

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kalibrasi Termokopel dan Rotameter Air

4.1.1. Kalibrasi Termokopel

Kalibrasi termokopel adalah kegiatan untuk menunjukkan harga riil dari temperatur yang dibaca oleh termokopel dengan hasil seperti Tabel 4.1. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara menyediakan air panas di dalam wadah kemudian masukkan termokopel dan termometer secara bersamaan, kemudian catat suhu termokopel dan termometer setiap lima menit sampai suhu di termometer mencapai 70°C. Setelah itu pembuatan grafik kalibrasi dan untuk mengetahui suhu riil dari pengujian menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$y = mx + c \quad (4.1)$$

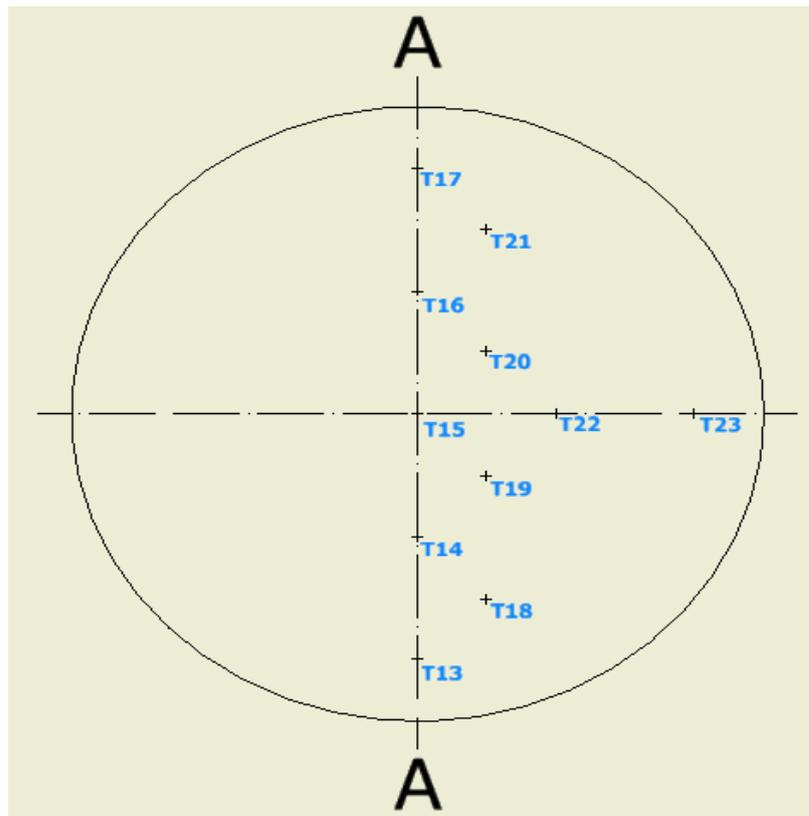
(y) merupakan titik potong pada sumbu y, kemudian (m) merupakan konstanta gradien, dan (c) merupakan titik garis potong sumbu (-y).

Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi Termokopel

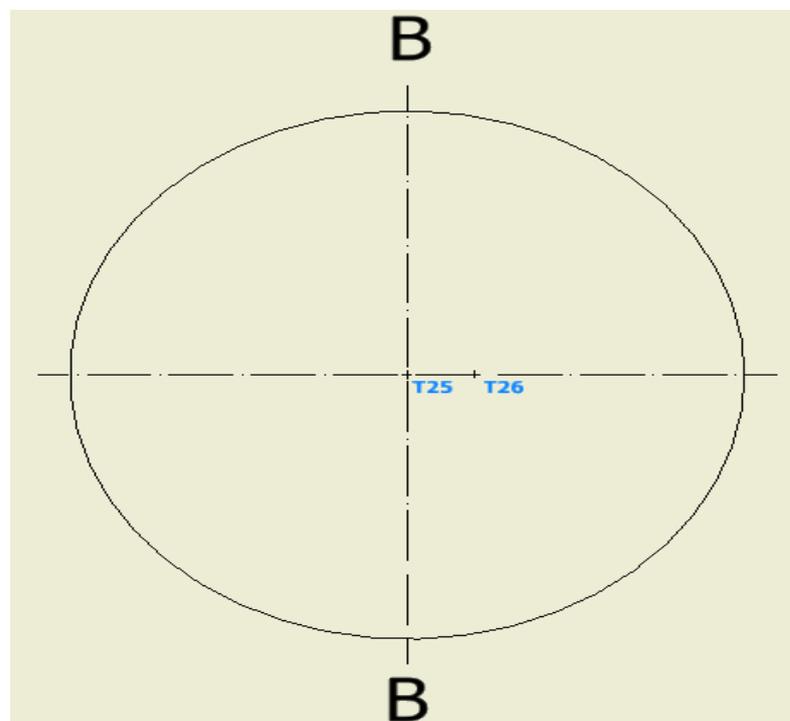
No	Termokopel	Penempatan	Kalibrasi
1	T1	A-A	$y = 1,0004x - 3,12$
2	T2	A-A	$y = 1,0013x - 2,9765$
3	T3	A-A	$y = 1,002x - 3,0004$
4	T4	A-A	$y = 0,979x - 1,401$
5	T5	A-A	$y = 0,9992x - 2,7203$
6	T6	A-A	$y = 0,9972x - 2,4968$
7	T7	A-A	$y = 0,9946x - 2,2876$
8	T8	A-A	$y = 0,9662x - 0,3918$
9	T9	A-A	$y = 0,9544x - 0,817$
10	T10	A-A	$y = 0,9847x - 2,625$
11	T11	C-C	$y = 0,9822x - 2,4318$
12	T12	C-C	$y = 0,9841x - 2,513$
13	T13	C-C	$y = 0,9799x - 2,2114$
14	T14	C-C	$y = 0,9605x - 0,9199$
15	T15	C-C	$y = 0,9837x - 2,3527$
16	T16	C-C	$y = 0,9847x - 2,3997$
17	T17	C-C	$y = 0,9687x - 1,5254$

No	Termokopel	Penempatan	Kalibrasi
18	T18	C-C	$y = 0,9765x - 1,9785$
19	T19	C-C	$y = 0,9479x - 0,2245$
20	T20	C-C	$y = 0,9539x - 0,5547$
21	T21	C-C	$y = 0,9702x - 1,5299$
22	T22	C-C	$y = 0,9829x - 2,283$
23	T23	C-C	$y = 0,9394x + 0,5556$
24	T24	Pipa keluar tangki SWH	$y = 0,9672x - 1,1536$
25	T25	B-B	$y = 1,0016x - 1,6511$
26	T26	B-B	$y = 0,9991x - 1,56$
27	T27	Pipa keluar <i>heater</i>	$y = 1,0027x - 1,9469$
28	T28	Penampang air output	$y = 0,9804x - 0,5561$
29	T29	Pipa masuk <i>heater</i>	$y = 1,0004x - 1,9302$
30	T30	Pipa masuk tangki SWH	$y = 0,9725x + 0,0986$
31	T31	Lingkungan	$y = 1,0003x - 2,0741$

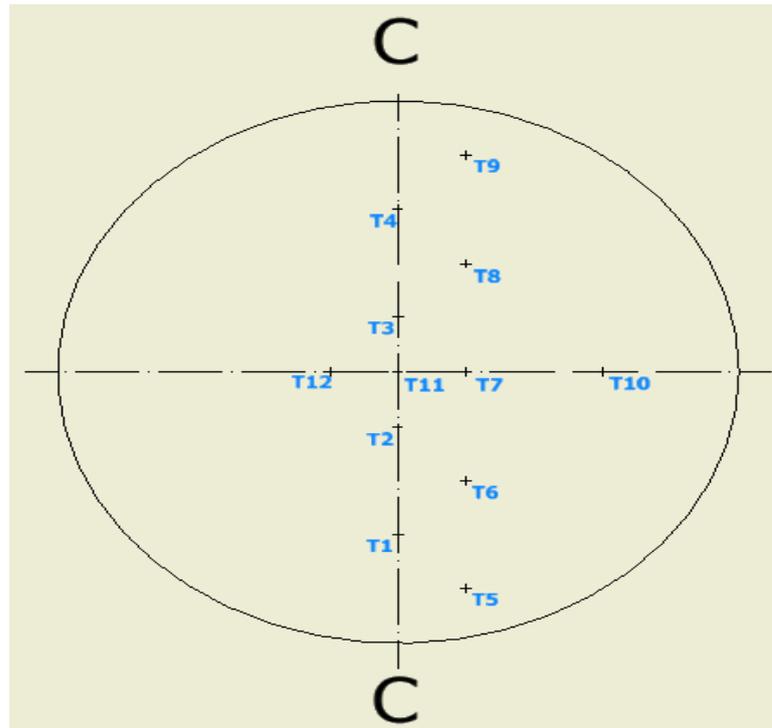
T1 sampai T10 posisinya terletak berada pada penampang A-A, sedangkan T11 sampai T23 berada pada penampang C-C. Posisi T24 dan T30 berada pada pipa keluar dan masuk tangki SWH. T25 dan T26 posisinya sama seperti T11 dan T12 tetapi berada pada penampang B-B. T27 dan T29 berada pada pipa masuk dan keluar *heater*. T28 adalah penampang air output atau suhu pada bak mandi, sedangkan T31 mewakili suhu lingkungan. Posisi termokopel-termokopel tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Posisi Termokopel Penampang A-A



Gambar 4.2 Posisi Termokopel Penampang B-B



Gambar 4.3 Posisi Termokopel Penampang C-C

4.1.2. Kalibrasi Rotameter Air

Kalibrasi rotameter air adalah suatu kegiatan untuk menentukan harga riil dari debit yang bisa dibaca oleh rotameter air. Rotameter air ini memiliki kapasitas debit maksimal 3 LPM atau 0,8 GPM. Kalibrasi dimulai dari debit 0,2 LPM sampai 3 LPM dan setelah itu mencari debit aktualnya dengan menggunakan persamaan (4.2) berikut ini :

$$Q_{\text{aktual}} = (V/s) \times (60/1000) \quad (4.2)$$

Adapun hasil dari kalibrasi rotameter air dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.2 Hasil Kalibrasi Rotameter Air

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

Dari Tabel 4.2 dapat dibuat grafik persamaan Q rotameter dengan Q aktual pada Lampiran 25 dan membentuk persamaan sebagai berikut :

$$Q_{\text{aktual}} = 1,526 Q_{\text{rotameter air}} + 0,0552 \quad (4.3)$$

4.2. Hasil Penelitian

Adapun hasil penelitian yang didapat berupa data suhu setiap termokopel yang terpasang dan waktu yang didapat selama pengambilan data. Data suhu dan waktu tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1-12. Data mentah tersebut dikalibrasikan dengan Persamaan (4.1) dan hasil kalibrasi termokopel pada Tabel 4.1. Diketahui nilai T1 menit 0 variasi debit 1 LPM adalah 68,4°C, maka kalibrasi termokopelnya sebagai berikut :

$$y = 1,0004x - 3,12$$

$$T_{\text{st},1} = 1,0004 \cdot T_1 - 3,12$$

$$T_{\text{st},1} = 1,0004 \cdot 68,4 - 3,12$$

$$T_{\text{st},1} = 65,307^\circ\text{C}$$

Data suhu lain yang terkalibrasi dapat dilihat pada Lampiran 13-24. Setiap variasi debit juga dikalibrasi dengan menggunakan Persamaan (4.3). Adapun contoh persamaan kalibrasi rotameter variasi debit 1 LPM sebagai berikut :

$$Q_{\text{aktual}} = 1,526 Q_{\text{rotameter air}} + 0,0552$$

$$Q_{\text{aktual}} = 1,526 \cdot 1 + 0,0552$$

$$Q_{\text{aktual}} = 1,21 \text{ LPM}$$

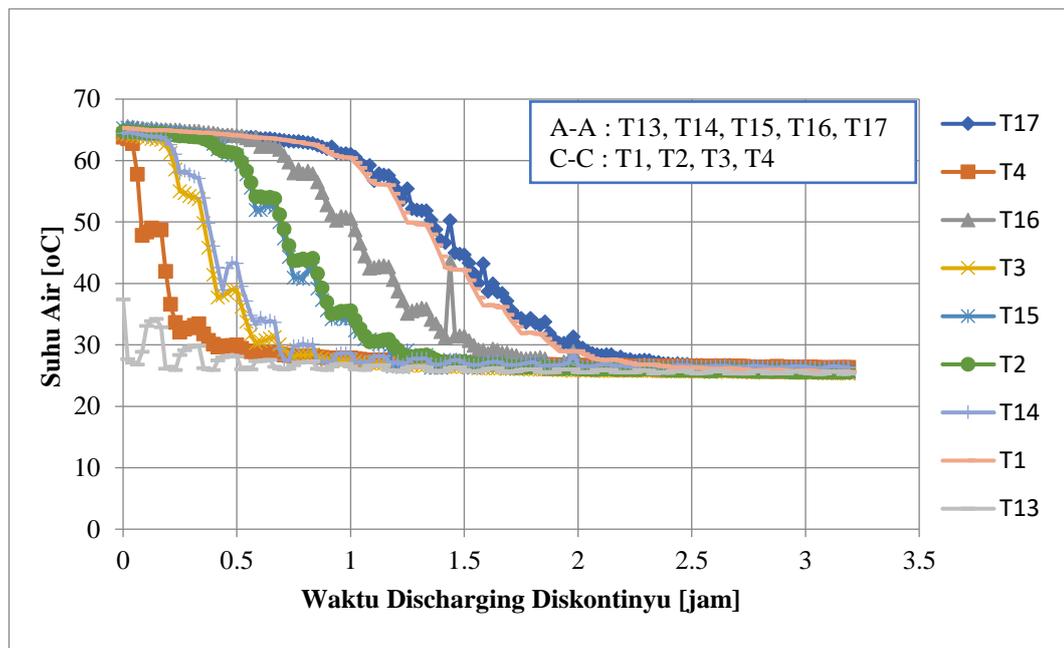
Data variasi debit terkalibrasi lainnya dapat dilihat pada Lampiran 25. Setelah data suhu dan variasi debit sudah terkalibrasi maka hasil tersebut dapat dibuat grafik-grafik yang diinginkan.

4.3. Evolusi Suhu Air

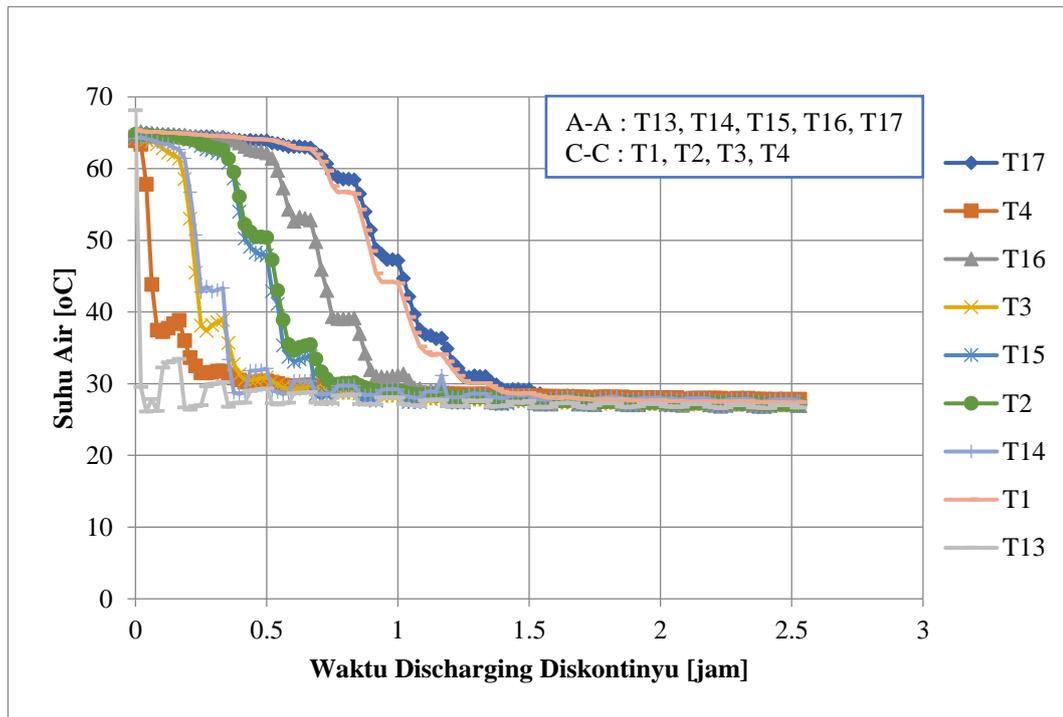
Perubahan suhu air terhadap waktu yang terjadi dalam proses discharging diskontinyu setiap lima menit dengan variasi debit air 1; 1,5; 2; 2,5 LPM dari suhu sekitar 70°C sampai 35°C memperoleh data sebagai berikut.

4.3.1. Evolusi Suhu Air Penampang A-A & C-C Baris Vertikal Tengah

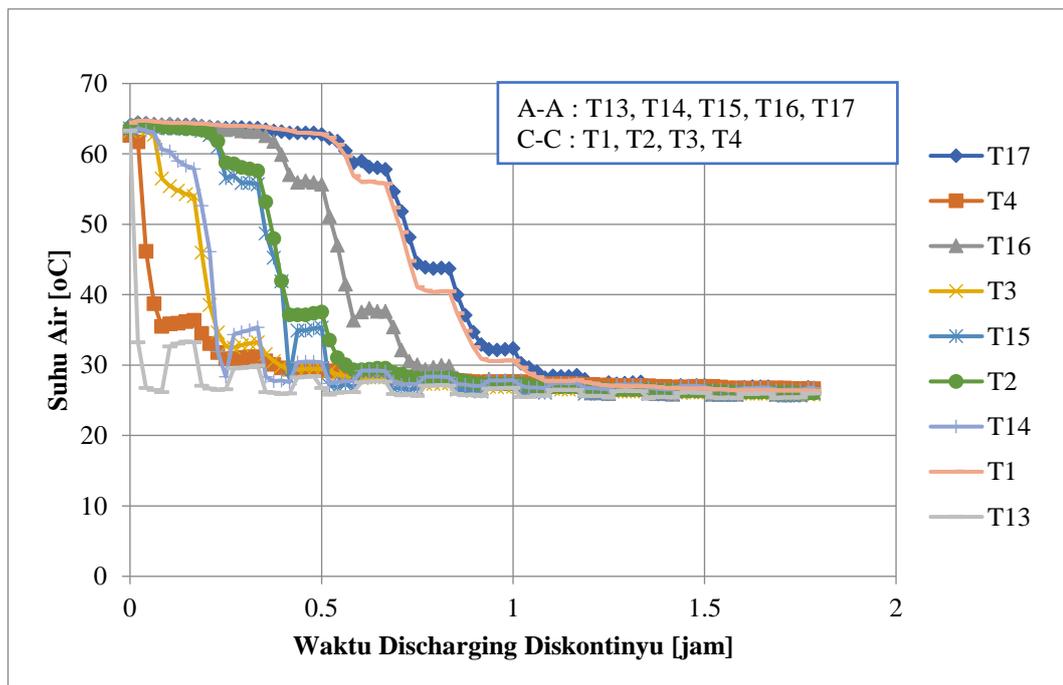
Evolusi suhu air yang terjadi pada penampang A-A & C-C baris vertikal tengah merupakan perubahan suhu air yang terjadi di dalam tangki SWH yang posisi termokopelnya terletak pada tengah-tengah tangki dan berada pada garis vertikal.



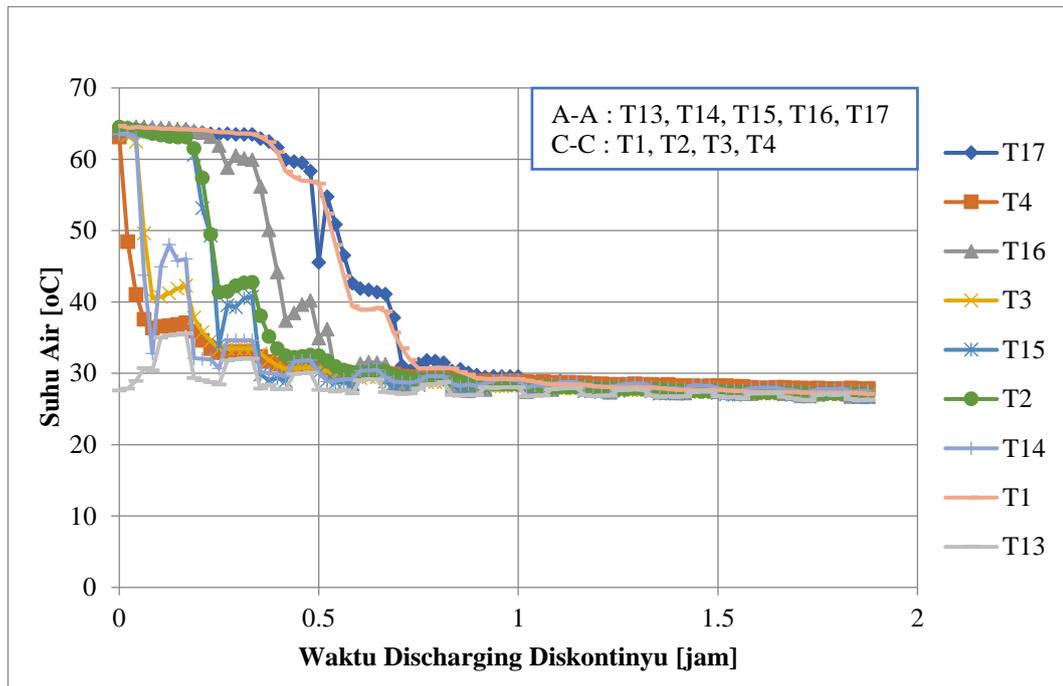
a) 1 LPM



b) 1,5 LPM



c) 2 LPM



d) 2,5 LPM

Gambar 4.4 Grafik Penampang A-A & C-C Baris Vertikal Tengah :

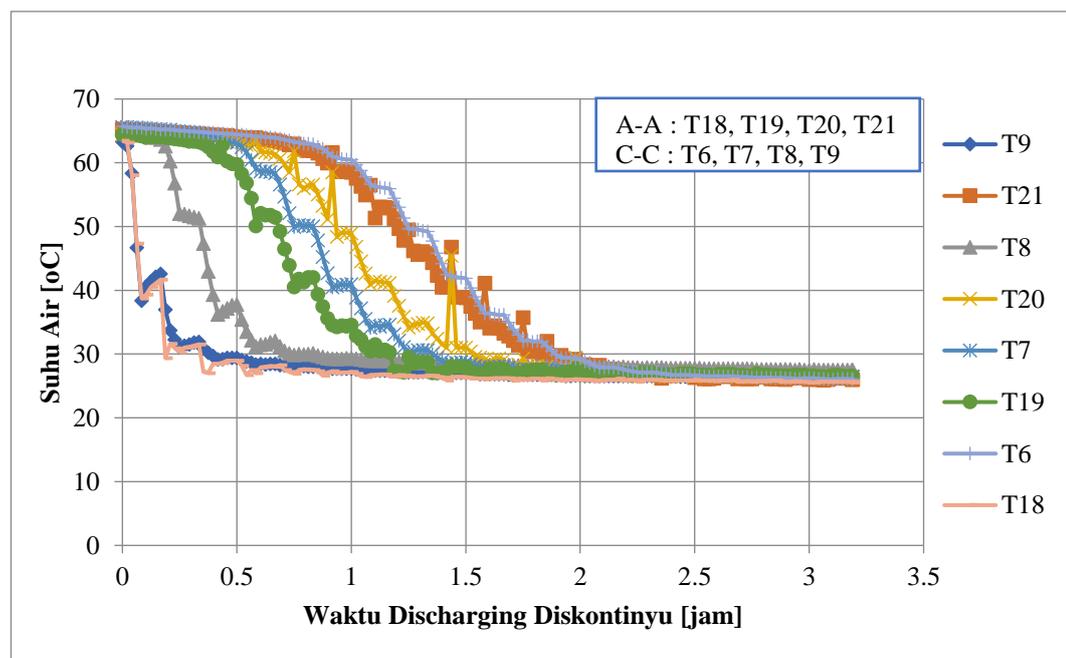
- a) 1 LPM
- b) 1,5 LPM
- c) 2 LPM
- d) 2,5 LPM

Pada grafik penampang A-A & C-C baris vertikal tengah Gambar 4.4 semua penurunan suhu paling lambat terjadi pada T17, hal ini disebabkan posisi T17 berada paling atas pada strimin A-A dan di bawah pipa keluar air tangki, sehingga penurunan suhu berjalan lebih lambat. Penurunan paling cepat terjadi pada T13 karena posisinya yang berada paling bawah dan di atas pipa masuk aliran air dari keran, sehingga penurunannya sangat drastis. T3 dan T4 mengalami penurunan suhu yang drastis setelah T13 akibat dari turbulensi yang terjadi di dalam tangki. T14 dan T15 mengalami penurunan suhu lebih dulu dibanding dengan T2 dikarenakan posisi T2 terletak pada penampang C-C sedangkan T14 dan T15 terletak pada penampang A-A yang berada di atas pipa masuk aliran air. Sama halnya T16 dan T1 yang penurunannya lebih cepat T16 karena berada pada penampang A-A. Ketika tangki dialiri air dari keran selama 5 menit grafik akan

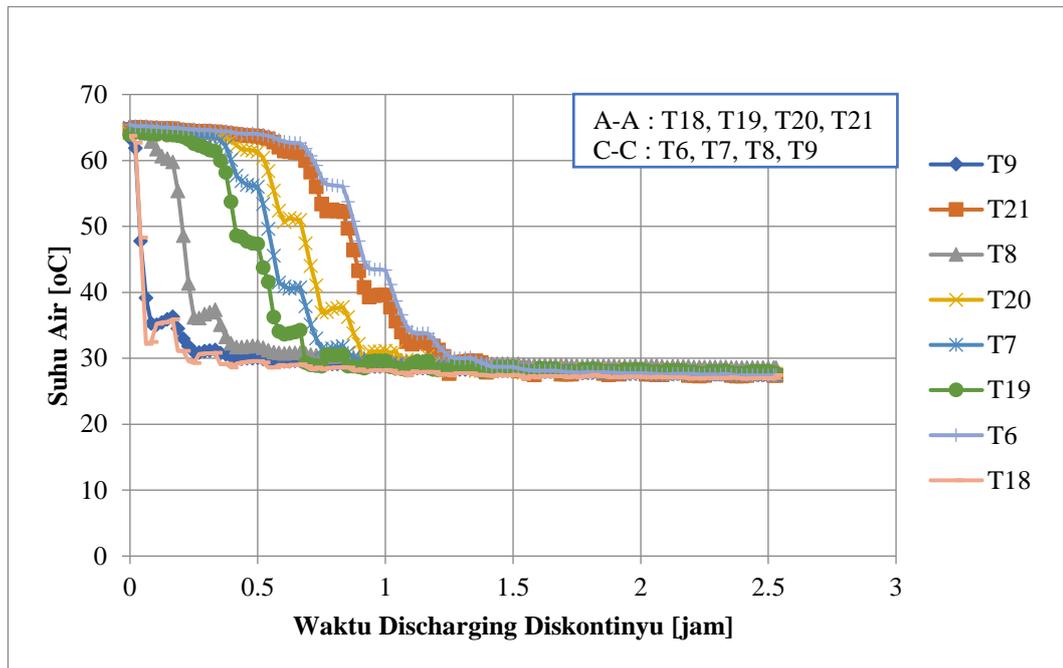
mengalami penurunan suhu secara drastis, tetapi ketika tangki tidak dialiri air dari keran grafik akan stabil pada suhu tertentu atau bahkan naik kembali. Lama waktu penurunan untuk mencapai suhu tertentu bergantung pada besarnya variasi debit semakin besar variasi debitnya akan semakin sedikit waktu yang dibutuhkan. Tetapi pada 2,5 LPM lebih lama daripada 2 LPM, hal ini disebabkan oleh faktor gelembung udara yang masuk ke dalam tangki karena besarnya aliran air dari keran.

4.3.2. Evolusi Suhu Air Penampang A-A & C-C Baris Vertikal Dekat Tengah

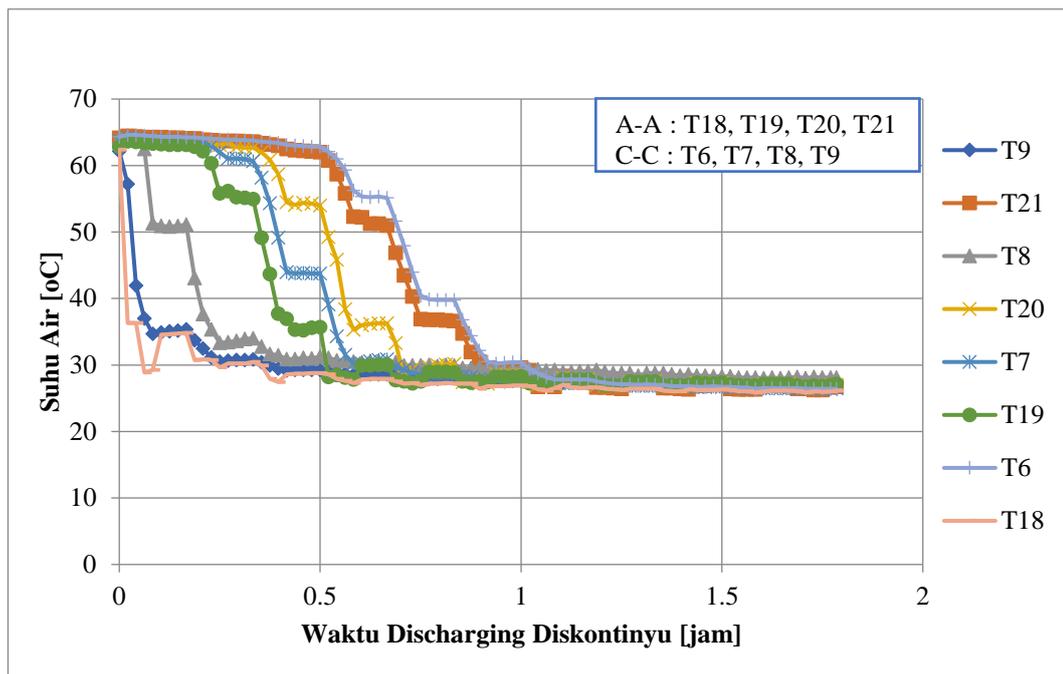
Evolusi suhu air yang terjadi pada penampang A-A & C-C baris vertikal dekat tengah merupakan perubahan suhu air yang terjadi di dalam tangki SWH yang posisi termokopelnya terletak pada dekat tengah-tengah tangki dan berada pada garis vertikal.



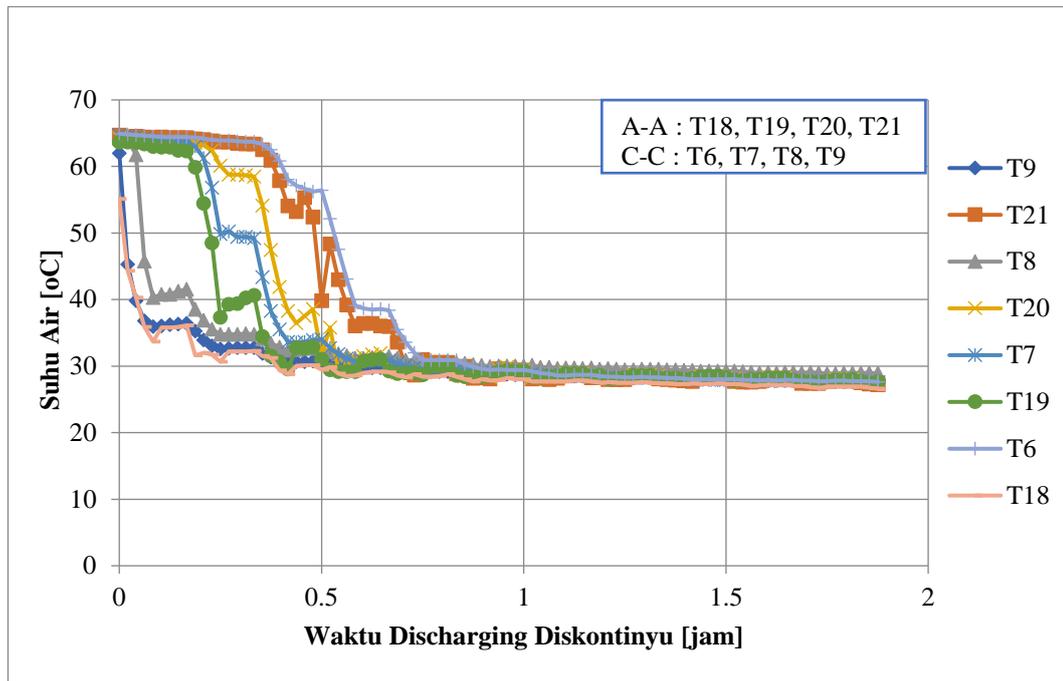
a) 1 LPM



b) 1,5 LPM



c) 2 LPM



d) 2,5 LPM

Gambar 4.5 Grafik Penampang A-A & C-C Baris Vertikal Dekat Tengah

a) 1 LPM

b) 1,5 LPM

c) 2 LPM

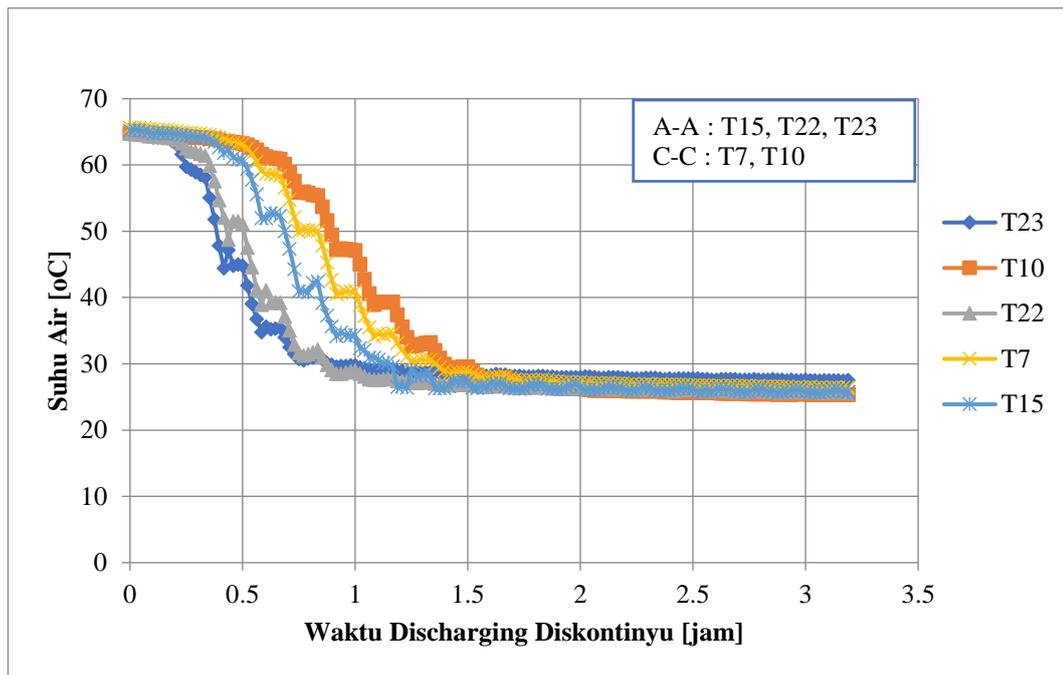
d) 2,5 LPM

Pada grafik Gambar 4.5 dari semua variasi debit penurunan paling lama terjadi pada T6 dan T21, hal tersebut karena posisi dari T21 berada paling atas sehingga penurunannya lebih lambat dan T6 berada pada penampang C-C sehingga penurunannya lebih lama dibanding T21. T18 mengalami penurunan suhu lebih cepat dikarenakan posisinya berada paling bawah di atas pipa masuk aliran air dari keran. Setelah T18, T9 mengalami penurunan suhu akibat dari turbulensi pada air tetapi waktu penurunan suhunya lebih lambat dibanding T18 dikarenakan posisinya penampangnya pada C-C. Penurunannya merambat ke bawah yaitu T8. T19 mengalami penurunan suhu lebih cepat dibanding T7 karena posisinya berada di penampang A-A sedangkan T7 di C-C. T7 mengalami penurunan suhu lebih cepat dibanding T20 karena akibat dari turbulensi yang terjadi pada air di dalam tangki. Setiap 5 menit pada proses pengaliran air dari keran suhu akan menurun dan

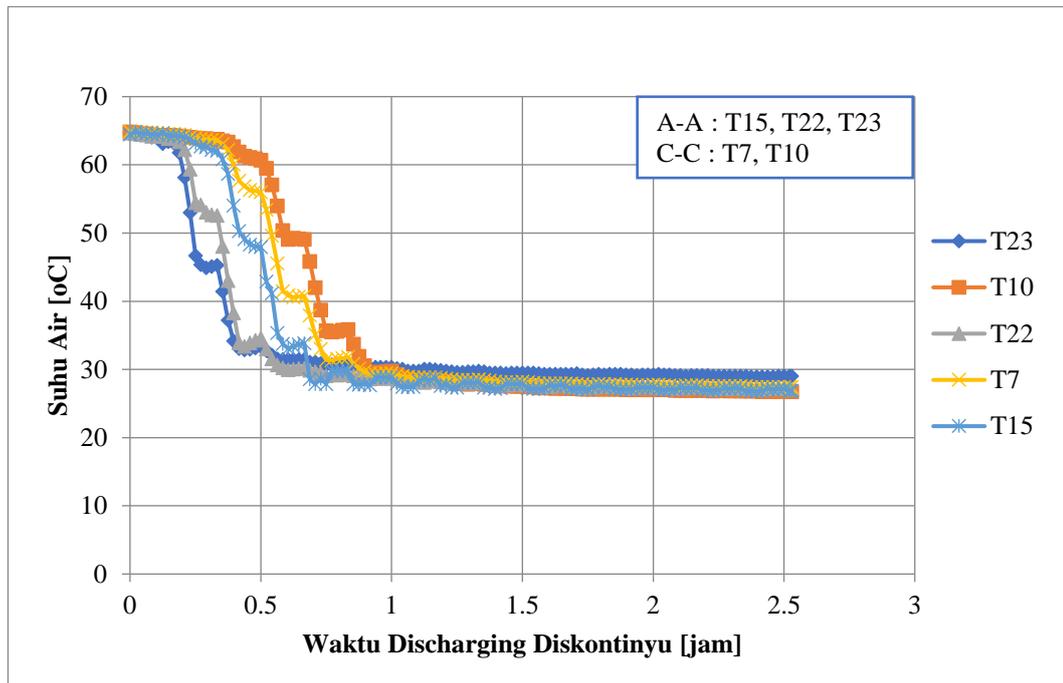
setiap 5 menit aliran air keran dihentikan suhu air akan kembali stabil dan bahkan ada yang naik kembali tetapi tidak terlalu tinggi kenaikannya.

4.3.3. Evolusi Suhu Air Penampang A-A & C-C Baris Horizontal

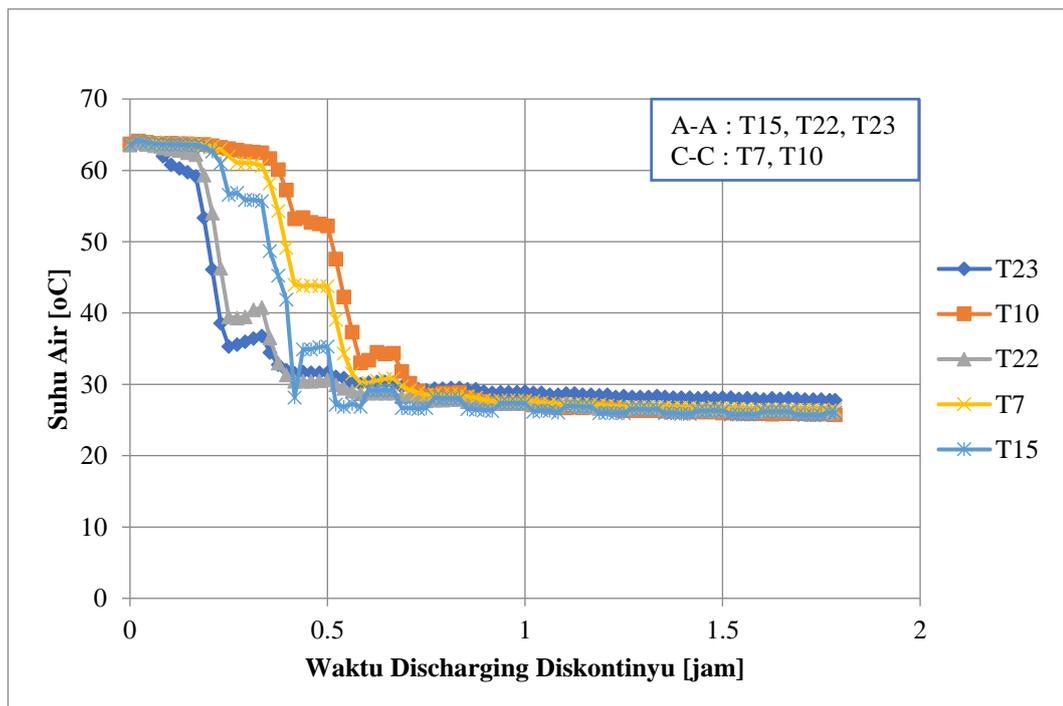
Evolusi suhu air yang terjadi pada penampang A-A & C-C baris horizontal merupakan perubahan suhu air yang terjadi di dalam tangki SWH yang posisi termokopelnya terletak pada tengah-tengah tangki garis horizontal.



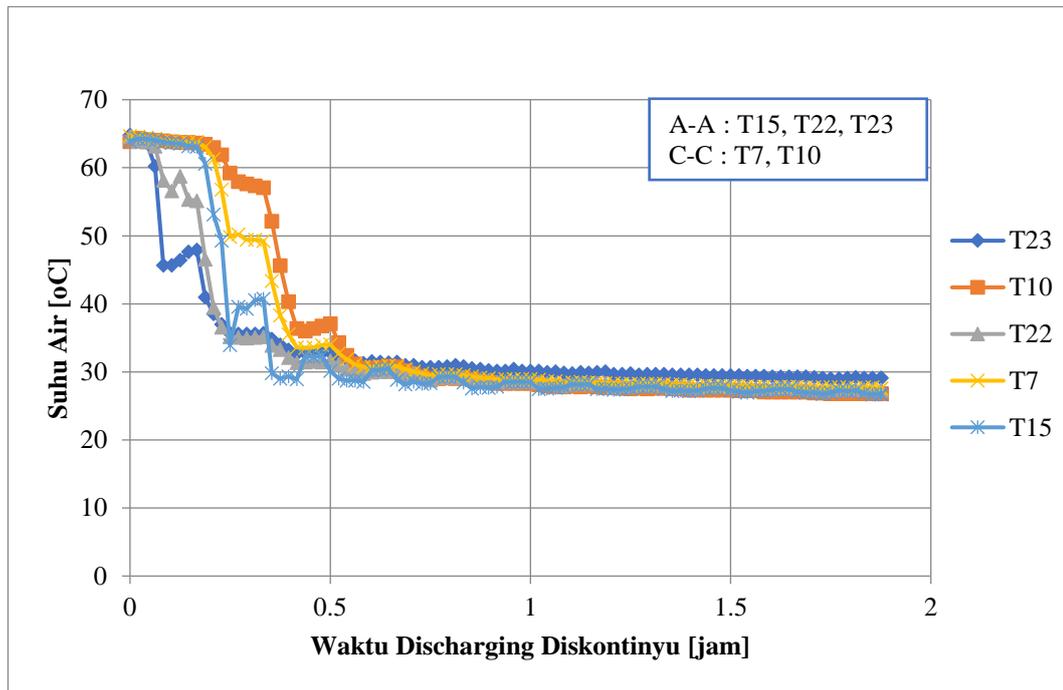
a) 1 LPM



b) 1,5 LPM



c) 2 LPM



d) 2,5 LPM

Gambar 4.6 Grafik Penampang A-A & C-C Baris Horizontal :

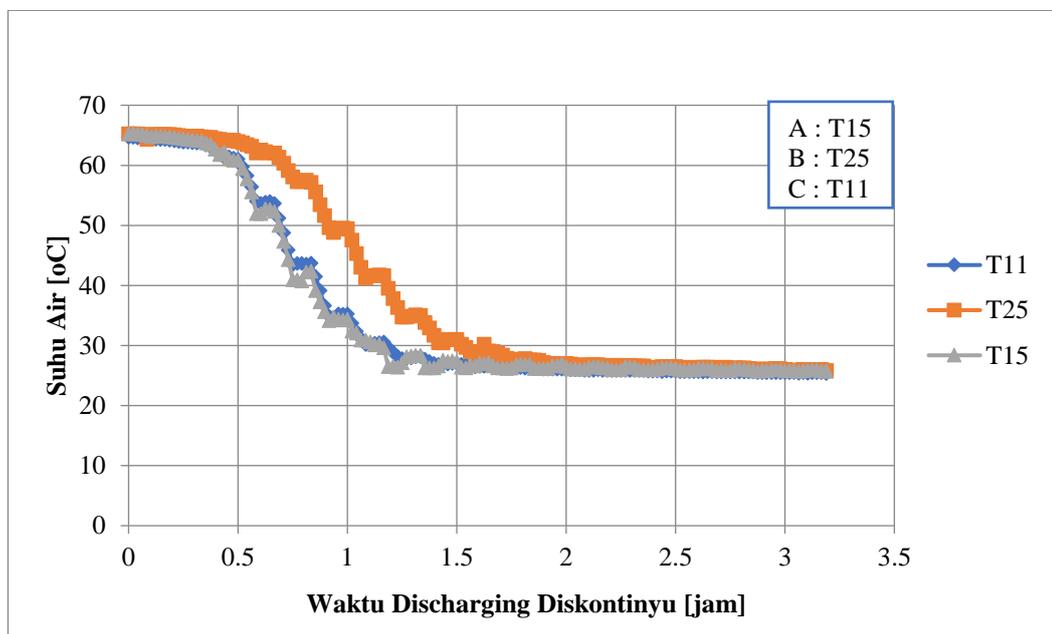
- a) 1 LPM
- b) 1,5 LPM
- c) 2 LPM
- d) 2,5 LPM

Pada grafik-grafik Gambar 4.6 menunjukkan bahwa semua penurunan suhu paling cepat terjadi pada T23 dikarenakan akibat dari turbulensi air yang terjadi di dalam tangki sehingga penurunan suhu terjadi di dekat dinding tangki terlebih dahulu kemudian sampai ke tengah yaitu T22 dan ke T15. T10 dan T7 mengalami penurunan lebih lambat karena posisinya berada pada penampang C-C sehingga air dari pipa masuk tangki tidak langsung mengalir ke T10 dan T7. T7 mengalami penurunan suhu lebih cepat dibanding T10 akibat dari turbulensi air yang terjadi di dalam tangki. Sama halnya baris vertikal, pada penampang ini juga penurunan suhunya terjadi ketika 5 menit dialiri air dari keran dan 5 menit tidak dialiri suhunya akan konstan atau bahkan naik lagi tetapi tidak terlalu drastis. Pada variasi debit 1 LPM, waktu yang dibutuhkan agar penurunan suhu dari seluruh T-nya stabil adalah sekitar 1,5 jam. Sedangkan variasi debit 1,5 LPM membutuhkan waktu sekitar 1

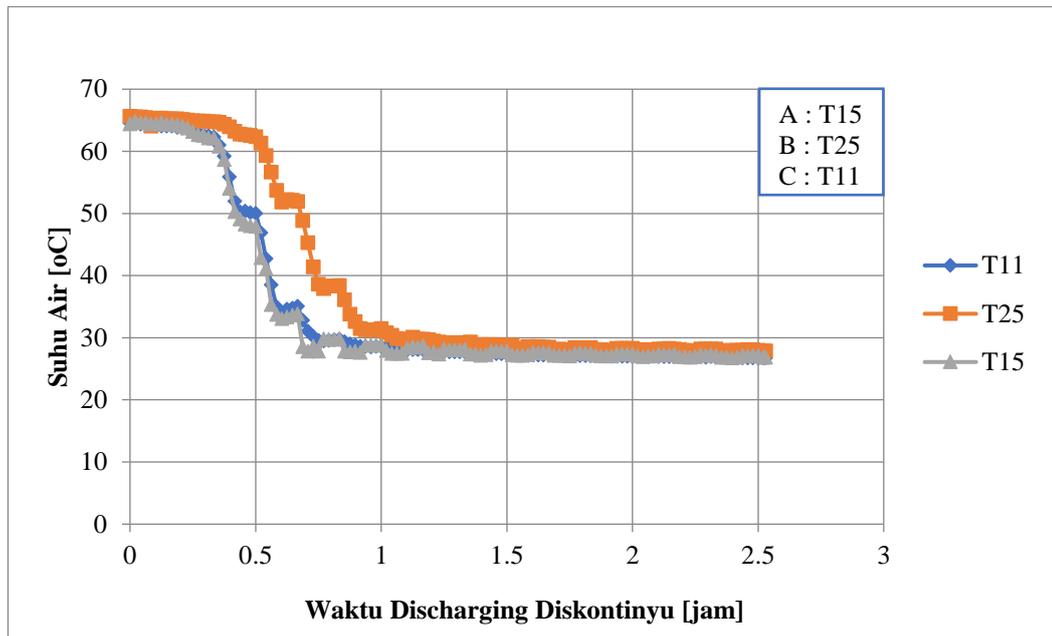
jam. Variasi debit 2 LPM membutuhkan waktu sekitar 45 menit dan variasi debit 2,5 LPM hanya sekitar 40 menit saja. Hal tersebut menunjukkan besarnya debit air yang masuk ke dalam tangki mempengaruhi waktu laju penurunan suhu.

4.3.4. Evolusi Suhu Air Penampang A-B-C Aksial Tengah

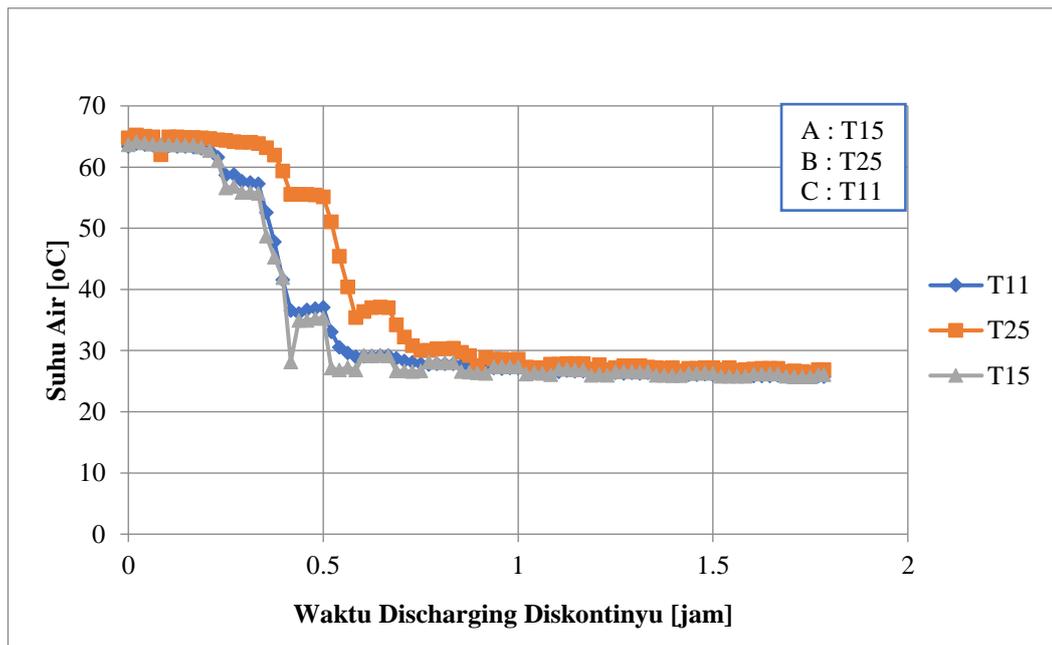
Evolusi suhu air penampang A-B-C aksial tengah merupakan perubahan suhu air yang terjadi pada posisi tengah-tengah setiap penampang yang berjumlah 3, antara lain di penampang A sisi kiri, di penampang B dan di penampang C atau A sisi kanan.



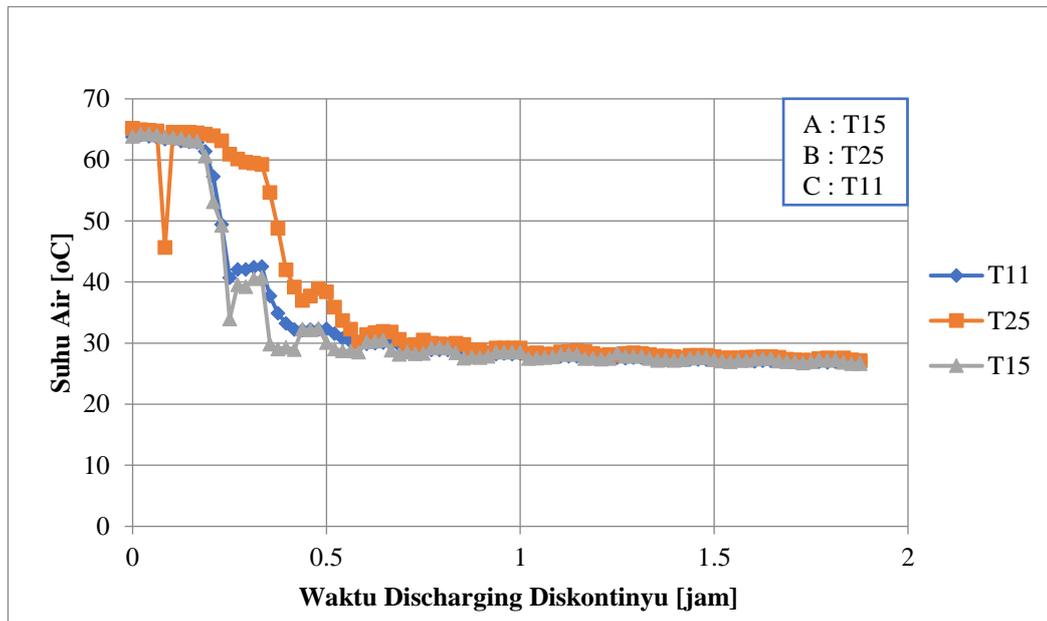
a) 1 LPM



b) 1,5 LPM



c) 2 LPM



d) 2,5 LPM

Gambar 4.7 Grafik Penampang A-B-C Aksial Tengah :

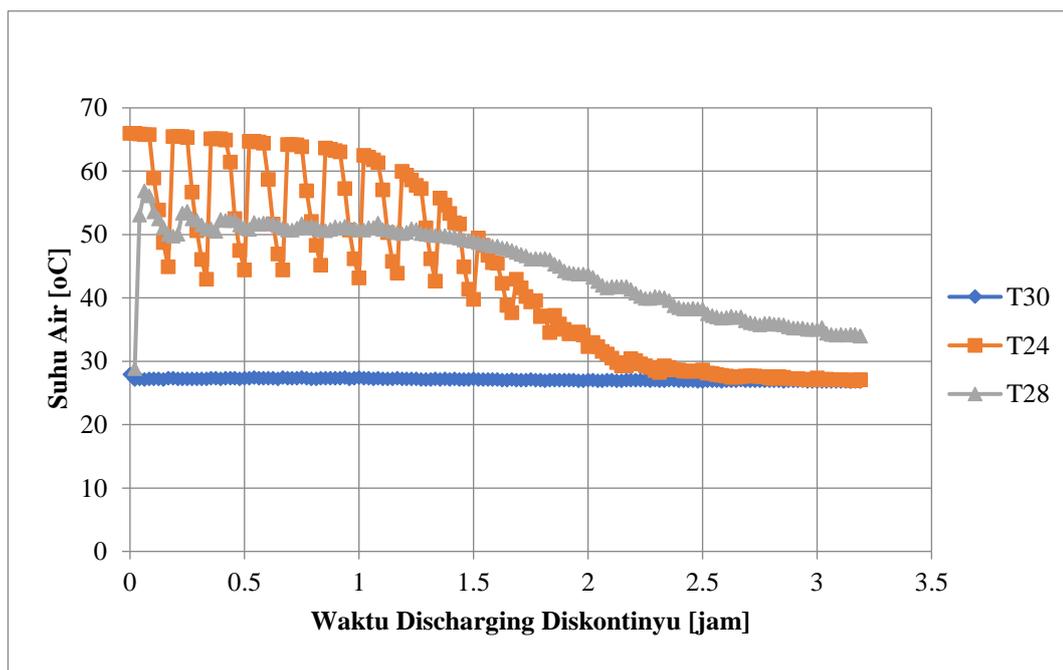
- a) 1 LPM
- b) 1,5 LPM
- c) 2 LPM
- d) 2,5 LPM

Seluruh grafik Gambar 4.7 penurunan suhu tercepat terjadi pada T15, hal tersebut terjadi karena posisi termokopel T15 berada pada penampang A-A yang dimana di bawahnya terdapat pipa masuk aliran air dari keran, sehingga area tersebut langsung terkena air dingin. Penurunan suhu terlama terjadi pada termokopel T25 yang sebelumnya terjadi penurunan suhu terlebih dahulu pada termokopel T11. Lamanya penurunan suhu yang terjadi pada termokopel T25 akibat dari sisa air panas pada area termokopel T11, sehingga T25 masih dialiri dengan air panas dan T11 sudah dialiri dengan air dingin dari keran. Sama seperti grafik-grafik sebelumnya, lamanya waktu tergantung dari besarnya variasi debit yang dialirkan. Semakin besar debit air yang dialirkan, maka semakin cepat waktu penurunan suhunya. Tetapi pada variasi debit 2,5 LPM waktu penurunan suhunya lebih lama dibandingkan dengan variasi debit 2 LPM, hal tersebut terjadi karena besarnya variasi debit 2,5 LPM mengakibatkan adanya gelembung-gelembung

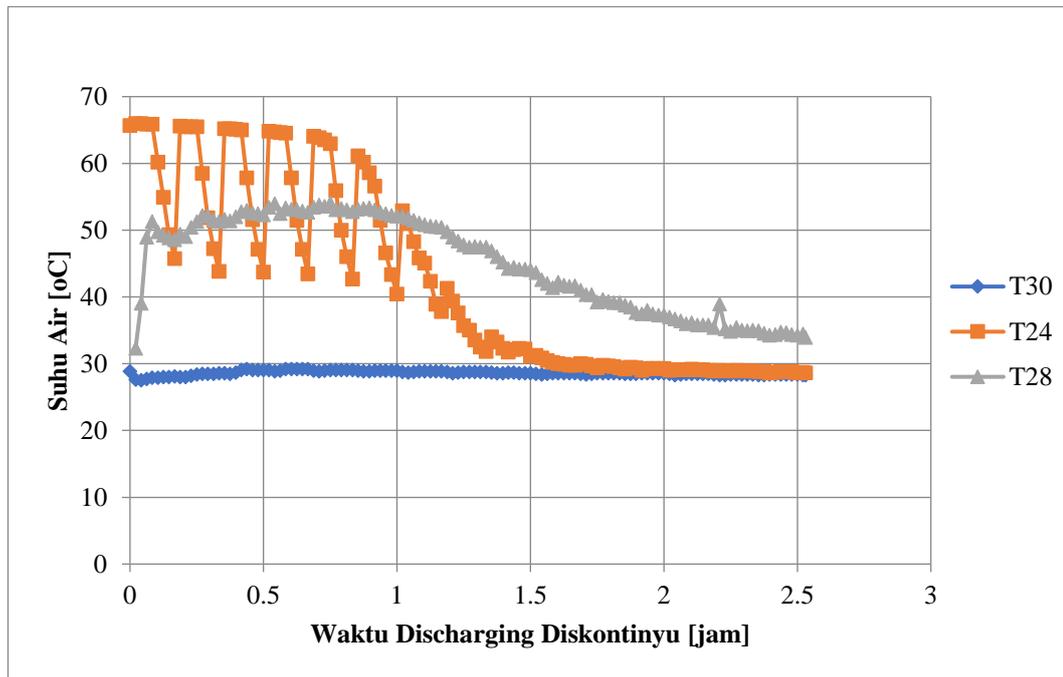
udara yang masuk ke dalam tangki, sehingga air yang keluar dari tangki tidak bisa maksimal karena bersamaan dengan gelembung-gelembung udara.

4.3.5. Evolusi Suhu Air *Discharging* Diskontinyu

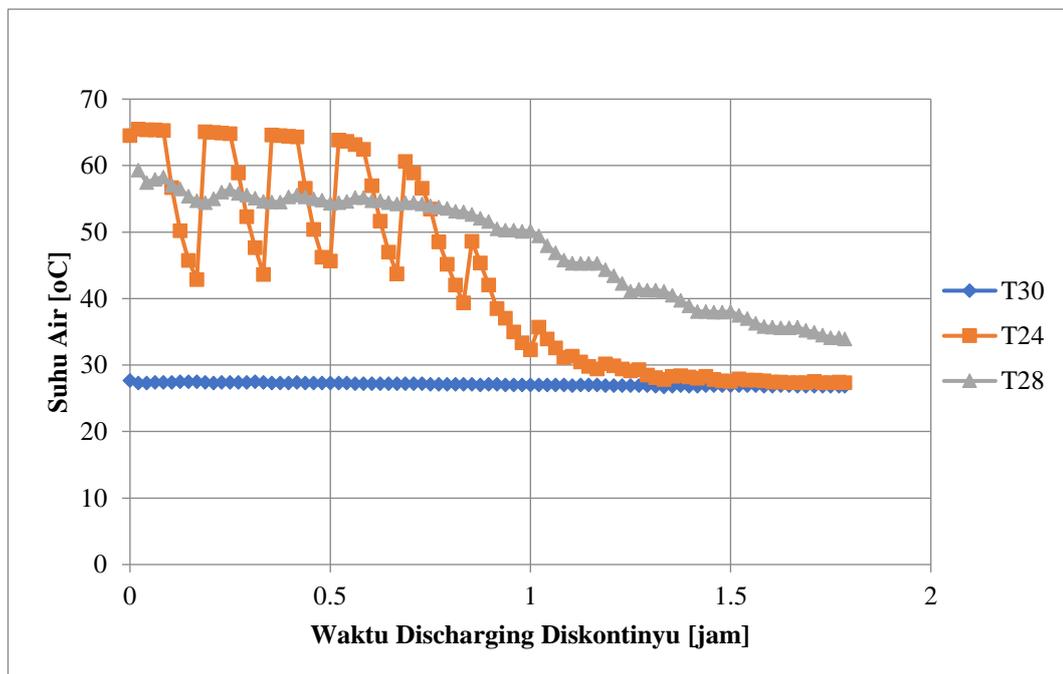
Perubahan suhu air yang terjadi selama proses *discharging* diskontinyu mengalami penurunan karena adanya pencampuran antara air panas di dalam tangki dengan air biasa dari keran yang masuk melalui pipa inlet atau pipa masuk aliran air ke dalam tangki dan dikeluarkan ke dalam bak penampung. Suhu akhir air yang diinginkan adalah 35°C dengan suhu awal air 70°C. Metode diskontinyu adalah dengan cara 5 menit dialiri air dari keran ke dalam tangki dan 5 menit tidak dialiri air terus menerus sampai mencapai suhu 35°C. Termokopel yang digunakan untuk pengambilan data evolusi suhu air *discharging* diskontinyu adalah T30 yang berada pada pipa inlet, T24 berada posisi pipa keluar air dari tangki dan T28 berada pada bak penampung air.



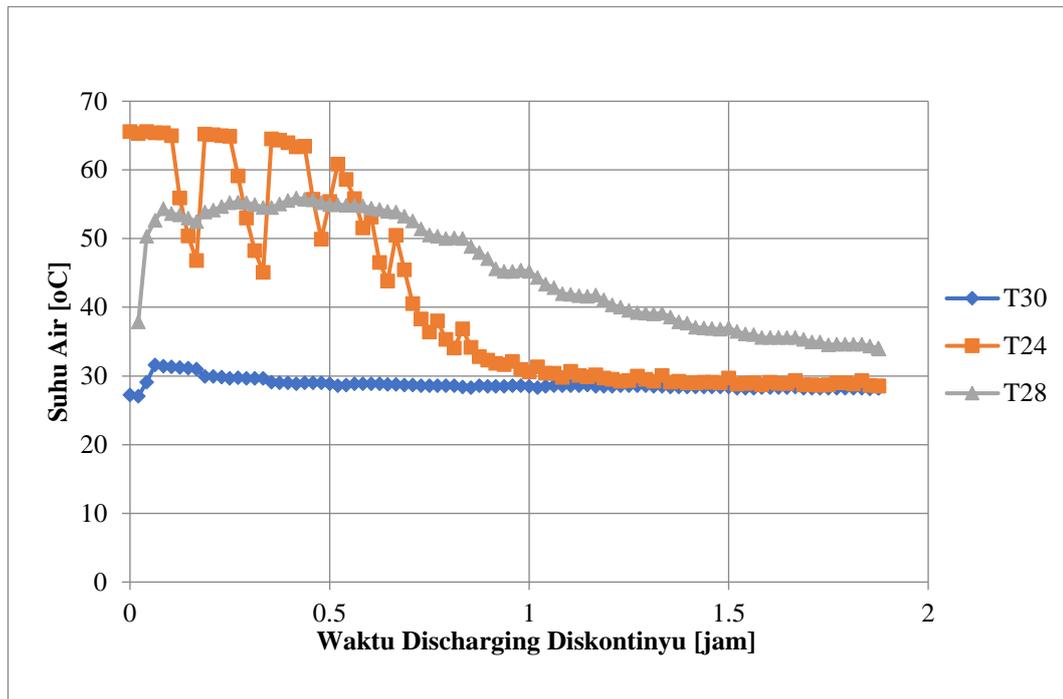
a) 1 LPM



b) 1,5 LPM



c) 2 LPM



d) 2,5 LPM

Gambar 4.8 Grafik *Discharging* Diskontinyu :

- a) 1 LPM
- b) 1,5 LPM
- c) 2 LPM
- d) 2,5 LPM

Pada grafik Gambar 4.8 discharging diskontinyu semua T30 disetiap variasi debit menunjukan hasil suhu yang stabil disuhu sekitar 28°C. Hal tersebut terjadi karena posisi T30 berada di pipa inlet atau pipa masuk aliran air pada keran, sehingga suhu yang didapat adalah suhu normal air. Adapun pada variasi debit 2,5 LPM terjadi sedikit kenaikan, hal tersebut terjadi karena adanya heat loss dari tangki yang masuk ke area pipa inlet pada saat aliran air dari keran dihentikan dan hal tersebut tidak berlangsung lama.

Termokopel T24 menunjukkan grafik naik turun suhu yang cukup signifikan. Hal tersebut terjadi karena posisi termokopel T24 berada pada pipa keluar air dari tangki. Pada saat keran air dinyalakan selama 5 menit suhu dari termokopel T24 mengalami penurunan suhu yang signifikan, tetapi pada saat keran air dimatikan T24 mengalami kenaikan kembali ke suhu sebelumnya, hal tersebut

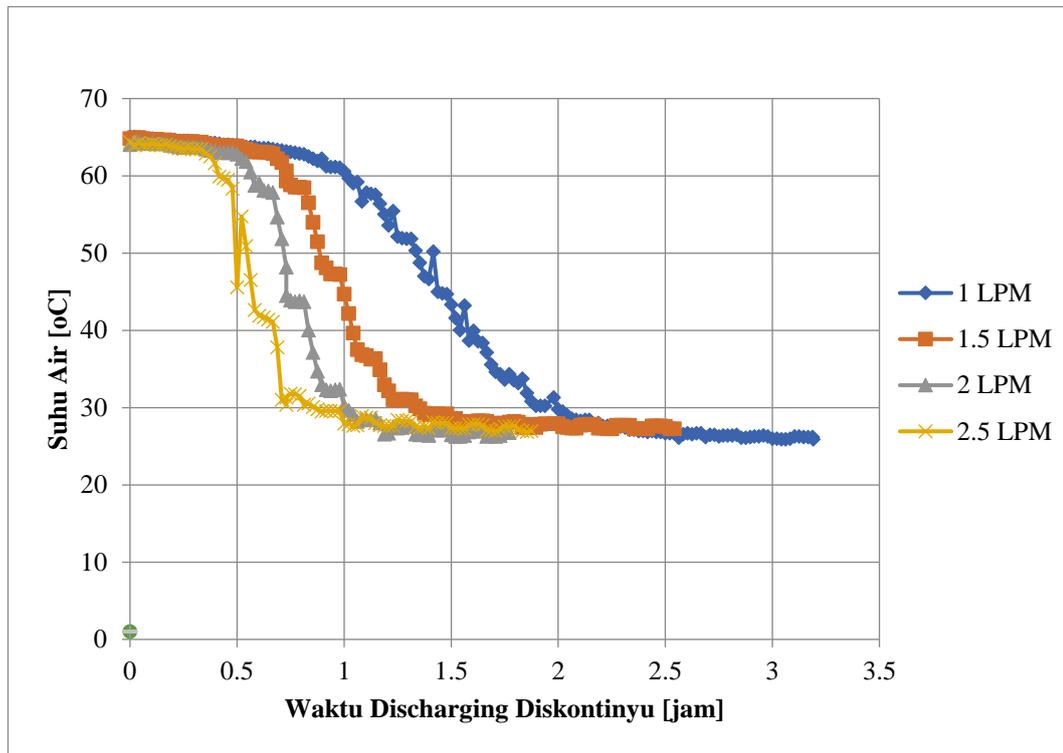
dikarenakan pengaruh dari volume pipa yang kecil sehingga suhu dengan cepat kembali naik. Semakin besar debit air yang dialirkan semakin cepat penurunan suhu yang terjadi pada T24. Terbukti untuk memperoleh suhu $\pm 35^{\circ}\text{C}$ pada variasi debit 1 LPM membutuhkan waktu ± 1 jam 53 menit, untuk variasi debit 1,5 LPM membutuhkan waktu ± 1 jam 15 menit, untuk variasi debit 2 LPM membutuhkan waktu ± 57 menit dan untuk variasi debit 2,5 LPM membutuhkan waktu ± 47 menit.

T28 adalah termokopel yang berada pada bak penampung air. Suhu akhir yang diinginkan adalah suhu air untuk keperluan mandi sebesar 35°C . Pada titik ini semua grafik menunjukkan penurunan suhu secara stabil, yang membedakannya adalah waktunya untuk memperoleh suhu 35°C . Semakin besar variasi debit air yang dialirkan, semakin cepat penurunan suhu terjadi. Variasi debit 1 LPM membutuhkan waktu 3 jam 11 menit 25 detik untuk memperoleh suhu yang diinginkan, variasi debit 1,5 LPM membutuhkan waktu 2 jam 32 menit, variasi debit 2 LPM membutuhkan waktu 1 jam 47 menit 5 detik dan variasi debit 2,5 LPM membutuhkan waktu 1 jam 52 menit 35 detik. Kenapa variasi debit 2,5 LPM lebih lama untuk memperoleh suhu yang diinginkan, dikarenakan adanya fenomena kavitasi yang terjadi di dalam tangki akibat dari besarnya debit air yang dialirkan dari keran. Sehingga air yang keluar dari tangki tidak maksimal karena bersamaan dengan gelembung-gelembung udara dari dalam tangki.

4.4. Perbandingan Evolusi Suhu Air

4.4.1. Perbandingan Evolusi Suhu Air T17 A-A Vertikal Tengah

Posisi termokopel T17 berada pada penampang A sisi kiri paling atas. Tujuan dari membandingkan evolusi suhu yang terjadi pada T17 adalah untuk mengetahui perbandingan evolusi suhu dari setiap variasi debit di titik keluar tangki.

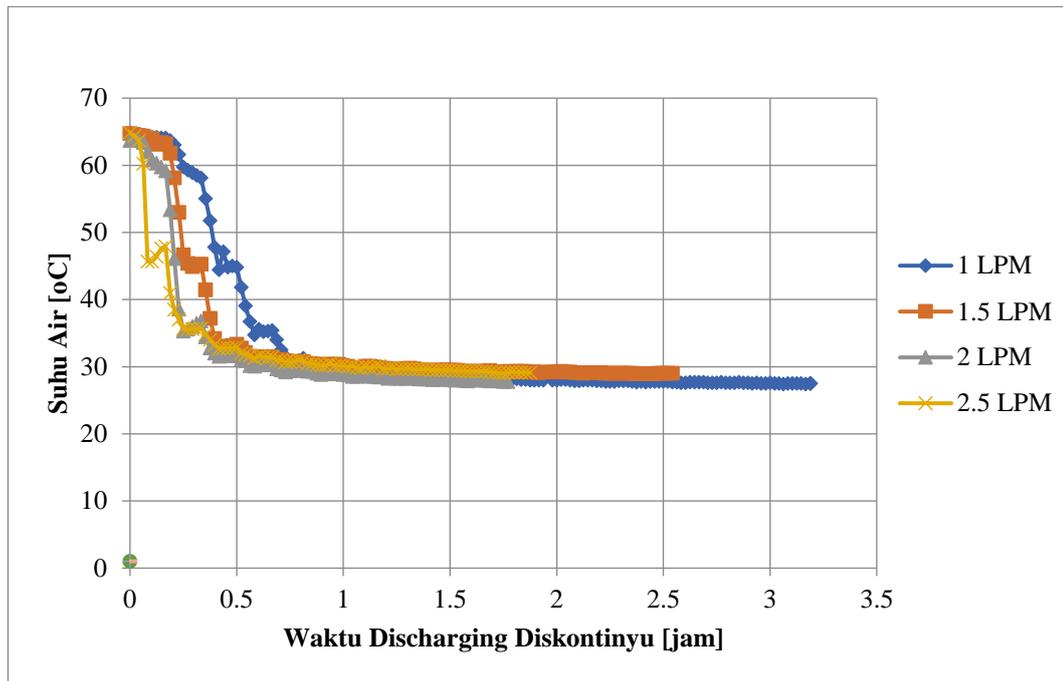


Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Evolusi Suhu Air T17 Penampang A-A Baris Vertikal Tengah

Pada grafik Gambar 4.9 penurunan suhu T17 paling lama terjadi pada variasi debit 1 LPM sedangkan penurunan suhu tercepat terjadi pada variasi debit 2,5 LPM. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik keluar tangki besar variasi debit yang digunakan akan mempengaruhi laju penurunan suhu. Semakin besar debit aliran air maka semakin cepat penurunan suhu yang terjadi.

4.4.2. Perbandingan Evolusi Suhu Air T23 A-A Horizontal

Perbandingan evolusi suhu air T23 merupakan perbandingan untuk mengetahui evolusi suhu air yang terjadi pada penampang A-A baris horizontal paling kanan di dalam tangki SWH.

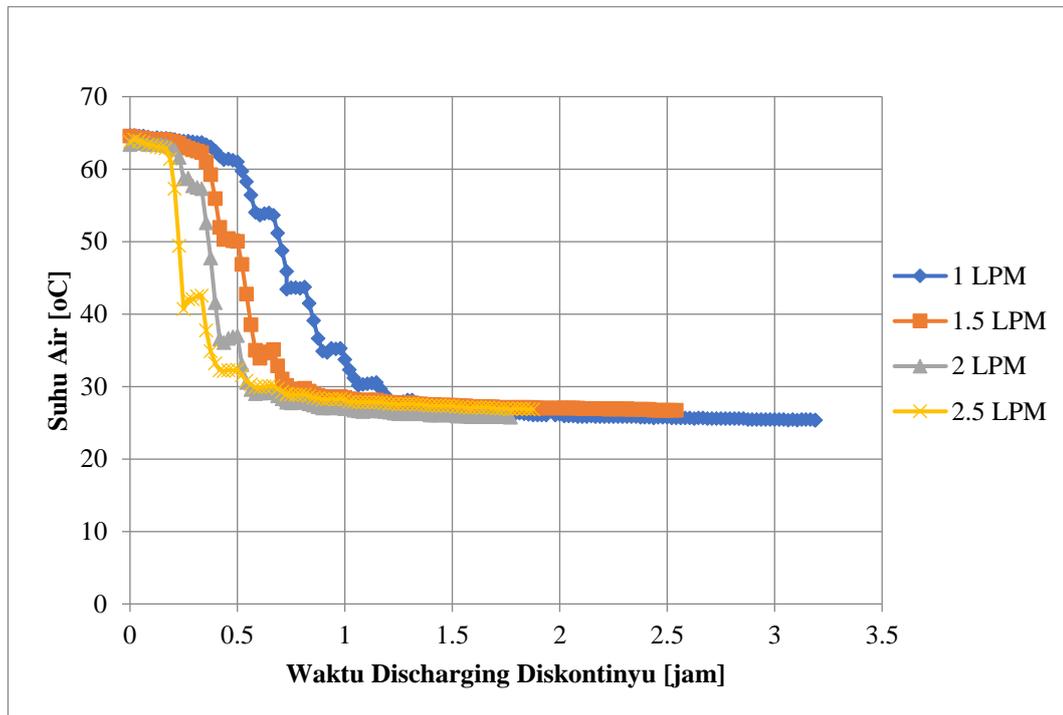


Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Evolusi Suhu Air T23 Penampang A-A Baris Horizontal

Dari grafik Gambar 4.10 terlihat bahwa penurunan suhu paling lama terjadi pada T23 variasi debit 1 LPM dan penurunan suhu tercepat terjadi pada T23 variasi debit 2,5 LPM. Sama seperti grafik perbandingan sebelumnya, bahwa semakin besar debit aliran air maka akan semakin cepat penurunan suhu yang terjadi.

4.4.3. Perbandingan Evolusi Suhu Air T11 C-C Aksial

Perbandingan evolusi suhu air T11 merupakan perbandingan evolusi suhu air yang terjadi pada penampang C-C Baris aksial pada setiap variasi debitnya yang letaknya di sisi kanan tangki SWH.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Evolusi Suhu Air T11 Penampang C-C Baris Aksial

Pada grafik Gambar 4.11 menjelaskan bahwa untuk mencapai penurunan suhu 40°C T11 variasi debit 2,5 LPM memperoleh waktu tercepat, sedangkan waktu terlamanya adalah T11 variasi debit 1 LPM. Hal tersebut sama seperti grafik perbandingan sebelumnya. Semakin besar variasi debit air yang dialirkan semakin cepat juga laju penurunan yang terjadi.

Perbandingan antara grafik Gambar 4.7, Gambar 4.8, Gambar 4.9 untuk memperoleh suhu sekitar 30°C T17 membutuhkan waktu 1 sampai 2 jam, sedangkan T23 membutuhkan waktu 0,5 sampai 1 jam dan T11 membutuhkan waktu 0,6 jam sampai 1,1 jam. Hal ini membuktikan bahwa penurunan suhu tercepat terjadi pada posisi termokopel baris horizontal sedangkan penurunan suhu terlama terjadi pada posisi termokopel baris vertikal tengah. T17 membutuhkan waktu terlama untuk penurunan suhunya karena posisinya berdekatan dengan pipa keluar tangki sedangkan T23 yang posisinya berada paling pinggir baris horizontal menyebabkan adanya *heat loss* dan turbulensi pada air yang membuat waktu penurunan suhunya lebih cepat. Sedangkan posisi T11 yang berada di tengah

penampang dan di sebelah kanan tangki sehingga membuat waktu penurunan suhunya lebih lama dibanding dengan T23.

4.5. Pelepasan Kalor Kumulatif

Pelepasan kalor kumulatif adalah gabungan energi termal yang terlepas dari awal sampai akhir. Pelepasan kalor kumulatif yang terjadi pada variasi debit 1 LPM dapat dihitung dengan persamaan (2.2) berikut ini :

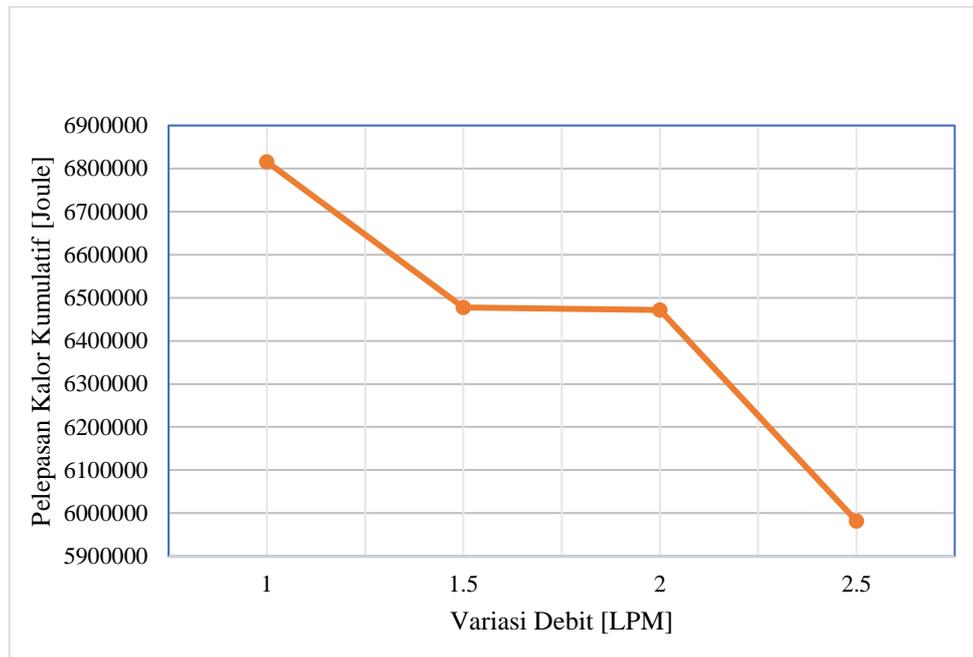
$$\begin{aligned} Q_{\text{kum}} &= m.c.(T_i - T_f) \\ &= \rho.V_{\text{tangki}}.C_p.(T_{\text{awal rata-rata tangki}} - T_{\text{akhir rata-rata tangki}}) \\ &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,060083 \text{ m}^3 \cdot 4180 \text{ J/kg.K.} (63,61616 - 30,66186)^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{kum}} = 6.815.830,07 \text{ J}$$

Adapun persamaan tersebut sama-sama digunakan untuk variasi debit air lainnya dan hasil nilai pelepasan kalor kumulatif dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan grafiknya pada Gambar 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Nilai Pelepasan Kalor Kumulatif

No.	Variasi Debit (LPM)	T_i (°C)	T_f (°C)	Pelepasan Kalor Kumulatif (Joule)
1.	1	63,61616	30,66186	6.815.830,07
2.	1,5	64,7692	33,45184	6.477.267,69
3.	2	63,60203	32,31065	6.471.894,07
4.	2,5	62,26289	32,31065	5.981.779,82



Gambar 4.12 Grafik Nilai Pelepasan Kalor Kumulatif

Pada Gambar 4.12 grafik tentang nilai pelepasan kalor kumulatif dari setiap variasi debit menunjukkan bahwa semakin besar variasi debit air yang dialirkan maka nilai pelepasan kalor kumulatifnya akan lebih kecil. Terjadinya penurunan pada nilai pelepasan kalor kumulatif disebabkan karena air yang dialirkan menyerap panas dari air didalam tangki dan panas pada tangki dan faktor besarnya ΔT juga mempengaruhi nilai pelepasan kalor kumulatifnya, semakin besar ΔT maka semakin besar juga nilai pelepasan kalor kumulatifnya.

4.6. Laju Pelepasan Kalor

Laju pelepasan kalor yang terjadi pada setiap variasi debit air dapat dihitung dengan membandingkan nilai pelepasan kalor kumulatif dengan total waktu setiap variasi debit. Pada variasi debit 1 LPM nilai laju pelepasan kalor dapat dihitung sebagai berikut :

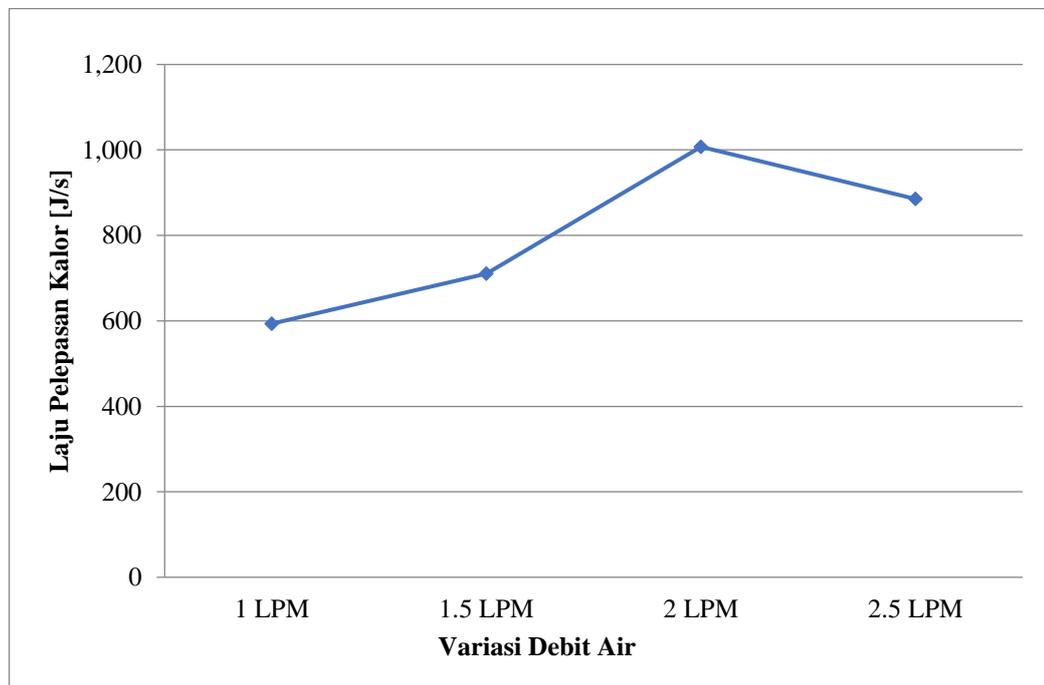
$$\begin{aligned}
 \dot{Q} &= \frac{Q}{\Delta t} \\
 &= \frac{Q_{\text{kum}}}{t_{\text{total}}} \\
 &= \frac{6.815.830,07 \text{ J}}{11485 \text{ s}}
 \end{aligned}$$

$$\dot{Q} = 593,45 \text{ J/s}$$

Adapun persamaan tersebut sama-sama digunakan untuk variasi debit air lainnya dan nilai hasil laju pelepasan kalor dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan grafik Gambar 4.13 berikut :

Tabel 4.4 Nilai Laju Pelepasan Kalor

No.	Variasi Debit (LPM)	Nilai Laju Pelepasan Kalor (J/s)	Waktu Total (Detik)
1.	1	593,45	11485
2.	1,5	710,23	9120
3.	2	1007,30	6425
4.	2,5	885,53	6755



Gambar 4.13 Grafik Laju Pelepasan Kalor

Dari hasil perhitungan laju pelepasan kalor setiap variasi debitnya menunjukkan bahwa besarnya debit yang dialirkan akan mempengaruhi nilai laju

pelepasan kalor. Semakin besar variasi debit airnya maka akan semakin besar juga laju pelepasan kalornya. Tetapi pada kasus variasi debit 2,5 LPM yang lebih rendah nilai laju pelepasan kalornya dibandingkan dengan variasi debit 2 LPM. Hal tersebut terjadi karena besarnya aliran air dari keran membuat adanya gelembung-gelembung udara yang masuk ke dalam tangki pada saat variasi debit 2,5 LPM, sehingga air yang keluar ke dalam bak penampung lebih sedikit karena bersamaan dengan gelembung-gelembung udara dari dalam tangki dan turbulensi yang terjadi di dalam tangki juga membuat laju pelepasan kalornya berkurang.

4.7. Laju Penurunan Suhu Air

Laju penurunan suhu air yang terjadi pada setiap variasi debitnya dapat dihitung menggunakan gradien suhu. Pada variasi debit 1 LPM nilai laju penurunan suhu air dapat dihitung sebagai berikut :

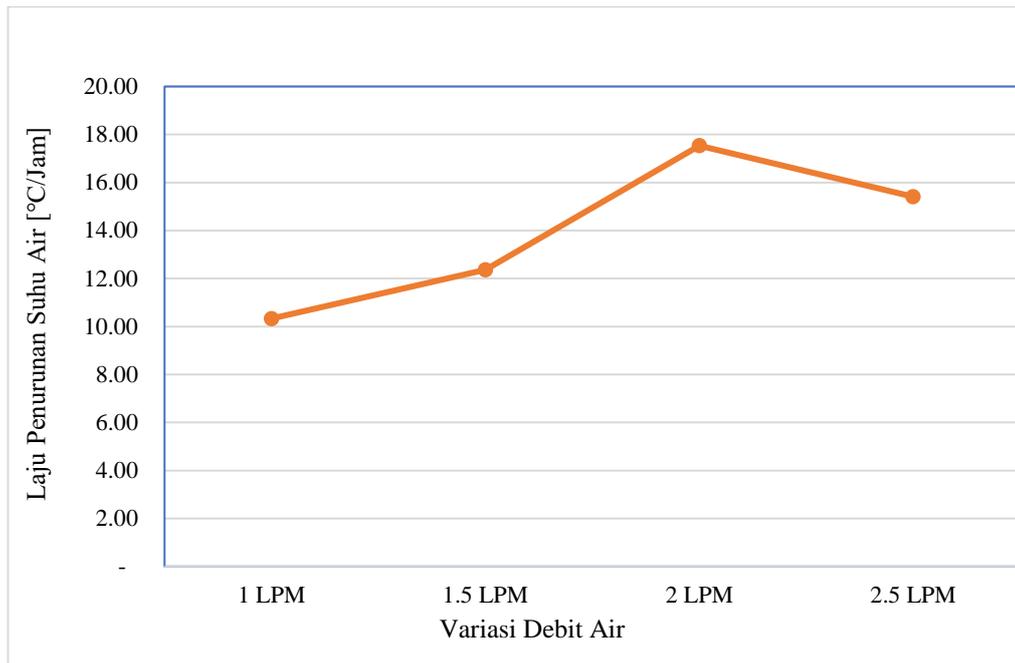
$$\begin{aligned} \text{Laju penurunan suhu air} &= \frac{(T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}}) \times 3600}{t_{\text{total}}} \\ &= \frac{(63,61616 - 30,66186) \times 3600}{11485} \end{aligned}$$

$$\text{Laju penurunan suhu air} = 10,33^{\circ}\text{C}/\text{Jam}$$

Adapun perhitungan tersebut sama-sama digunakan untuk variasi debit air lainnya dan nilai laju penurunan suhu air dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan grafik pada Gambar 4.14 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Nilai Laju Penurunan Suhu Air

No.	Variasi Debit Air (LPM)	T _{awal} (°C)	T _{akhir} (°C)	Waktu Total (Detik)	Laju Penurunan Suhu Air (°C/Jam)
1.	1	63,61616	30,66186	11485	10,33
2.	1,5	64,7692	33,45184	9120	12,36
3.	2	63,60203	32,31065	6425	17,53
4.	2,5	62,26289	32,31065	6755	15,41



Gambar 4.14 Grafik Laju Penurunan Suhu Air

Nilai dari laju penurunan suhu air setiap variasi debitnya menunjukkan bahwa besarnya debit air yang dialirkan akan mempengaruhi laju penurunan suhunya. Semakin besar debit air yang dialirkan maka semakin besar juga nilai dari laju penurunan suhu airnya. Tetapi pada variasi debit 2,5 LPM nilai laju penurunannya lebih rendah dibandingkan dengan nilai laju penurunannya debit 2 LPM. Hal tersebut terjadi karena pada proses *discharging* diskontinyu debit 2,5 LPM mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang masuk ke dalam tangki yang berasal dari aliran dari keran karena besarnya aliran yang dikeluarkan. Sehingga pada proses keluarnya air dari dalam tangki ke bak penampungan tidak bisa maksimal karena bersamaan dengan gelembung-gelembung udara yang ada. Turbulensi yang terjadi di dalam tangki karena besarnya debit yang dialirkan juga mempengaruhi hal tersebut.