

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Pelaksanaan**

Pengujian mesin pendingin yang menggunakan termoelektrik peltier TEC1-12706 dilakukan pada tanggal 20 Maret 2017- 30 April 2017 bertempat di rumah penulis yang berada di Kota Wates, Kulon Progo, Yogyakarta. Dalam pembahasan hasil pengujian ini dibagi menjadi empat bagian yaitu pembahasan mengenai variasi heat sink, pembahasan mengenai penggunaan energi dalam siste, pembahasan mengenai penggunaan energi untuk pendinginan dan pembahasan yang terakhir mengenai perbandingan mesin.

#### **4.2. Pengujian Variasi *Heat Sink***

Pada pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui variasi *heat sink* yang akan digunakan pada bagian sisi panas peltier dan sisi dingin peltier. Pengujian variasi *heat sink* ini dilakukan pada tanggal 7 April 2017 pada pukul 08.00-10.00 dengan metode *open system*. Untuk data *heat sink* yang digunakan pada sisi panas tetap menggunakan *heat sink* dengan tipe A. Sementara untuk bagian sisi dingin divariasikan dengan menggunakan tipe B dan tipe C. Mesin yang dirangkai menggunakan satu buah peltier TEC1-12706.

Tabel 4.1 Data Variasi *Heat Sink* Tipe *Extrude*

<b>HEAT SINK (extrude)</b>	<b>PANJANG (mm)</b>	<b>LEBAR (mm)</b>	<b>TINGGI (mm)</b>	<b>TEBAL (mm)</b>	<b>JARAK SIRIP (mm)</b>	<b>JUMLAH SIRIP</b>
Model A	120	120	34	4	10	7
Model B	80	70	34	4	10	7
Model C	80	60	43	9	3	20

Kemudian heat sink tersebut dirangkai pada peltier, terdapat dua rangkaian yang diuji. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2.

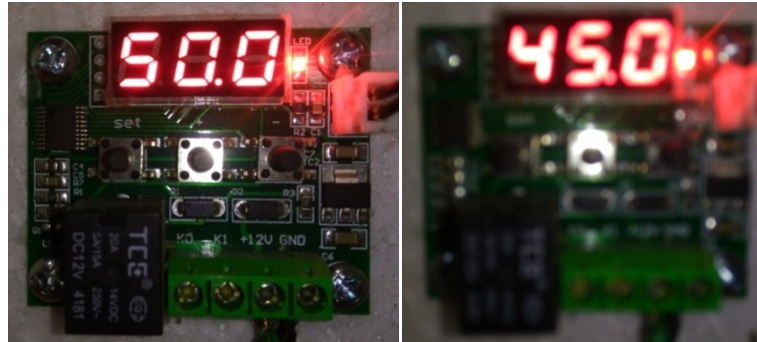
Tabel 4.2 Rangkaian variasi *heat sink*

<b>NO</b>	<b>Mesin</b>	<b>Sisi Panas (Heat sink)</b>	<b>Sisi Dingin (Heat sink)</b>
1	Tipe 1	Model A	Model B
2	Tipe 2	Model A	Model C

Setelah dilakukan pengujian *open system* pada masing-masing tipe mesin di atas secara terpisah selama 15 menit, didapatkan hasil pengujian yang dapat dijelaskan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian variasi *heat sink*

<b>Mesin</b>	<b>Suhu Kabin (°C)</b>		<b>Waktu (Menit)</b>	<b>Tegangan (V)</b>	<b>Ampere (A)</b>	<b><math>\Delta T</math> (°C)</b>
	Awal	Akhir				
Tipe 1	27	50	15	11,9	4,29	23
Tipe 2	27	45	15	11,9	4,29	18



Gambar 3.26 Hasil pengukuran suhu pada pengujian variasi *heat sink* tipe 1 (kiri) dan tipe 2 (kanan) atau pengujian *open system*



Gambar 3.27 Hasil pengukuran suhu awal kabin pada pengujian *open system*

Dapat dilihat pada dua mesin tersebut menghasilkan selisih perubahan suhu yang berbeda, dimana pada mesin tipe 1 menghasilkan  $\Delta T$  sebesar  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan pada mesin tipe 2 menghasilkan  $\Delta T$  sebesar  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Mesin tipe 2 menghasilkan  $\Delta T$  lebih kecil, yang berarti *heat sink* pada bagian dingin mampu lebih bagus menurunkan suhu. *Heat sink* pada mesin tipe 2 menggunakan *heat sink* tipe C yang memiliki jumlah sirip yang lebih banyak dibanding dengan *heat sink* tipe B, yang berarti memiliki luas area sentuh lebih besar terhadap udara dalam kabin sehingga kemampuan pendinginannya juga lebih bagus dibanding dengan *heat sink* tipe B yang memiliki sirip lebih sedikit dan luas area sentuh terhadap udara dalam kabin lebih kecil. Dengan fakta bahwa *heat sink* pada sisi panas adalah sama, maka jika dilakukan pengujian secara *open system* mesin yang

menghasilkan  $\Delta T$  paling kecil adalah mesin yang lebih optimal kinerjanya dalam mendinginkan kabin. Sehingga mesin dengan tipe 2 digunakan penulis sebagai mesin pendingin yang akan digunakan pada sistem.

### 4.3. Penggunaan Energi Dalam Sistem

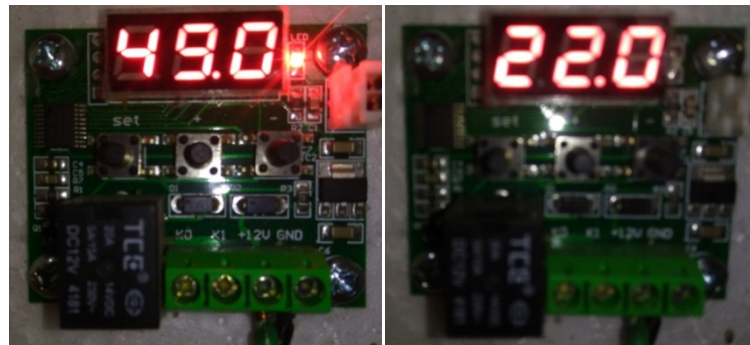
Dalam pengujian ini dimaksudkan untuk mencari berapa energi yang digunakan dalam sistem selama mesin dinyalakan. Pengujian dilakukan pada tanggal 8 April 2017 pukul 08.00-10.00 Untuk mencari energi yang digunakan oleh sistem dapat dicari dengan pengujian *closed system* seperti dijelaskan pada bab 3. Pengujian ini menggunakan satu peltier TEC1-12706 yang dirangkai sesuai mesin dengan tipe 2. Data hasil pengujian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 4.4 Data hasil pengujian *closed system* sisi panas (*hot side*)

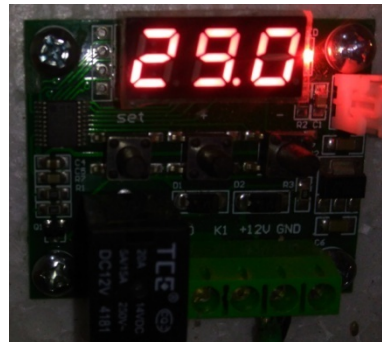
NO	SUHU (°C)			WAKTU (Menit)
	SUHU AWAL (T <sub>0</sub> )	SUHU AKHIR (T <sub>1</sub> )	$\Delta T$	
1	29	49	20	15

Tabel 4.5 Data hasil pengujian *closed system* sisi dingin (*cold side*)

NO	SUHU (°C)			WAKTU (Menit)
	SUHU AWAL (T <sub>0</sub> )	SUHU AKHIR (T <sub>1</sub> )	$\Delta T$	
1	29	22	7	15



Gambar 3.28 Hasil pengukuran suhu pengujian *closed system* sisi panas (kiri) dan sisi dingin (kanan)



Gambar 3.29 Hasil pengukuran suhu awal kabin pada pengujian *closed system*

Dapat dilihat dalam tabel di atas dalam pengujian kinerja mesin dengan cara *closed system* selisih suhu yang dihasilkan pada sisi panas sebesar  $20^{\circ}\text{C}$  dan selisih suhu yang terjadi pada sisi dingin sebesar  $7^{\circ}\text{C}$ . Sehingga selisih suhu kerja diantara sisi panas dan sisi dingin sebesar  $13^{\circ}\text{C}$ . Hasil tersebut didapat dengan jalan mengurangi selisih suhu kerja pada sisi panas dan sisi dingin. Selisih suhu sebesar  $13^{\circ}\text{C}$  merupakan energi dalam yang berada di dalam elemen peltier sehingga mengakibatkan peltier dapat bekerja.

#### 4.3.1. Kemampuan Pendinginan Peltier TEC1-12706

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja peltier sebagai pendingin. Pengujian ini dilakukan pada tanggal 5 April 2017 pukul 08.00-10.00.

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja peltier sebagai pendingin. Mesin yang digunakan adalah mesin dengan tipe 2, yang dimasukkan pada kabin dengan kapasitas 7,5 liter. Data dari pengujian ini dapat dijelaskan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.6 Hasil pengujian

Mesin	Listrik		Suhu Ruang (°C)	Suhu Kabin		WAKTU (Menit)
	Arus (A)	Tegangan (V)		Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	
Tipe 2	4,29	11,9	29	29	22	15

Tabel 4.7 Kemampuan pendinginan peltier

Mesin	P in (Wh)	$\Delta T$ (°C)	Kemampuan Pendinginan (Wh/°C)
Tipe 2	12,7	7	1,8

Dari hasil pengujian kinerja peltier TEC1-12706 terlihat bahwa kemampuan pendinginan adalah sebesar 1,8 Wh/°C. Yang berarti mesin yang dirancang oleh penulis mampu menurunkan suhu kabin sebesar 1 °C menggunakan energi sebesar 1,8 Wh/°C dengan volume kabin sebesar 7,5 liter.

#### 4.3.2. Perhitungan Penggunaan Energi Dalam Sistem

Untuk melakukan perhitungan penggunaan energi dalam sistem data awal yang perlu diketahui adalah selisih kerja (suhu) antara *hot side* dan *cold side*. Selain itu data yang diperlukan adalah kemampuan pendinginan dari peltier.

Perhitungan penggunaan energi dalam sistem dapat dijelaskan sebagai berikut :

**Diketahui :**

$$\Delta T = 13 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t = 15 \text{ menit (0,25 jam)}$$

$$C = 1,8 \text{ Wh/}^{\circ}\text{C}$$

**Ditanya :**

$$\Delta q = \dots\dots\dots \text{mW/min}$$

**Jawab :**

- Untuk mencari  $\Delta q$  yang pertama kali dilakukan adalah membagi dengan satuan waktu selama mesin bekerja dalam menit. Sehingga  $\Delta T$  per menitt menjadi  $= 13 \text{ }^{\circ}\text{C} : 15 = 0,87 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Selanjutnya hasil di atas di kalikan dengan  $C$  dari mesin sebesar  $1,8 \text{ Wh/}^{\circ}\text{C}$ , maka didapatkan hasil  $= 0,87 \text{ }^{\circ}\text{C} \times 1,8 \text{ Wh/}^{\circ}\text{C} = 1,57 \text{ Wh}$
- Kemudian hasil  $1,57 \text{ Wh}$  dikonversi menjadi  $26,2 \text{ miliWatt/menit}$
- Sehingga dapat diketahui penggunaan energi dalam sistem sebesar  $26,2 \text{ mW/min}$ .

#### 4.4. Efisiensi Kerja Pendinginan

Pada pengujian efisiensi kerja pendingin dilakukan dengan cara pengujian *open system*. Yaitu bagian mesin sisi panas dan sisi dingin dimasukkan kedalam kabin, selanjutnya mesin dinyalakan dan catat perubahan suhu yang terjadi di dalam kabin dalam rentan waktu mesin mati sampai setelah mesin dinyalakan. Data hasil pengujian *closed system* ini dapat dijelaskan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.8 hasil uji *open system*

Mesin	Suhu Kabin (°C)			Waktu (Menit)
	Awal	Akhir	$\Delta T$	
Tipe 2	27	45	18	15

Dapat dilihat pada tabel di atas, setelah sisi panas dan sisi dingin dimasukkan bersamaan dalam kabin didapat perbedaan suhu sebesar 18 °C. Perbedaan suhu tersebut didapat setelah mesin dinyalakan selama 15 menit.

Kemudian 1,2 °C dikalikan dengan kemampuan mesin pendingin sebesar 1,8 Wh/°C, maka didapatkan hasil 2,16 Wh. Hasil 2,16 Wh tersebut selanjutnya dikurangkan dengan hasil perhitungan dari penggunaan energi dalam sistem sebesar 1,57 Wh. Sehingga didapatkan hasil sebesar 0,59 Wh. Dikonversi ke miliWatt/menit, maka hasilnya 9.83 mW/menit. Energi sebesar 9.83 mW/menit merupakan energi yang digunakan sehingga peltier mampu menghasilkan suhu dingin. Sehingga efisiensi pendinginan yang dihasilkan mesin adalah 26,2 mW/min dibagi dengan 9.83 mW/menit, maka hasilnya 0,34.

#### 4.5. Perbandingan Kinerja Mesin Pendingin

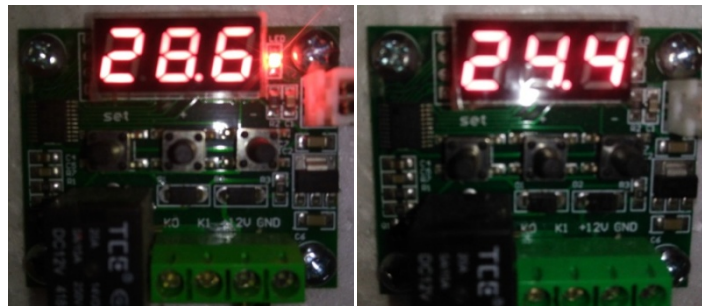
Pada pengujian ini dilakukan pada tanggal 29 April 2017 pada pukul 08.00-10.00. Pada pengujian ini terdapat dua data dari kinerja masing-masing mesin pendingin. Data pertama pada tabel 4.10 merupakan data kinerja dari mesin pendingin yang di beli di toko elektronik dengan merk dagang *Port Able*



*Electronic* dan data pada tabel 4.11 merupakan data dari mesin pendingin yang didirancang oleh penulis.

Tabel 4.9 Data kinerja mesin pendingin *Port Able Electronic*

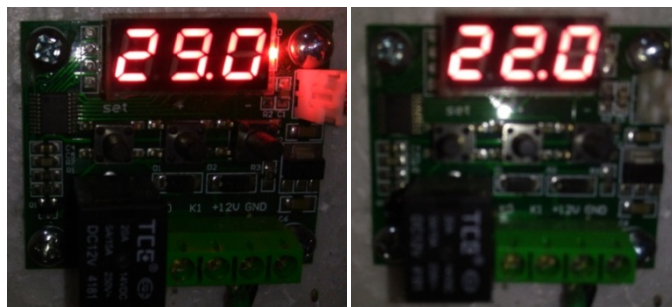
Waktu (Menit)	Kapasitas Kabin (liter)	Suhu Kabin (°C)			Energi (Wh)	Kemampuan Pendinginan (Wh/°C)
		Awal	Akhir	Perubahan Suhu		
15	7,5	28,6	24,4	4,2	12	2,8



Gambar 3.30 Hasil pengukuran suhu kinerja mesin pendingin *Port Able Electronic*, suhu awal (kiri) dan suhu akhir (kanan)

Tabel 4.10 Data kinerja mesin pendingin rancangan penulis

Waktu (Menit)	Kapasitas Kabin (liter)	Suhu Kabin (°C)			Energi (Wh)	Kemampuan Pendinginan (Wh/°C)
		Awal	Akhir	Perubahan Suhu		
15	7,5	29	22	7	12,7	1,8



Gambar 3.31 Hasil pengukuran suhu kinerja mesin pendingin rancangan penulis, suhu awal (kiri) dan suhu akhir (kanan)

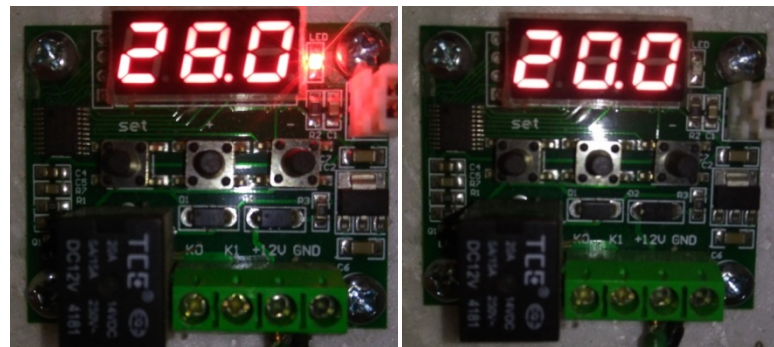
Dari data pada tabel di atas dapat dilihat bahwa kinerja mesin pendingin buatan *Port Able Electronic* dalam waktu 15 menit mampu menurunkan suhu sebesar 4,2 °C penggunaan energi selama 15 menit sebesar 12 Wh. Maka untuk menurunkan suhu sebesar 1 °C diperlukan energi sebesar 2.8 Wh.

Kemudian dapat dilihat pada tabel 4.12 yang merupakan data hasil pengujian kinerja mesin pendingin rancangan penulis. Dalam waktu 15 menit mesin tersebut mampu menurunkan suhu sebesar 7 °C dengan penggunaan energi sebesar 12,7 Wh. Maka untuk menurunkan suhu sebesar 1 °C diperlukan energi sebesar 1,8 Wh.

Dapat diketahui sesuai data percobaan di atas bahwa mesin buatan penulis lebih efisien dalam kinerja pendinginan. Selain itu kemampuan mesin dalam menurunkan suhu kabin yang sama sama berkapasitas 7,5 liter juga lebih unggul. Mesin rancangan penulis mampu menurunkan suhu sebesar 7°C selama 15 menit, sementara mesin buatan *Port Able Electronic* mampu menurunkan suhu sebesar 4,2°C selama 15 menit. Selain pengujian selama 15 menit, dilakukan juga pengujian selama 45 menit untuk mengetahui kinerja mesin selama 45 menit.

Tabel 4.11 Kinerja maksimal mesin pendingin rancangan penulis selama 45 menit

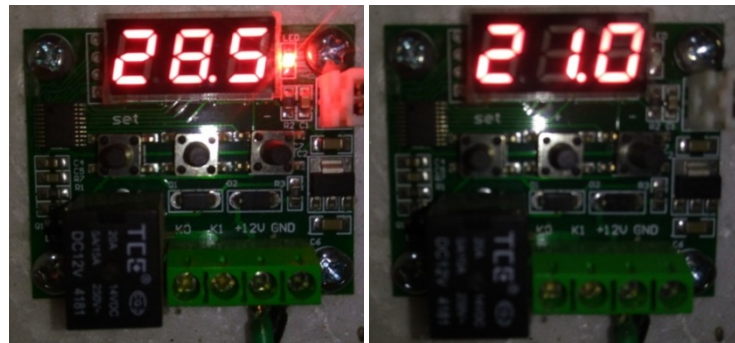
Waktu (Menit)	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta\text{T}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
Saat mesin mati	28,00	0
15	21,00	7,00
30	20,50	7,50
45	20,00	8,00



Gambar 3.32 Hasil pengukuran suhu kinerja mesin pendingin rancangan penulis selama 45 menit

Tabel 4.12 Kinerja maksimal mesin pendingin *Port Able Electronic* selama 45 menit

Waktu (Menit)	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta\text{T}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
Saat mesin mati	28,50	0
15	24,00	4,50
30	22,50	6,00
45	21,00	7,50



Gambar 3.32 Hasil pengukuran suhu kinerja mesin pendingin *Port Able Electronic* selama 45 menit

Dapat dilihat pada tabel 4.11 dan 4.12 bahwa kecepatan pendinginan pada mesin rancangan penulis lebih baik dibanding dengan mesin buatan *Port Able Electronic*. Dalam kecepatan pendinginan, mesin rancangan penulis menjadi lebih unggul dikarenakan dalam perpindahan suhu dingin pada heat sink menggunakan cara konveksi paksa, yaitu menempatkan kipas ukuran 6x6 cm pada sisi dingin mesin sebanyak satu buah. Sedangkan pada mesin buatan *Port Able Electronic* untuk memindahkan dingin dari peltier ke dalam kabin menggunakan cara konduksi melalui dinding alumunium di dalam kabin sehingga kecepatan pendinginannya menjadi kurang baik.

Dari penjelasan di atas dapat dilihat bahwa kinerja mesin pendingin yang dirancang oleh penulis memiliki keunggulan dan kelemahan daripada kinerja mesin pendingin buatan *Port Able Electronic*. Kelemahan dan keunggulan masing-masing dapat dijelaskan di bawah ini, sebagai berikut.

#### **4.5.1. Perbandingan Keunggulan dan Kelemahan Mesin Pendingin**

Keunggulan dan kelemahan mesin pendingin ini dilihat dari sisi teknis dan teknis serta faktor-faktor pendukung lainnya, penjelasan keunggulan dan kelemahan dari tiap-tiap mesin dapat dijelaskan sebagai berikut :

##### **A. Keunggulan mesin pendingin *Port Able Electronic* :**

1. Emisi suara yang dihasilkan dari kipas tidak terlalu keras suaranya.
2. Bentuk lebih kompak dan kuat.

##### **B. Kelemahan mesin pendingin *Port Able Electronic* :**

1. Suhu dalam sistem (kabin) yang mampu diturunkan mesin lebih rendah.
2. Harga mesin mahal.

##### **C. Keunggulan mesin pendingin rancangan penulis :**

1. Suhu kabin yang mampu diturunkan mesin lebih besar daripada mesin pendingin buatan *Port Able Electronic*.
2. Harga pembuatan lebih murah daripada membeli mesin buatan *Port Able Electronic*.

##### **D. Kelemahan mesin pendingin rancangan penulis :**

1. Emisi suara yang dihasilkan oleh kipas yang dipasang pada tiap-tiap heat sink lebih berisik