan suhu dan penurunan suhu hanya terjadi dari 0,5 sampai 1 jam, penurunan suhu yang drastis terjadi pada 0,3 sampai 0,44 sekitar 14°C kemudian ketiga termokopel tidak mengalami kenaikan suhu dan penurunan suhu stabil sampai pengujian selesai.

Ketiga suhu termokopel rata-rata tidak mengalami perbedaan yang signifikan dikarenakan variasi debit yang digunakan besar yaitu 2 LPM dan memiliki selisih suhu yang kecil tidak sampai 2 °C.

#### 4.3.4. Grafik Energi Kumulatif

Energi kumulatif adalah energi yang dilepas saat proses discharging dari awal penelitian hingga selesai dan didapatkan dengan menggunakan persamaan 4.3.

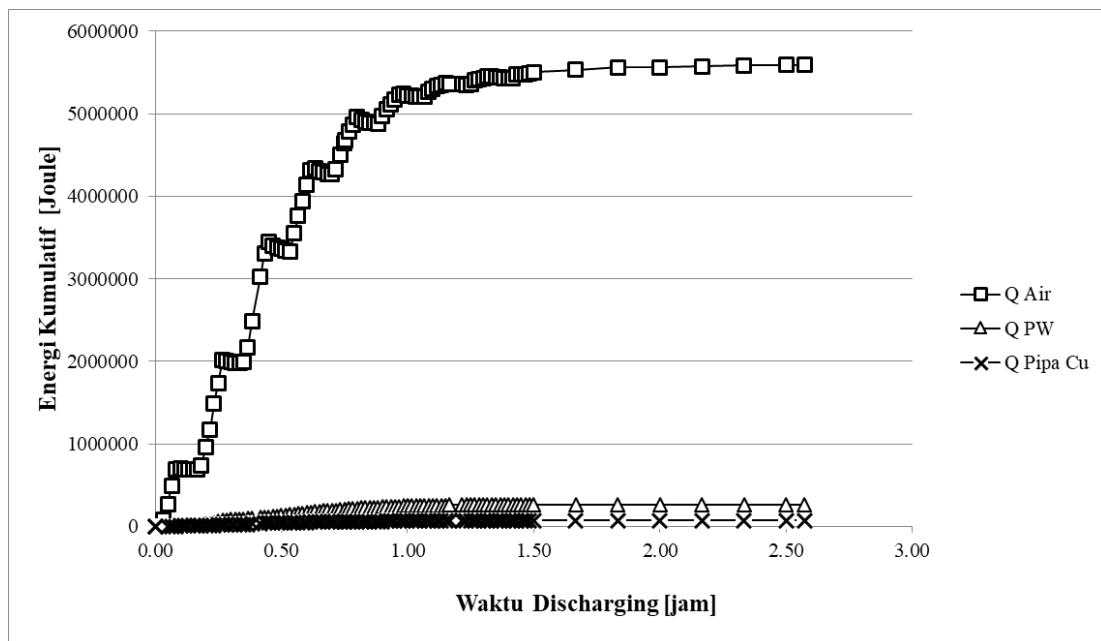
$$Q_{kum} = m \times c_p \times \Delta T \quad (4.3)$$

$$Q_{kum} = 43.13 \times 4180 \times (57.05 - 26.04)$$

$$Q_{kum} = 5,590,905.07 \text{ J}$$

Tabel 4. 3. Energi Kumulatif 2 LPM

Bahan	cp	Massa	T1	T2	ΔT	Q kum
	[J/(kg.K)]	[kg]	°C	°C	°C	(J)
Air	4180	43.13	57.05	26.04	31.01	5,590,905.07
Pipa Cu	390	5.91	56.91	25.69	31.22	71,906.04
PW	2000	6.7	55.86	25.90	29.78	268,424.51



Gambar 4. 21. Grafik Energi Komulatif

Pada penelitian ini dapat dilihat grafik pada Q pipa Cu lebih rendah dari air dan paraffin wax Cu disebabkan nilai Cp yang rendah yaitu 390 J/kg.K, sedangkan nilai Cp



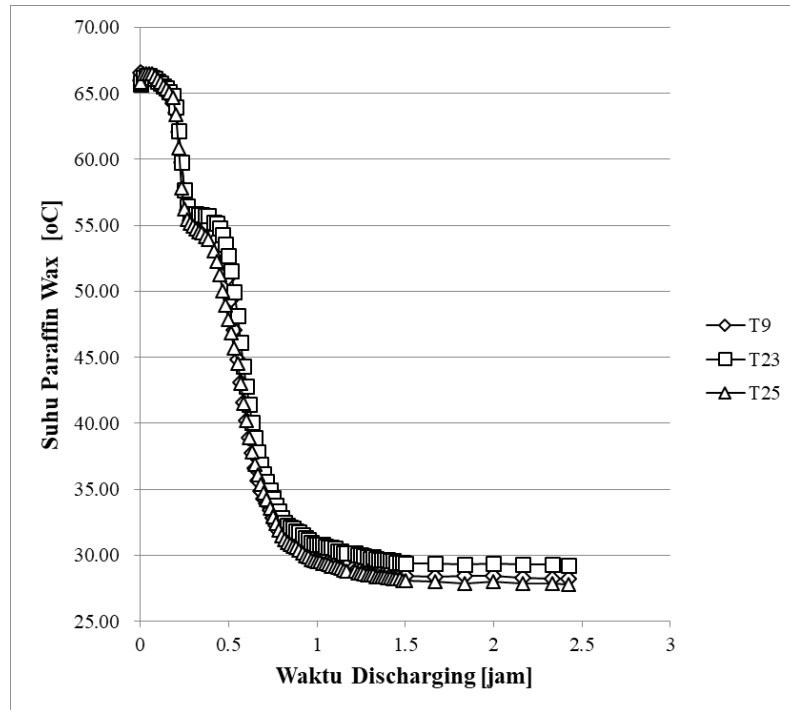
air 4180 J/kg.K dan  $C_p$  *Paraffin Wax* 2000 J/kg.K. Naik turunnya grafik yang terjadi dari 0 sampai 1,4 jam dipengaruhi adanya variasi bertahap pada proses *Discharging*. Grafik  $Q$  *Paraffin Wax* mengalami kenaikan signifikan pada 0 sampai 0,7 jam sebanyak 5 sampai 10 kJ, setelah 0,7 jam laju kenaikan hanya sebesar 1 sampai 2 kJ dan relatif stabil. Grafik  $Q$  pipa *Cu* mengalami kenaikan relatif stabil sebesar 0,1 sampai 0,3 kJ. Kenaikan grafik paling signifikan terjadi pada  $Q$  air pada 0 sampai 1,6 jam sebesar 70 sampai 80 kJ, setelah 1,6 jam relatif mengalami kenaikan lebih stabil.

#### **4.4. Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 2,5 LPM**

Penelitian laju pelepasan kalor yang terjadi dari PCM ke HTF perlu dilakukan adanya pengamatan pelepasan temperature PCM pada arah aksial, arah vertical, dan arah horizontal yang terletak di dalam tangki TES. Hasil dari pengamatan yang dilihat dari 26 titik termokopel yang tersebar pada tangki TES, posisi dapat dilihat pada Gambar 3.11. dan dilakukan dengan variasi debit laju aliran 1 LPM, 1.5 LPM, 2 LPM, dan 2.5 LPM pada proses *discharging* bertahap. Proses pengambilan data *discharging* secara bertahap dengan melakukan membuka dan menutup katup secara aturan dengan jeda waktu 5 menit. Hingga suhu pada T32 mencapai 35°C. Laju pelepasan temperature dengan variasi 2,5 LPM relatif lebih cepat dibandingkan variasi sebelumnya karena debit air yang dikeluarkan besar dan selesai pengambilan data 2 jam 25 menit 15 detik.

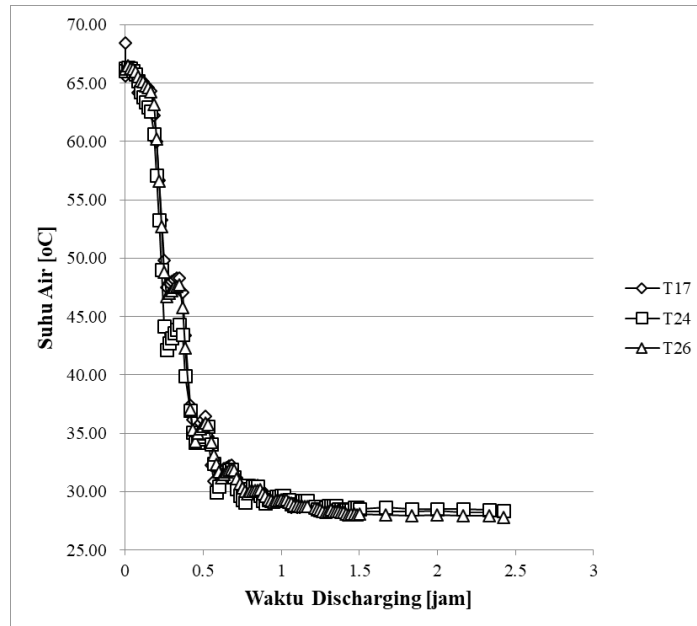
##### **4.4.1. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Aksial**

Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 2,5 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu *paraffin wax* dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.22 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 22. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Aksial

Grafik menunjukkan bahwa suhu pada ketiga termokopel tersebut tidak mengalami kenaikan suhu namun pada 0,3 sampai 0,4 jam *paraffin wax* sempat menahan suhu sekitar 55,5 °C. Kejadian ini di sebabkan adanya pelepasan kalor dari PCM ke HTF tidak mengalami kenaikan, namun suhu HTF mengalami kenaikan saat katup air kran ditutup selama 5 menit. Setelah 0,4 jam penelitian berlangsung pengujian ketiga termokopel mengalami penurunan secara stabil karena fasa lilin berubah menjadi solid pada suhu 54 °C.



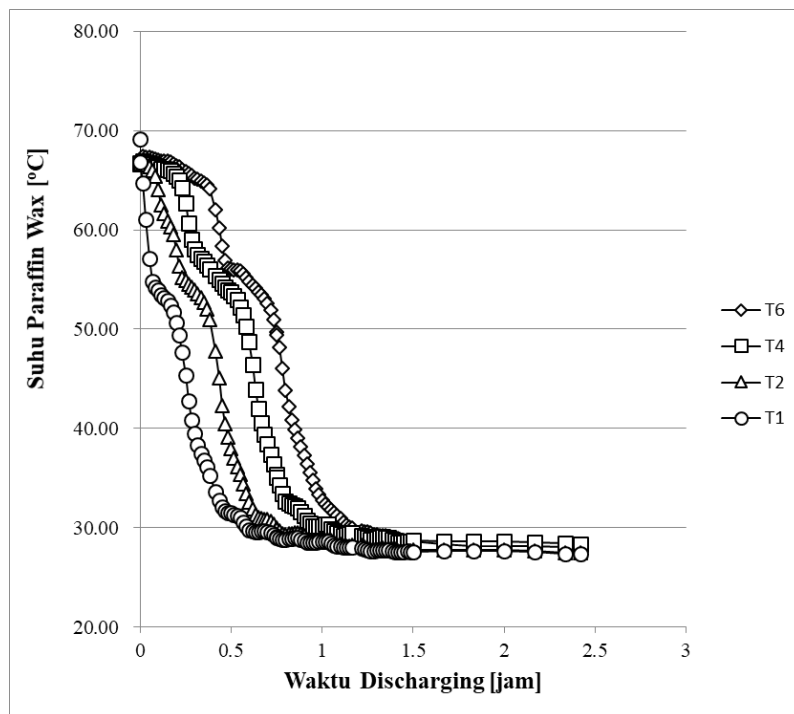
Gambar 4. 23. Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial

Grafik pada aksial air cenderung terdapat kenaikan suhu yang terlihat dari grafik sebelumnya *paraffin wax*. Grafik yang naik turun terpengaruh pada proses *discharging* bertahap dikarenakan adanya variasi buka tutup katup dalam 5 menit. Naiknya suhu terjadi karena pada saat katup di tutup air menyerap panas dari PCM. Sehingga saat kran di tutup suhu akan mengalami kenaikan rata-rata 1-2 °C pada waktu 0,25 sampai 1 jam dan pada waktu 1 sampai 2,25 jam suhu air dalam tangki mengalami penurunan konstan seterusnya sampai suhu 27 °C yaitu suhu dari air kran.

Suhu yang di peroleh ketiga termokopel dari 0,25 sampai 1 jam memperoleh grafik naik turun karena terjadi pelepasan kalor dan setelah 1 jam suhu pipa cenderung stabil tidak mengalami kenaikan yang signifikan karena *paraffin wax* berat dan sudah mulai berubah fasa menjadi solid sempurna. Ketiga suhu pada termokopel tidak mengalami perbedaan yang signifikan, karena variasi debit air yang digunakan paling besar sehingga turbulen air yang terjadi juga besar.

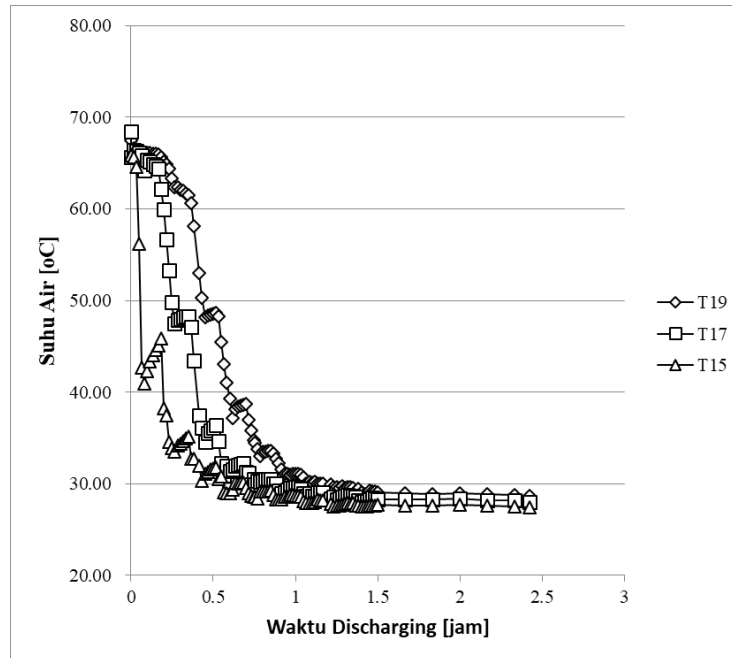
#### 4.4.2. Evolusi Suhu *Paraffin Wax* dalam Arah Vertikal

Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 2 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu *paraffin wax* dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.24 sedangkan grafik evolusi suhu air dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4. 24. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Vertikal

Pada suhu termokopel T1 pengambilan data mengalami penurunan drastis dan suhu menjadi lebih rendah dibanding ketiga termokopel lainnya. Turunya suhu termokopel T1 dipengaruhi oleh letak pipa tembaga yang berada paling dekat dengan input air dari kran yang masuk kedalam tangki TES. Namun suhu termokopel T6 memiliki suhu yang relative konstan karena letak dari pipa tembaga yang paling jauh dari input air kran. Penurunan suhu yang terjadi pada termokopel T6 terjadi pada 0 sampai 1 jam yaitu berkisar 35°C, suhu T4 berkisar 38°C, suhu T2 berkisar 39°C dan suhu T1 pada 0 sampai 1 jam berkisar 42 °C. sehingga pelepasan kalor paling cepat terjadi pada suhu termokopel T1 dalam jangka waktu satu jam.

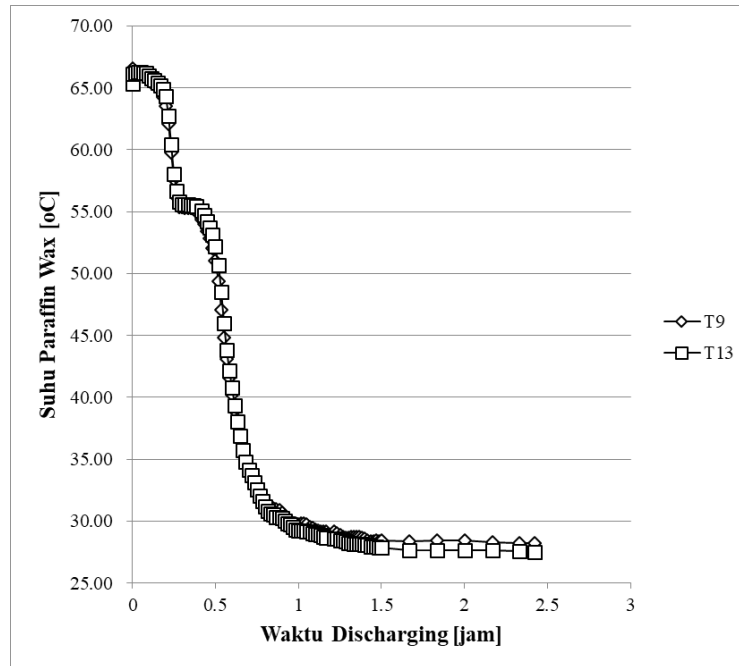


Gambar 4. 25. Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal

Pada suhu termokopel T15 pengambilan data mengalami penurunan drastis dan suhu menjadi lebih rendah dari ketiga suhu termokopel lainnya. Turunya suhu termokopel T15 dipengaruhi juga oleh letak termokopel yang berdekatan langsung dengan input air dari kran yang masuk ke dalam tangki TES. Namun suhu termokopel T19 memiliki suhu yang relative konstan karena letaknya yang jauh dari input air yang masuk ke tangki TES. Penurunan suhu T19 pada 0 sampai 1 jam berkisar 25 °C, suhu T17 berkisar 27 °C, dan suhu T15 pada 0 sampai 1 jam berkisar 28 °C. sehingga pelepasan kalor paling cepat terjadi pada suhu termokopel T15 selama satu jam. Naik turunnya suhu yang terjadi dikarenakan adanya variasi *discharging* bertahap setiap 5 menit.

#### 4.4.3. Evolusi Suhu Arah Horisontal

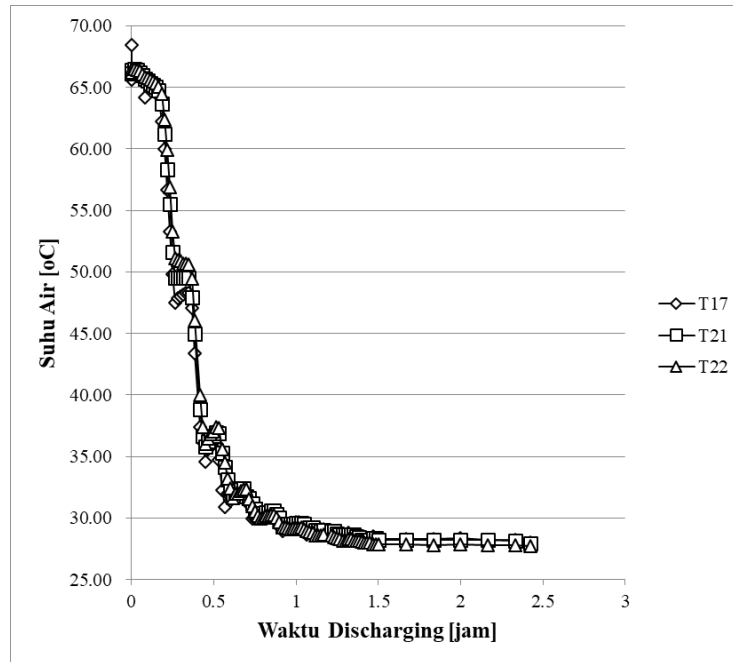
Hasil yang telah dilakukan dalam pengujian variasi 2 LPM pada arah aksial terdapat dua grafik yaitu evolusi suhu paraffin wax dan evolusi suhu pada air. Grafik evolusi suhu *paraffin wax* dapat dilihat pada Gambar 4.26. sedangkan griffik evolusi suhu bair dapa dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 26. Evolusi Suhu Paraffin Wax dalam Arah Horisontal.

Pada suhu termokopel T9 dan T13 dari 0 sampai 0,7 jam tidak mengalami perbedaan yang signifikan dikarenakan variasi debit yang digunakan kecil dan memiliki selisih suhu tidak sampai 1 °C. Pada waktu 0 sampai 0,7 jam suhu termokopel T13 lebih tinggi di dibandingkan suhu termokopel T9 namun ketika masuk 0,7 sampai 2,25 jam suhu termokopel T9 lebih tinggi di dibandingkan suhu termokopel T13. Suhu termokopel T9 pada saat awal pengambilan data rendah di karenakan pipa tembaga yang terletak paling dekat jalur air yang mengalir dari kran. Sehingga saat katup kran dibuka T9 akan lebih dahulu terkena air di dibandingkan T13 yang terletak di samping T9.

Grafik menunjukkan bahwa suhu termokopel keduanya tidak mengalami kenaikan, namun pada 0,3 sampai 0,4 jam *paraffin wax* sempat menahan suhu sekitar 55,5 °C. Kejadian ini disebabkan adanya pelepasan kalor dari PCM ke HTF sehingga suhu dari PCM tidak terjadi kenaikan akan tetapi HTF mengalami kenaikan suhu pada saat katup kran di tutup.



Gambar 4. 27. Evolusi Suhu Air dalam Arah Horizontal

Grafik horisontal air cenderung mengalami kenaikan suhu dibandingkan dengan grafik horisontal *paraffin wax*. Proses *discharging* bertahap sangat mempengaruhi adanya kenaikan atau penurunan suhu yang terjadi pada saat kran dibuka dan ditutup selama 5 menit. Kenaikan suhu yang terjadi diakibatkan pada saat katup kran ditutup sehingga air menyerap panas dari PCM. Kenaikan suhu hanya terjadi dari 0,3 sampai 1 jam kemudian ketiga termokopel tidak mengalami kenaikan suhu drastis dan penurunan suhu stabil sampai pengujian selesai.

#### 4.4.4. Grafik Energi Kumulatif

Energi kumulatif adalah energi yang dilepas saat proses *discharging* dari awal penelitian hingga selesai dan didapatkan dengan menggunakan persamaan 4.4.

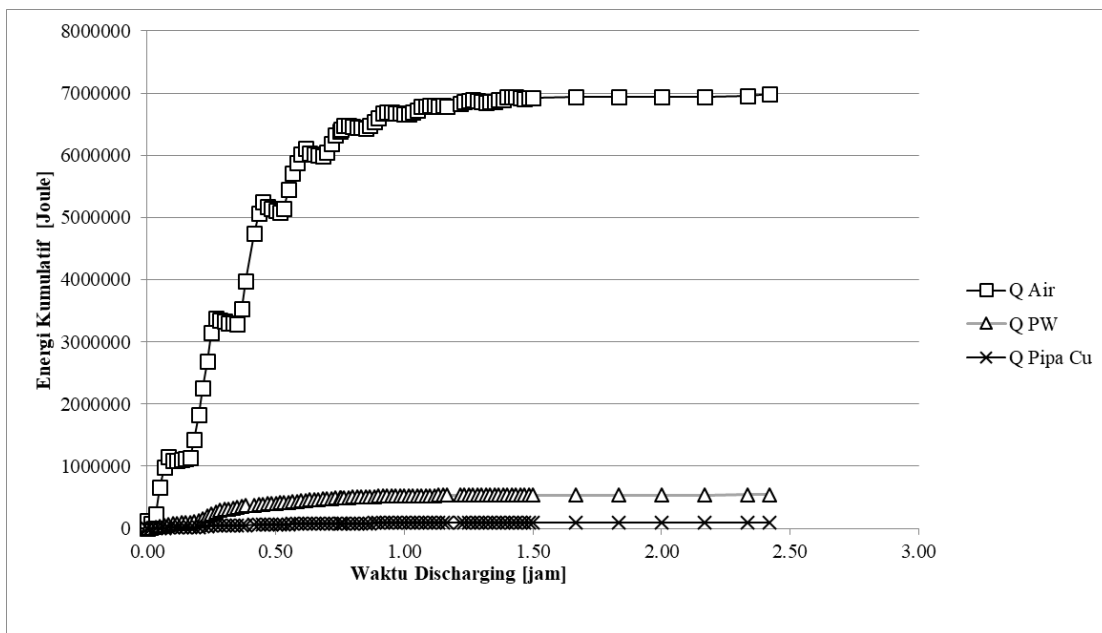
$$Q_{kum} = m \times c_p \times \Delta T \quad (4.4)$$

$$Q_{kum} = 43.13 \times 4180 \times (66.72 - 28.00)$$

$$Q_{kum} = 6,980,301,77 \text{ J}$$

Tabel 4. 4. Energi Kumulatif 2,5 LPM

Bahan	cp	Massa	T1	T2	$\Delta T$	Q kum
	[J/(kg.K)]	[kg]	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	(J)
Air	4180	43.13	66.72	28.00	40.92	6,980,301.77
Pipa Cu	390	5.91	67.02	27.68	41.83	90,610.18
PW	2000	6.7	66.44	27.91	41.09	538,578.25



Gambar 4. 28. Grafik Energi Komulatif

Pada penelitian ini dapat dilihat grafik pada Q pipa *Cu* lebih rendah dari air dan *paraffin wax Cu* disebabkan nilai  $C_p$  yang rendah yaitu 390 J/kg.K, sedangkan nilai  $C_p$  air 4180 J/kg.K dan  $C_p$  *Paraffin Wax* 2000 J/kg.K. Naik turunnya grafik yang terjadi dari 0 sampai 1,5 jam dipengaruhi adanya variasi bertahap pada proses *Discharging*. Grafik Q *Paraffin Wax* mengalami kenaikan signifikan pada 0-0,6 jam sebanyak 5 sampai 10 kJ, setelah 0,6 jam laju kenaikan hanya sebesar 2 sampai 4 kJ dan relatif stabil. Grafik Q pipa *Cu* mengalami kenaikan relatif stabil sebesar 0,1 sampai 0,4 kJ. Kenaikan grafik paling signifikan terjadi pada Q air pada 0 sampai 1 jam sebesar 70 sampai 80 kJ, setelah 1 jam relatif mengalami kenaikan lebih stabil.



## 4.5. Grafik Laju Pelepasan Kalor dan Laju Penurunan Suhu

### 4.5.1. Laju Pelepasan Kalor Air

Laju pelepasan kalor pada air dapat dicari dengan persamaan 4.5:

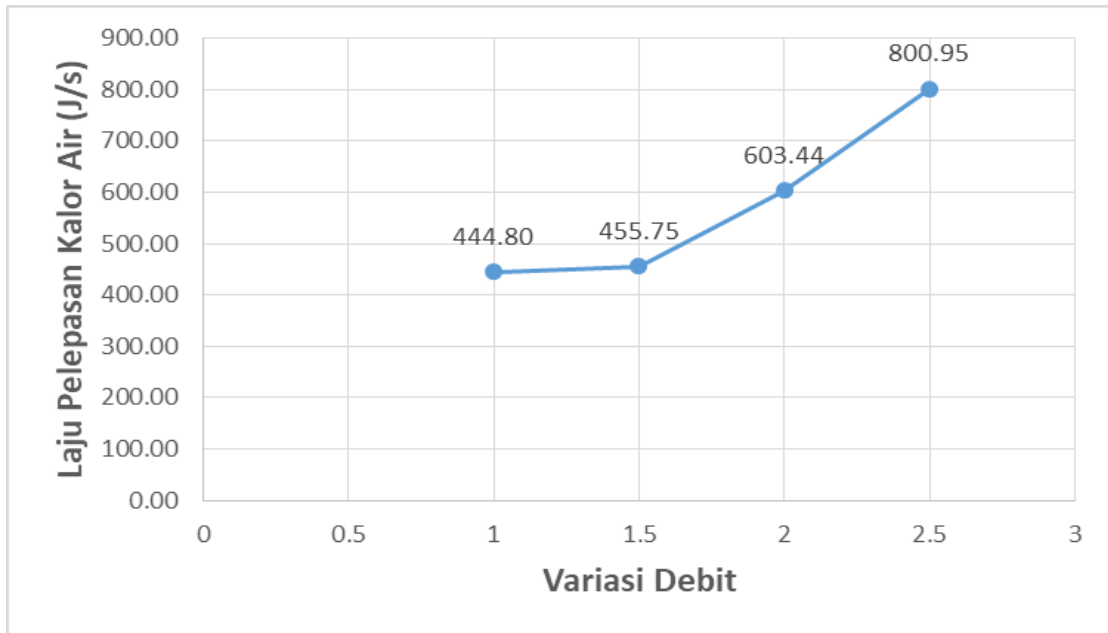
$$\dot{Q} = \frac{Q_{kumulatif}}{t_{total}} \quad (4.5)$$

$$\dot{Q} = \frac{7,377,020.99}{16585}$$

$$\dot{Q} = 444.8 \text{ J/s}$$

Tabel 4. 5 Laju Pelepasan Kalor Air

V	T1 Air	T2 Air	$\Delta T$	$\Delta t$	Q kum Air	Q Paraffin	$\dot{Q}$ Air
LPM	°C	°C	°C	(detik)	(J)	(J)	(J/s)
1	66.17	25.25	40.92	16585	7,377,020.99	550,521.02	444.80
1.5	65.37	27.46	37.91	14995	6,834,016.02	503,436.77	455.75
2	57.05	26.04	31.01	9265	5,590,905.07	268,424.51	603.44
2.5	66.72	28.00	38.72	8715	6,980,301.77	538,578.25	800.95



Gambar 4. 29. Laju Pelepasan Kalor Air

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa grafik laju pelepasan kalor air paling rendah yaitu pada variasi 1 LPM yaitu 444,8 J/s karena memiliki waktu yang paling lama 4 jam 36 menit, sedangkan laju pelepasan terbesar pada variasi 2,5 LPM yaitu 800,95 J/s karena memiliki waktu yang tercepat saat pengujian yaitu 2 jam 25 menit dan memiliki  $\Delta T$  yang besar yaitu 38,72 °C sehingga nilai laju pelepasan kalor tinggi. Variasi 2,5 LPM memiliki waktu yang tercepat karena suhu mulai proses *discharging* dibawah 67°C yang membuat proses pelepasan kalor air lebih cepat dari variasi yang suhu awalnya 69°C.

#### 4.5.2. Laju Pelepasan Kalor Paraffin Wax

Laju pelepasan kalor pada *paraffin wax* dapat dicari dengan persamaan 4.6:

$$\dot{Q} = \frac{Q_{kumulatif}}{t_{total}} \quad (4.6)$$

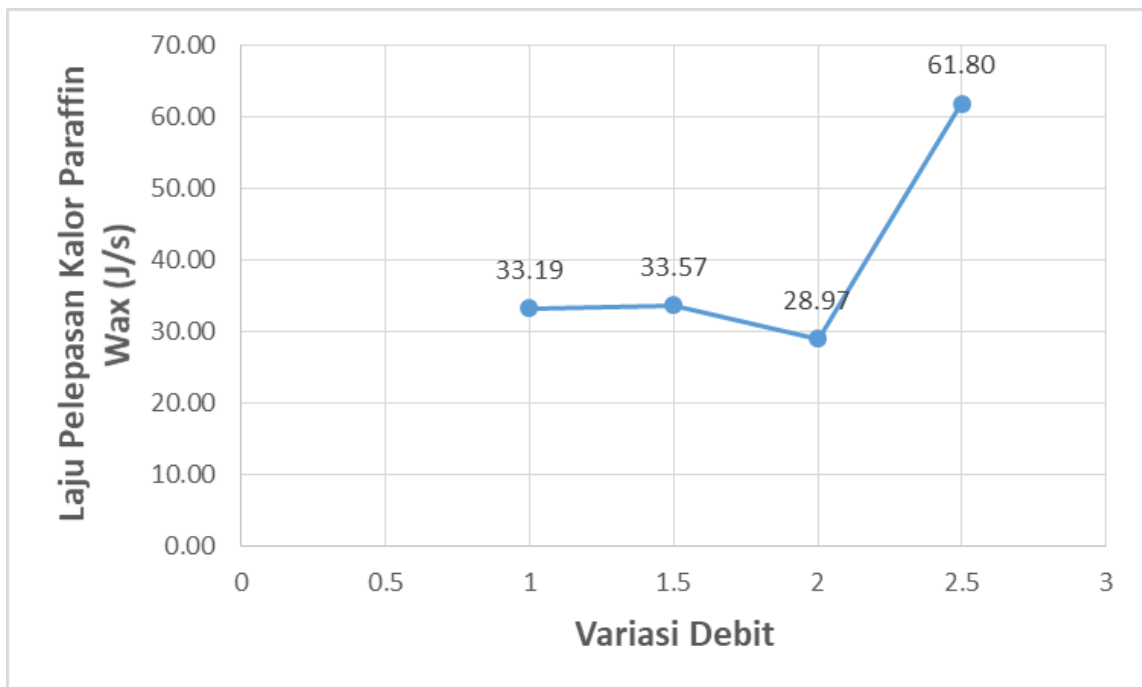
$$\dot{Q} = \frac{Q_{kumulatif}}{t_{total}}$$

$$\dot{Q} = \frac{550,521.02}{16585}$$

$$\dot{Q} = 33.19 \text{ J/s}$$

Tabel 4. 6. Laju Pelepasan Kalor Paraffin Wax

V	T1 PCM	T2 PCM	$\Delta T$	$\Delta t$	Q kum Air	Q Paraffin	$\dot{Q}$ PW
LPM	°C	°C	°C	(detik)	(J)	(J)	(J/s)
1	66.17	25.25	40.92	16585	7,377,020.99	550,521.02	33.19
1.5	65.37	27.46	37.91	14995	6,834,016.02	503,436.77	33.57
2	57.05	26.04	31.01	9265	5,590,905.07	268,424.51	28.97
2.5	66.72	28.00	38.72	8715	6,980,301.77	538,578.25	61.80



Gambar 4. 30. Laju Pelepasan Kalor Paraffin Wax

Hasil menunjukkan bahwa grafik laju pelepasan kalor pada *Paraffin Wax* paling rendah yaitu pada variasi 2 LPM yaitu 28,97 J/s. sedangkan laju pelepasan kalor terbesar pada variasi 2,5 LPM yaitu 61,79 J/s. Variasi 2,5 LPM memiliki laju pelepasan terbesar karena menggunakan debit besar sehingga memiliki perubahan suhu yang cepat dan mengalami pelepasan kalor sebesar 61,79 J/s, pada variasi 2 LPM memiliki nilai laju pelepasan kalor paling rendah karena suhu awal pengambilan data rendah dan nilai  $\Delta T$  pada variasi 2 LPM rendah dibandingkan variasi lainnya.

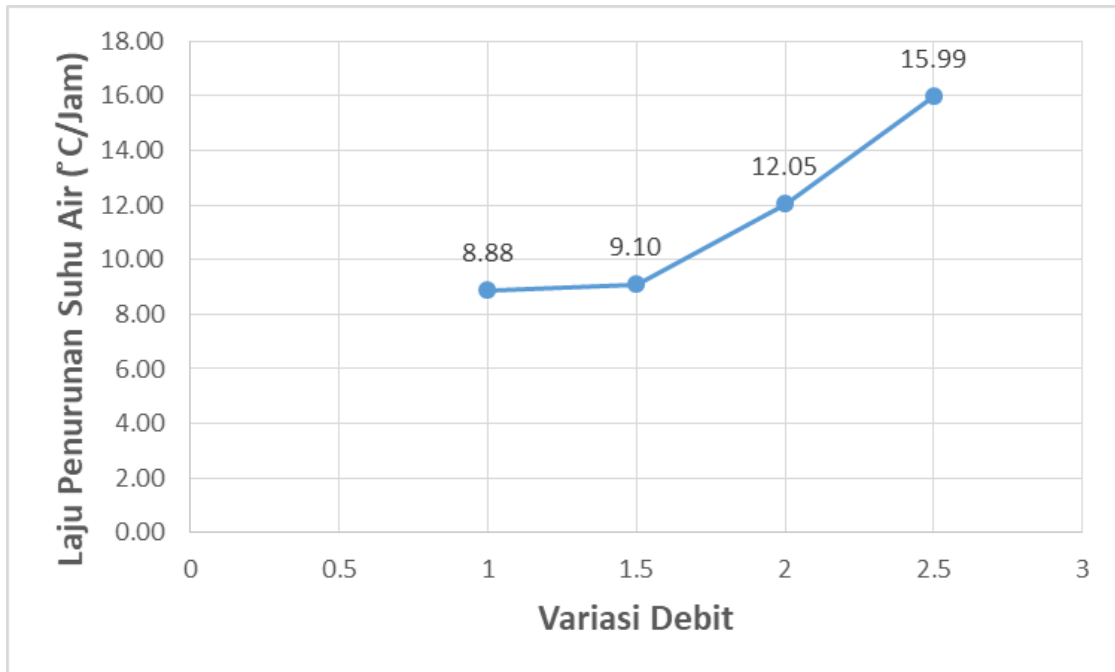
#### 4.5.3. Laju Penurunan Suhu Air

Laju penurunan suhu pada air dapat dicari dengan persamaan 4.7.

$$\begin{aligned} \text{Laju Penurunan Suhu} &= \frac{(T_{awal} - T_{akhir}) \times 3600}{t_{total}} & (4.7) \\ &= \frac{(66,17 - 25,25) \times 3600}{16585} \\ &= 8.88 \text{ } ^\circ\text{C/jam} \end{aligned}$$

Tabel 4. 7. Laju Penurunan Suhu Air

V	T1 Air	T2 Air	$\Delta T$	$\Delta t$	Q kum Air	Q Paraffin	Laju Penurunan Suhu Air
LPM	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	(detik)	(J)	(J)	( $^\circ\text{C/jam}$ )
1	66.17	25.25	40.92	16585	7,377,020.99	550,521.02	8.88
1.5	65.37	27.46	37.91	14995	6,834,016.02	503,436.77	9.10
2	57.05	26.04	31.01	9265	5,590,905.07	268,424.51	12.05
2.5	66.72	28.00	38.72	8715	6,980,301.77	538,578.25	15.99



Gambar 4. 31. Laju Penurunan Suhu Air

Grafik diatas menunjukkan bahwa laju penurunan suhu air paling rendah 8,88°C/jam yaitu pada variasi 1 LPM karena memiliki waktu yang paling lama 4 jam 36 menit. Pada variasi 1,5 LPM tidak berbeda jauh dengan variasi sebelumnya yaitu 9,10°C/jam namun pada variasi 2 LPM mengalami kenaikan suhu yang tinggi yaitu 12,05°C/jam. Sedangkan laju penurunan suhu air terbesar 15,99°C/jam pada variasi 2,5 LPM karena memiliki waktu yang tercepat saat pengujian yaitu 2 jam 25 menit. Variasi 2,5 LPM memiliki waktu yang tercepat karena suhu mulai proses *discharging* dibawah 67°C.

#### 4.5.4. Laju Penurunan Suhu Paraffin Wax

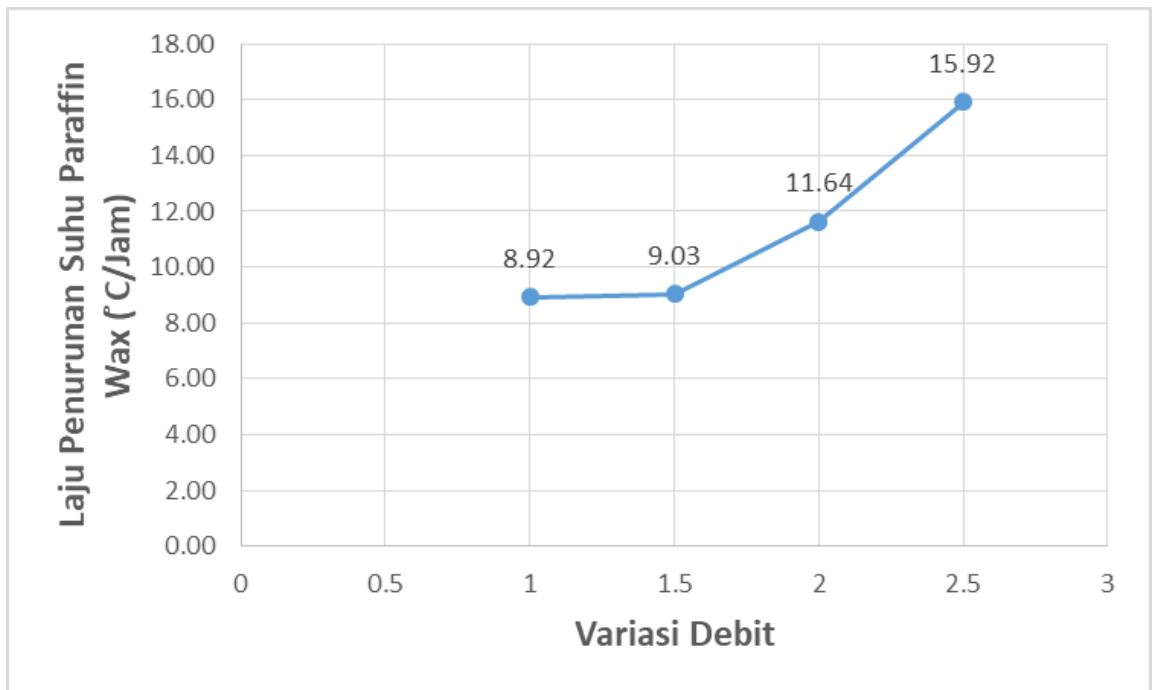
Laju penurunan suhu pada *paraffin wax* dapat dicari dengan persamaan 4.8.

$$\begin{aligned}
 \text{Laju Penurunan Suhu} &= \frac{(T_{awal} - T_{akhir}) \times 3600}{t_{total}} & (4.8) \\
 &= \frac{(66,17 - 25,25) \times 3600}{16585}
 \end{aligned}$$

$$= 8.92\text{ }^{\circ}\text{C/jam}$$

Tabel 4. 8. Laju Penurunan Suhu Paraffin Wax

V	T1 PCM	T2 PCM	$\Delta T$	$\Delta t$	Q kum Air	Q Paraffin	Laju Penuruan Suhu PW
LPM	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	(detik)	(J)	(J)	( $^{\circ}\text{C}/\text{Jam}$ )
1	66.17	25.25	40.92	16585	7,377,020.99	550,521.02	8.92
1.5	65.37	27.46	37.91	14995	6,834,016.02	503,436.77	9.03
2	57.05	26.04	31.01	9265	5,590,905.07	268,424.51	11.64
2.5	66.72	28.00	38.72	8715	6,980,301.77	538,578.25	15.92



Gambar 4. 32. Laju Penurunan Suhu Paraffin Wax

Grafik diatas menunjukkan bahwa laju penurunan suhu *Paraffin Wax* paling rendah  $8,92\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{jam}$  yaitu pada variasi 1 LPM karena memiliki waktu yang paling lama 4 jam 36 menit. Pada variasi 1,5 LPM tidak berbeda jauh dengan variasi sebelumnya yaitu  $9,03\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{jam}$  namun pada variasi 2 LPM mengalami kenaikan suhu yang tinggi yaitu

12,05 °C/jam. Sedangkan laju penurunan suhu air terbesar 15,99 °C/jam pada variasi 2,5 LPM karena memiliki waktu yang tercepat saat pengujian yaitu 2 jam 25 menit. Variasi 2,5 LPM memiliki waktu yang tercepat karena suhu mulai proses *discharging* dibawah 67°C.