

## KAJI EKSPERIMENTAL DEHUMIDIFIER PORTABLE BERBASIS TERMOELEKTRIK DENGAN VARIASI ARUS LISTRIK MASUKAN

**Yudhy Kurniawan<sup>1</sup>, Aa Setiyawan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu  
E-mail : k.yudhy@yahoo.com

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu  
E-mail : Atila\_waone@yahoo.co.id

### Abstrak

*Sebuah prototipe didesain untuk mendinginkan dan kemudian sekaligus mengeringkan atau disebut dehumidifier. Alat ini menggunakan termoelektrik sebagai komponen utama dalam dehumidifikasi. Hal ini mengingat alatnya relatif murah dengan daya yang kecil, portable, dan ramah lingkungan karena tanpa menggunakan refrigeran sebagai fluida kerja. Penelitian ini dibuat atas dasar permasalahan gudang penyimpanan benih sayuran, dimana kelembaban belum dapat dikontrol dengan baik. Pengontrolan kelembaban sangat berpengaruh dalam memperpanjang umur tumbuh benih, sehingga para petani dapat menyimpan benihnya dalam waktu lama. Untuk benih sayuran dibutuhkan keadaan ruangan yang relatif dingin sekitar 20 °C dan kelembaban relatif (RH) berkisar 45% - 50%. Umumnya peralatan menggunakan refrigeran atau desiccant untuk proses dehumidifikasi penyimpanan benih, sedangkan penggunaan termoelektrik belum pernah diaplikasikan pada gudang penyimpanan benih sayuran.*

*Alat ini bekerja dengan 2 tahap. Dimana udara lingkungan masuk melalui tahap 1 yang merupakan proses pendinginan yang disebarkan oleh heat sink dari pendinginan Peltier sehingga terjadi penurunan temperatur kemudian dengan adanya plat pengarah udara dingin dialirkan menuju tahap 2 yang merupakan proses pemanasan (kebalikan efek Peltier) dimana pada tahap ini udara dingin dikeringkan melalui heat sink sehingga terjadi penurunan kelembaban. Mengalirnya udara kering keluar system dibantu oleh fan axial. Dari kinerja system ini diharapkan terjadi proses dehumidifikasi yang diharapkan.*

**Kata Kunci :** Termoelektrik, dehumidifikasi, temperatur, dan rasio kelembaban(RH)

## I. PENDAHULUAN

### I.1 Permasalahan Penelitian

Kelembaban udara merupakan salah satu dari sekian banyak parameter yang berkaitan dengan kenyamanan ruangan. Untuk kebutuhan benih sayuran yang diharapkan terjaga kualitas dan umur benih diperlukan nilai kelembaban relative berkisar antara 40%-60% dan temperature ruangan 20 °C – 24 °C. Akan tetapi sebagai negara tropis, Indonesia memiliki kelembaban relatif (RH) yang sangat tinggi sekitar 80-90%. Maka dari itu untuk menurunkan tingkat kelembaban relative ruangan perlu digunakan suatu alat yang disebut *dehumidifier*.

*Dehumidifier* yang sering digunakan ada 2 jenis, yaitu *dehumidifier* dengan menggunakan *desiccant*, dan *dehumidifier* dengan pemanfaatan kompresi uap. Untuk *dehumidifier* dengan menggunakan komponen termoelektrik masih terus dilakukan pengembangan. Kelemahan dari *dehumidifier* dengan menggunakan *desiccant* adalah laju penyerapan uap air lebih lambat karena bekerja secara pasif dengan memanfaatkan gel silika sebagai penyerap uap air.

Pada saat ini, *dehumidifier* yang lebih banyak digunakan yaitu dengan menggunakan sistem pendingin kompresi uap, sebagai pendingin yang diintegrasikan dengan pemanas elektrik maupun pemanfaatan gas panas yang dihasilkan oleh kompresor. Beberapa kelemahan *dehumidifier* jenis ini adalah dimensinya yang relatif besar, berisik, adanya vibrasi, dan kurang ramah lingkungan karena menggunakan refrigeran. Salah satu solusi untuk mengatasi kekurangan dari 2 jenis *dehumidifier* tersebut di atas dapat kita gunakan *dehumidifier* yang menggunakan teknologi termoelektrik. Adapun proses dehumidifikasi dengan menggunakan termoelektrik dilakukan dengan cara menurunkan temperature udara pada sirip pendingin hingga mencapai temperature saturasi yang mengakibatkan uap air yang terkandung pada udara dalam kabin lembab mengembun. Selanjutnya, udara yang telah berkurang kandungan uap airnya karena proses pengembunan pada pendingin tersebut dipanaskan untuk menurunkan kelembaban relatif (RH), sehingga memungkinkan udara yang keluar dalam keadaan temperature tetap namun kelembaban relatif yang lebih rendah.

Melihat penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dengan membuat prototype sistem dehumidifier portable menggunakan teknologi termoelektrik dengan variasi udara masukan dapat diketahui masih ada parameter pengukuran yang belum sesuai dengan apa yang diharapkan, yaitu untuk nilai temperatur output system terjadi kenaikan temperatur antara 5 – 12 °C dari temperatur lingkungan 29 °C, dikarenakan temperatur pada kabin yang berlebih, untuk itu perlu dilakukan upaya menurunkan temperatur pada kabin dengan menurunkan temperatur termoelektrik pada sisi dingin serendah mungkin. Sedangkan untuk parameter kelembabannya itu sendiri dapat tercapai sesuai keinginan 40-60% [1]. Disamping itu analisis terhadap kinerja dari alat tersebut tidak diperhitungkan. Adanya beberapa tindakan yang bisa dilakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran agar sesuai dengan keinginan, yaitu dengan menguraikan beberapa hipotesa yang mungkin akan membuat hasil pengukuran yang lebih baik, seperti halnya memodifikasi sistem dan memvariasikan suplai arus masukan menggunakan empat buah termoelektrik dengan type yang sama, yaitu TEC1-12706 yang dirangkai secara paralel.

**I.2 Wawasan dan Rencana Pemecahan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat *dehumidifier portable* dengan termoelektrik?
2. Bagaimana pengaruh variasi arus masukan terhadap nilai temperatur dan kelembaban yang dihasilkan dari *system* ?
3. Bagaimana pengaruh variasi suplai arus terhadap kinerja termoelektrik ?

**I.3 Rumusan Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan sebuah *prototype* dehumidifier berbasis termoelektrik untuk menurunkan tingkat kelembaban relatif di dalam ruangan yang lebih praktis dan efisien serta dengan menganalisa beberapa parameter yang dirumuskan pada perumusan masalah.

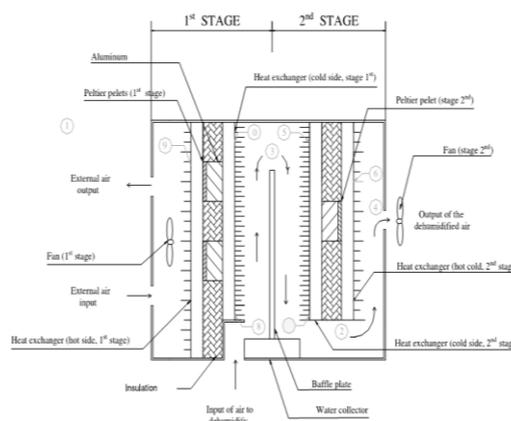
**I.4 Kajian Teoritik**

Pengkondisian udara merupakan perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan kecepatan udara, sehingga mencapai kondisi nyaman bagi penghuninya atau obyek di suatu ruangan. Atau dapat didefinisikan suatu proses mendinginkan udara sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang ideal [2]. Proses pendinginan dengan menggunakan termoelektrik pertama kali ditemukan oleh James Peltier pada tahun 1834, sehingga fenomena tersebut dikenal dengan istilah “efek peltier” [3]. Efek Peltier tersebut menjelaskan bahwa arus listrik yang dialirkan pada 2 buah konduktor berbeda yang disambungkan akan menghasilkan efek pendinginan disatu sisi dan efek pemanasan disisi yang lain.

Berdasarkan penemuan tersebut, banyak ilmuwan yang melakukan penelitian memanfaatkan termoelektrik untuk diaplikasikan pada sistem refrigerasi. Salah satu kekurangan termoelektrik adalah memiliki COP yang masih rendah, sehingga

pada 2003 Astrain *et al* [4] mempublikasikan hasil penelitiannya untuk meningkatkan COP termoelektrik dengan cara melakukan optimasi disipasi panasnya. Selanjutnya pada tahun 2005, Astrain *et al* [5] membuat model komputasi termoelektrik dan membuat rancang bangun prototipe refrigerator termoelektrik. Dalam penelitiannya tersebut, Astrain *et al* memvariasikan besarnya tegangan input termoelektrik dan memvariasikan pemakaian kipas pada sirip *heat extender*, serta memvariasikan suplai tegangan pada kipas sirip *heat extender*.

Pemanfaatan termoelektrik sebagai dehumidifier mulai diperkenal oleh Vian *et el* dengan membuat desain dehumidifier termoelektrik dan pemodelan numeriknya, serta mengkaji pengaruh variasi tegangan terhadap laju massa kondensat yang terbentuk [6]. Dalam penelitiannya tersebut Vian *et el* membuat desain dehumidifier termoelektrik dengan 2 tingkatan. Tingkatan pertama terdiri dari 2 termoelektrik, dan tingkatan kedua 1 termoelektrik (gambar 2.1). Udara input akan mengalami proses pendinginan dari sisi dingin (*cold side*) termoelektrik pada tingkat pertama dan kedua, selanjutnya udara dingin tersebut akan dilewatkan pada sisi panas dari termoelektrik tingkat kedua saja. Sedangkan sisi panas termoelektrik pada tingkatan pertama digunakan untuk memanaskan udara ruangan.



Gambar 1.1 Desain *dehumidifier* termoelektrik [6]

Selanjutnya, Hua *et al* melakukan studi eksperimental dehumidifier termoelektrik untuk mengetahui hubungan antara suplai daya pada termoelektrik terhadap laju perubahan kelembaban relatif. Hua melakukan variasi suplai daya termoelektrik dengan variasi 4,4 watt, 5 watt, 6 watt, 7 watt, dan 8 watt [3]. Berdasarkan hasil penelitian Hua tersebut menunjukkan potensi penggunaan dehumidifier termoelektrik karena dengan suplai daya 8 watt dapat menurunkan kelembaban relatif dari 90% menjadi 40%. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut di atas, maka

dicoba dikembangkan penelitian dehumidifier termoelektrik dengan mengubah desainnya dan memvariasikan suplai arus masukan pada sistem dehumidifier tersebut dengan menggunakan mikrokontroler atmega8535 pada berbagai tipe termoelektrik untuk menjaga temperatur dan kelembaban relatif suatu ruangan agar tetap berada pada tingkat kenyamanan atau kebutuhan.

**Konsep kerja dan dasar perhitungan kinerja termoelektrik**

- a. Efek seebeck :apabila 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain.
- b. Efek peltier :arus listrik yang dialirkan pada 2 buah konduktor yang berbeda disambungkan akan menghasilkan efek pendinginan disatu sisi dan efek pemanasan disisi yang lain.

Pada termoelektrik, jika terdapat perbedaan temperatur antar dua sambungan, maka akan dihasilkan tegangan listrik atau efek Seebeck, secara matematis dapat ditulis:

$$\alpha = V_{Max} / T_h \quad (1)$$

Dimana:

- $\alpha$  = Koefisien seebeck (V/k)
- V = Tegangan (Volt)
- $T_h$  = Temperatur Warm Side (K)

Peristiwa sebaliknya, perbedaan temperatur akan dihasilkan jika ada arus yang mengalir, yaitu efek Peltier, dapat ditulis:

$$q = \alpha.I.T \quad (2)$$

Dimana:

- Q= Kalor yang diserap atau dibuang tergantung sambungan (W)
- $\alpha$ = Koefisien seebeck (V/k)
- I= Arus mengalir dalam sambungan termoelektrik (A)
- T=Temperatur pada sambungan baik panas maupun dingin (K).

Pada saat termoelektrik terlaliri arus listrik, maka terdapat pebedaan temperatur. Jika terdapat perbedan temperatur maka terjadi efek Seebeck, oleh karena itu tegangan pada termoelektrik saat ada arus listrik yang mengalir menjadi

$$V = I.R + \alpha. \Delta T \quad (3)$$

Dimana:

- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus yang mengalir (Ampere)
- R = Hambatan listrik dari modul termoelektrik (Ohm)
- $\alpha$  = Koefisien seebeck (V/k)
- $\Delta T$  = Beda temperatur antara dua sambungan (K)

Kemudian, karena adanya perbedaan temperatur, maka terjadi perpindahan kalor.Karena perpindahan kalor secara konduksi sangat dominan, maka pada modul termoelektrik diasumsikan bahwa konveksi dan radiasi antara kedua sisi modul diabaikan. Oleh karenanya dapat dituliskan :

$$q_{cond} = \Delta T / \theta \quad (4)$$

Dimana:

- $q_{cond}$  = Besarnya perpindahan kalor konduksi (Watt)
- $\theta$  = Hambatan termal (K/Watt)
- $\Delta T$  = Perbedaan temperatur antara kedua sisi modul termoelektrik (K)

Untuk menghitung besarnya kalor yang diserap (di sisi dingin) dan kalor yang diemisikan (di sisi panas) maka semua energi (termal) yang di sebutkan di atas harus diperhitungkan. Oleh Karena itu persamaan kesetimbangan energi pada penyerapan kalor mejadi:

$$q_c = \alpha.I.T_c - \Delta T / \theta - I^2 R / 2 \quad (5)$$

Dimana:

- $q_c$  = Kalor yang diserap sisi dingin (Watt)
- $\alpha$  = Koefisien seebeck (V/k)
- I = Arus yang mengalir (Ampere)
- $T_c$  = Temperatur sisi dingin (K)
- $\Delta T$  = Beda temperatur antara dua sambungan (K)
- $\theta$  = Hambatan termal (K/Watt)
- R = Hambatan listrik modul termoelektrik (Ohm)

Untuk persamaan energi di sisi yang panas, energi yang diemisikan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$q_h = \alpha.I.T_h - \Delta T / \theta - I^2 R / 2 \quad (6)$$

Dimana:

- $q_h$  = Kalor yang dilepas sisi panas (Watt)
- $\alpha$  = Koefisien seebeck (V/k)
- I = Arus yang mengalir (Ampere)
- $T_c$  = Temperatur sisi dingin (K)
- $\Delta T$  = Beda temperatur antara dua sambungan (K)
- $\theta$  = Hambatan termal (K/Watt)
- R = Hambatan listrik dari modul termoelektrik (Ohm)

Untuk mengetahui nilai kinerja yang merupakan *Coeffisien of performance* (COP) dari sistem pendingin termoelektrik adalah perbandingan antara panas yang diserap oleh *cold junction* dengan *power input*. COP termoelektrik dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [6]:

$$COP = \frac{q_c}{W} \quad (7)$$

Dimana:

- COP = Coefisien of performance
- $q_c$  = Kalor yang diserap sisi dingin (Watt)
- W = Daya Input (Watt)

**Konsep dehumidikasi**

**1. Pengertian Psikrometrik**

Psikometrik merupakan ilmu yang membahas tentang sifat-sifat campuran udara dengan uap air, dan ini mempunyai arti yang sangat penting dalam pengkondisian udara karena udara pada atmosfer merupakan percampuran antara udara dan uap air, jadi tidak benar-benar kering.Kandungan uap air dalam udara pada kondisi tertentu harus dibuang atau bahkan ditambahkan.

**2. Sifat-sifat fisik pada Psikrometrik**

Beberapa sifat yang digunakan sebagai landasan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Dry Bulb Temperature (°C)

Suhu bola kering atau *dry bulb temperature* ( $T_{db}$ ) merupakan suhu campuran udara kering dan uap air yang diukur melalui skala termometer raksa secara langsung .

2. Kelembaban Relatif

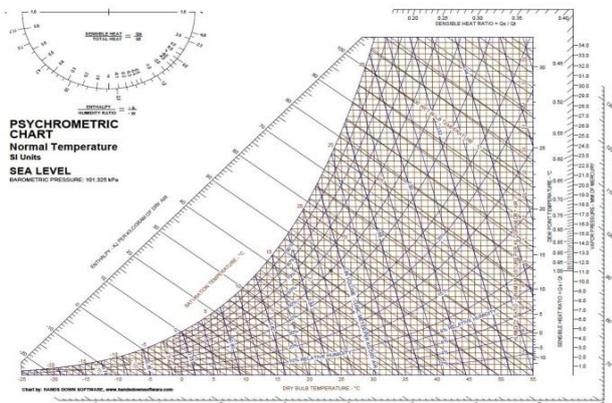
Kelembaban relatif atau *relative humidity* ( $RH$ ) merupakan salah satu sifat termodinamika udara yang menyatakan perbandingan tekanan uap parsial ( $P_v$ ) terhadap tekanan uap jenuh ( $P_{vs}$ ), pada suhu konstan, yang hasilnya dinyatakan dalam satuan %. Kelembaban relatif dapat didekati dengan persamaan :

$$RH = P_v / P_{vs} \tag{8}$$

Dimana:

- $RH$  = Kelembaban relatif (%)
- $P_v$  = Tekanan uap parsial (kPa)
- $P_{vs}$  = Tekanan uap jenuh (kPa)

Proses penurunan kelembaban (*dehumidifikasi*) adalah proses pengurangan kandungan uap air ke udara yang caranya dengan melalui pemanasan atau pendinginan. Garis proses penurunan kelembaban pada karta psikometrik adalah garis vertikal ke arah bawah (Gambar 1.2).



Gambar 1.2 Diagram Psikometrik proses penurunan kelembaban

**Perhitungan Beban Pendinginan**

**1. Beban Melalui Dinding**

Untuk mengetahui beban dinding dapat menggunakan rumus[7] :

$$Q = CLTDc \times A \times U \tag{9}$$

$$CLTDc = CLTD + LM + (78-Tr) + (Ta-85) \tag{10}$$

Keterangan :

- $Q$  = Cooling load (Watt)
- $CLTDc$  = Corrected cooling load temperature difference (K)
- $U$  = Overall heat transfer coefficient, (W/m<sup>2</sup>K)
- $A$  = Area (m<sup>2</sup>)
- $CLTD$  = Temperatur (K)
- $LM$  = Latitude Month, (K)
- $Tr$  = Room temperature, (K)
- $Ta$  = Average outside temperature design, (K)

**2. Beban Melalui Atap**

Untuk mengetahui beban atap dapat menggunakan rumus [7] :

$$Q = CLTDc \times A \times U \tag{11}$$

$$CLTDc = CLTD + LM + (78-Tr) + (Ta-85) \tag{12}$$

**3. Beban Melalui Lantai**

Untuk mengetahui beban lantai dapat menggunakan rumus [7] :

$$Q = TD \times A \times U \tag{13}$$

$$TD = Ta - Tr \tag{14}$$

**4. Beban Lampu**

Untuk mengetahui beban lampu dapat menggunakan rumus [7] :

$$Q = 3,4x W \times BF \times CLF \tag{15}$$

Keterangan :

- $Q$  = Cooling load (Watt)
- $W$  = Power lamp (Watt)
- $BF$  = Ballast factor
- $CLF$  = Cooling load factor for lighting

**5. Beban Orang**

Untuk mengetahui beban orang dapat menggunakan rumus [7] :

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \tag{16}$$

$$Q_l = q_l \times n \tag{17}$$

Keterangan :

- $Q_s, Q_l$  = sensible and laten heat gain (Watt)
- $n$  = number of people
- $CLF$  = cooling load factor for people
- $q_s, q_l$  = sensible and laten heat gain per person (Watt)

**6. Beban Infiltrasi**

Untuk mengetahui beban infiltrasi dapat menggunakan rumus [7] :

$$Q = \text{Air flow rate (L/s)} \times \text{enthalpy change factor(kJ/L)} \tag{18}$$

**II. METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, terlebih dahulu ditentukan rancangan (Gambar 2.2 dan Gambar 2.3) serta spesifikasi bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan dehumidifier ini. Spesifikasi dari pemilihan bahan pembuatan dehumidifier menggunakan teknologi termoelektrik ini diperoleh dengan landasan pada bahan-bahan yang mudah didapatkan, serta dengan mengacu pada kemampuan efek pendinginan yang dapat dilakukan oleh sebuah modul termoelektrik. Spesifikasi bahan-bahan yang diajukan, yaitu:

- a. Menggunakan 4 buah module termoelektrik single stage tipe TEC1-12706 (Tabel 2.1)
- b. Menggunakan akrilik sebagai kabin dengan dimensi ruangan: Panjang 393 mm, Lebar 350 mm, Tinggi 110 mm.
- c. Menggunakan Power supply ATX 600 watt sebagai input
- d. Memiliki daya listrik < 600 Watt

- e. Dapat menurunkan kelembaban hingga 40-60% dengan temperatur  $\leq 25^\circ\text{C}$
  - f. Dapat mencapai suhu dingin maksimum 1 jam.
- Penelitian ini pada dasarnya merupakan pengembangan kaji eksperimental dari prototype alat yang dilakukan pada penelitian sebelumnya, yaitu *Rancang Bangun Dehumidifier Portable Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi Suplai Udara Masukan*[1]. Metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Tahapan Persiapan (studi pustaka)
  - a) Konsep Termoelektrik
    - Konsep dasar termoelektrik
  - b) Konsep dehumidifikasi (proses penurunan kelembaban)
    - Dasar psikometrik
    - Proses pencampuran udara
2. Tahap Perancangan
  - a) Memerhitungkan kebutuhan untuk menentukan kinerja system dan output yang dihasilkan
  - b) Membuat design dan gambar teknik
  - c) Merancang sistem penempatan komponen yang tepat
  - d) Memilih material atau bahan yang akan digunakan
3. Tahap pembuatan
  - a) Menyiapkan alat dan bahan
  - b) Pembuatan dinding/ kabin-kabin dehumidifier
4. Tahap Pengujian dan Pengambilan Data
  - a) Menentukan variable-variable pengukuran
  - b) Menentukan titik pengukuran
  - c) Pengambilan data pengukuran
5. Tahap Akhir
  - a) Memeriksa sistem secara keseluruhan
  - b) Melakukan evaluasi dan modifikasi (jika diperlukan)

Pada penelitian ini menggunakan termoelektrik jenis *single stage* dengan type TEC1-12706 dan TEC1-12709

- Termoelektrik Type TEC1-12706

Tabel 2.1 Data Spesifikasi TEC1-12706

Specifications		Conditions
$I_{max}$	6.0A	$T_h=30^\circ\text{C}$
$V_{max}$	15.0V	$T_h=30^\circ\text{C}$
$\Delta T_{max}$	$\geq 67^\circ\text{C}$	$Q_c=0, T_h=30^\circ\text{C}$
$Q_{cmax}$	51.4W	$\Delta T=0^\circ\text{C}, T_h=30^\circ\text{C}$
$T_R$	-50~100°C	
Wire	20AWG, Length: 150mm	

Sumber: <http://www.sunrom.com/p/thermoelectric-cooler-peltier-tec1-12706> [9]

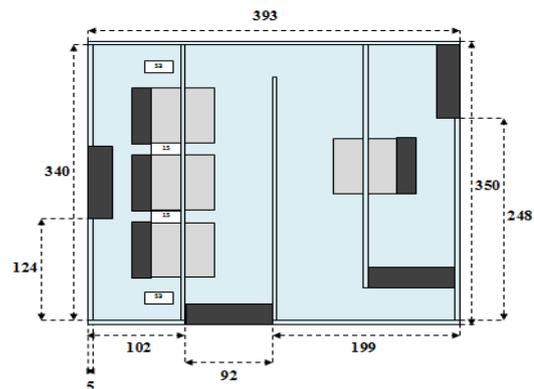
Spesifikasi *Power Supply* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Power : 600 Watt
- b. Max arus output : 10,32 Ampere
- c. Fan Cooling : 14 cm
- d. Pin Connector : 20+4 Pin
- e. Sata Connector : 6 Pcs

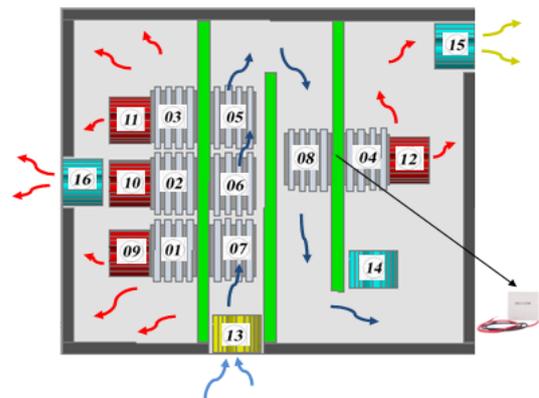
- f. IDE 4 Pin Connector : 4Pcs
- g. 4 Pin 12v Connector : Ready
- h. 4 Pin FDD Connector : Ready
- i. 4 Pin + 6 Pin PIC Express Connector : Ready
- j. Warranty : LifeTime

**Model Rancangan Alat**

Pada tahap rancangan prototype dehumidifier termoelektrik dibuat berbentuk persegi panjang dengan dimensi ukuran panjang 393 mm x lebar 340 mm (Gambar 2.2), pada sisi masukan dan keluaran udara terpasang alat *fan cooling*, didalam alat dehumidifier terpasang komponen termoelektrik yang terangkai dengan heatsink berjumlah 4 buah. Termoelektrik pada sisi panas dan dingin dipisahkan oleh sekat akrilik dimana sisi dingin berfungsi untuk proses pendinginan udara, dan sisi panasnya dimanfaatkan sebagai penurun kelembaban, sehingga output dari alat tersebut adalah dingin kering (Gambar 2.3).



Gambar 2.2 Rancangan Dehumidifier Termoelektrik



Gambar 2.3 Rancangan Lualan Udara Melalui Alat Dehumidifier Termoelektrik

Keterangan :

- 01 – 04: **Heatsink Panas**
  - ➔ : Udara Panas
  - ➔ : Udara Dingin Lembab
- 05 – 08: **Heatsink Sisi Dingin**
  - ➔ :
  - ➔ : Udara Dingin Kering
- 09 – 12: **Fan Cooler**
- 13: **Fan Input Udara**
- 14: **Fan Sirkulasi Udara**
- 15: **Fan Output Udara**
- 16: **Fan Output Udara Panas**



Gambar 2.4 Sistem Dehumidifier Termoelektrik Portable

**Perhitungan Rancangan**

**1. Penentuan Produk**

Pada penelitian ini menggunakan benih sayuran buncis sebagai produk, dimana benih buncis sudah berkecambah dalam waktu 3-5 hari. Perkecambah biji optimum pada suhu 25 – 30 °C, suhu kurang dari 10 °C dan lebih dari 35 °C tidak memungkinkan

No	Tinjauan	Nilai
1	Latitude (Garis Lintang)	6° LS
2	Design Dry-Bulb Temperature Room (tR)	24 °C / 75,2 °F
5	Relative Humidity	40 %
6	Bulan Terpanas (Rancangan)	November
7	Jam Terpanas	15.00

perkecambahan. Kelembaban udara yang dibutuhkan pada tanaman buncis sekitar 50-60% (sedang) [10].

**2. Perhitungan Beban Pendinginan**

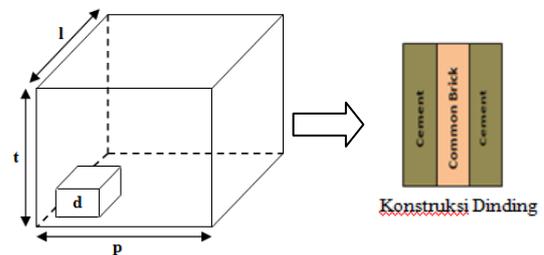
Berdasarkan data yang diperoleh dari ASHRAE cooling load manual sebagai asumsi kota Jakarta, dimana didapat data sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kondisi Udara Kota Jakarta

No	Tinjauan	Nilai
1	Latitude (Garis Lintang)	6° LS
2	Design Dry-Bulb (1%) (To)	34 °C / 93,2 °F
5	Relative Humidity	65 %
6	Outdoor daily range (DR)	14 °F
7	average outside temperature on a design day (Ta)	89,8 °F

Sumber: ASHRAE Cooling Load Manual hal. 2.19, Tabel 2.1c Chapter [8]

Tabel 2.3 Kondisi Udara Rancangan



Gambar 2.5 Skema Kontruksi Rancangan pada Gudang Penyimpanan Benih

Keterangan:

- p : Panjang ( 9 m / 29,52 ft )
- l : Lebar ( 4 m / 13,12 ft )
- t : Tinggi ( 3 m / 9,84 ft )
- d : Dehumidifier Portable

**Perhitungan Beban Pendinginan Total**

Berdasarkan rumus-rumus yang diperoleh dari tinjauan teori (persamaan 9-18), diperoleh total pendinginan sebagai berikut :

$$Grand\ total\ load = (\Sigma\ Total\ load + SF) = (Q_{dinding} + Q_{lantai} + Q_{atap} + Q_{lampu} + Q_{orang} + Q_{produk} + Q_{infiltrasi} + 10\%SF)$$

$$Grand\ total\ load = (4928,67W + 492,87 W)$$

$$Grand\ total\ load = 5421,54\ Watt = 18511\ Btu/hr$$

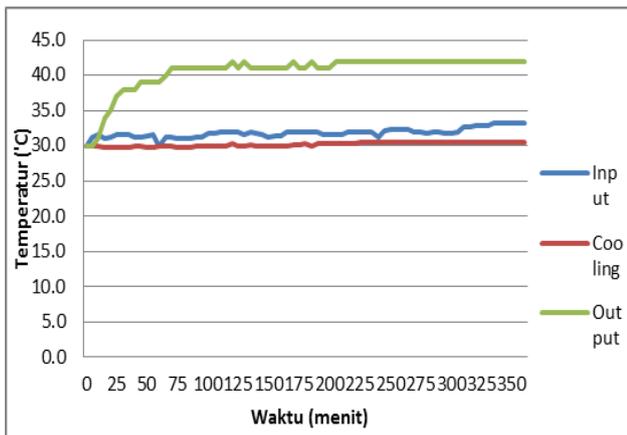
Berdasarkan perhitungan beban pendingin pada ruangan dengan dimensi 9 m x 4 m x 3 m didapat hasil kapasitas pendinginan 5421,54 Watt, sehingga pada ruangan tersebut masih membutuhkan system refrigerasi kompresi uap (seperti AC split), sedangkan alat dehumidifier portable hanya untuk menurunkan nilai kelembaban udara pada ruangan yang sudah dikondisikan, dengan mensirkulasi udara secara terus

menerus, sehingga didapat hasil sesuai dengan kebutuhan.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

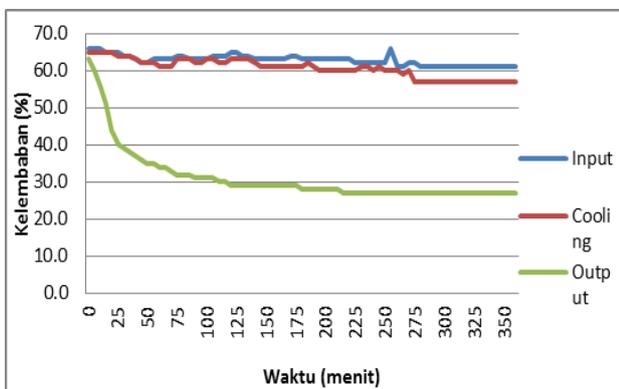
Setelah dilakukan pengambilan data, maka data yang telah didapatkan tersebut diolah untuk mengetahui hasil dari sistem yang telah dirancang. Data yang dipergunakan dalam pembahasan ini adalah temperatur, kelembaban (RH), tegangan dan arus listrik. Dalam pengambilan data dilakukan variasi arus listrik masukan pada tipe yang berbeda TEC1-12706 secara paralel yaitu 10,32A dan 28A. Pengukuran dilakukan selama enam jam dengan rentang pengambilan data 5 menit dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya.

**TEC1-12706 dengan ArusPower Supply 10,32 Ampere**



Gambar 2.6 Grafik hubungan temperatur terhadap waktu dengan arus power Supply 10,32Ampere

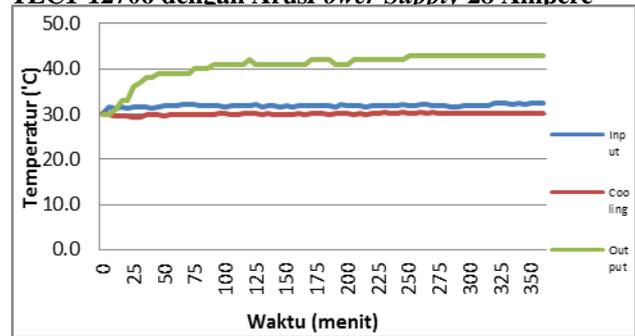
Berdasarkan grafik diatas terjadi kenaikan temperatur output sistem hingga 8,76 °C terhadap temperatur lingkungan 31,82 °C. Dan terjadi penurunan temperatur lingkungan setelah melewati sisi dingin termoelektrik sebesar 1,68 °C, hal tersebut membuktikan bahwa terjadi pendinginan pada sisi dingin termoelektrik.



Gambar 2.7 Grafik kelembaban TEC1-12706 dengan arus Power Supply 10,32Ampere

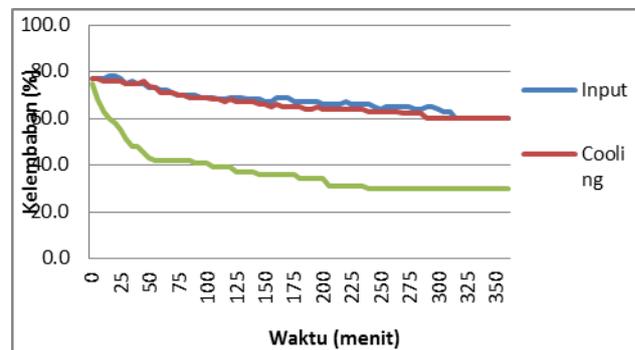
Berdasarkan grafik diatas diperoleh adanya penurunan kelembaban output sistem sebesar 31,71 % dari kelembaban udara lingkungan 62,79%.

**TEC1-12706 dengan ArusPower Supply 28 Ampere**



Gambar 2.8Grafik temperatur TEC1-12706 dengan Power Supply 28 Ampere

Berdasarkan grafik diatas terjadi kenaikan temperatur output sistem hingga 8,88 °C terhadap temperatur lingkungan 31,88 °C. Dan terjadi penurunan temperatur lingkungan setelah melewati sisi dingin termoelektrik sebesar 1,78 °C.



Gambar 2.9Grafik kelembaban TEC1-12706 dengan Power Supply 28 Ampere

Berdasarkan grafik diatas diperoleh adanya penurunan kelembaban output sistem sebesar 30,96 % dari kelembaban udara lingkungan 67,31 %.

**Perhitungan COP TEC1-12706 dengan Arus Power Supply 10,32Ampere**

Berdasarkan rumus dari tinjauan teori (persamaan 7) dapat diperhitungkan nilai COP (*Coefficient Of Performance*) dari masing-masing termoelektrik.

Tabel 3.1 Tabel perbandingan nilai COP tiap termoelektrikdengan Arus Power Supply10,32A

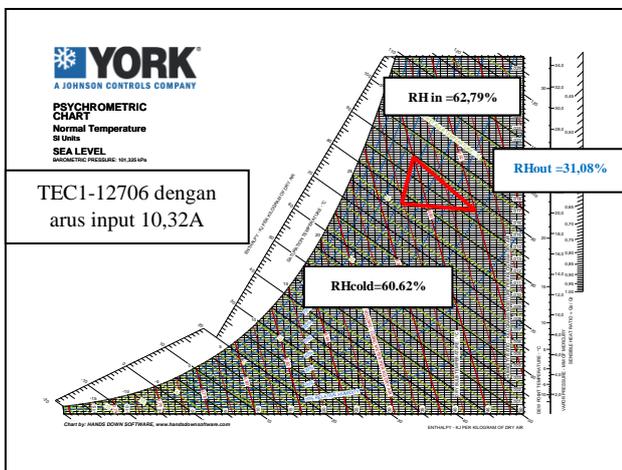
Termoelektrik	Kalor yang diserap sisi dingin qc (Watt)	Daya input W (Watt)	COP
Termoelektrik No.1	26,98	38,20	0,71
Termoelektrik No.2	23,67	36,47	0,65
Termoelektrik No.3	17,60	29,77	0,59
Termoelektrik No.4	17,83	28,04	0,64
Jumlah	86,08	132,48	2,59
Rata-rata	21,54	33,12	<b>0,65</b>

Dari tabel di atas dapat diketahui nilai COP dari tiap termoelektrik yang paling besar adalah No. 1 dimana disebabkan kalor pada sisi pendinginan lebih besar dibanding termoelektrik lain.

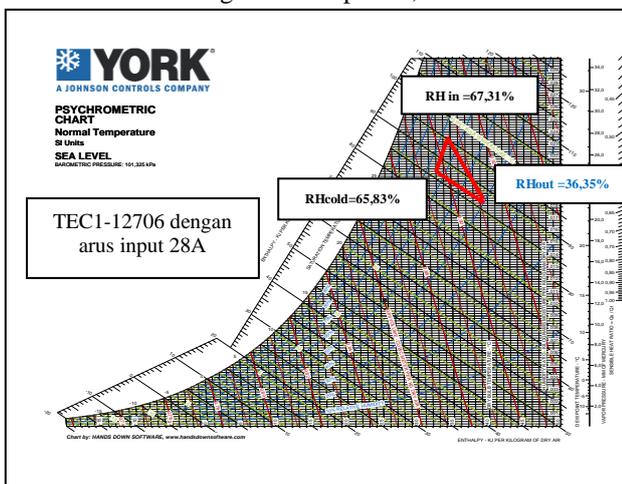
Tabel 3.2 Tabel perbandingan nilai COP tiap termoelektrik dengan Arus Power Supply 28A

Termoelektrik	Kalor yang diserap sisi dingin $q_c$ (Watt)	Daya input W (Watt)	COP
Termoelektrik No.1	31,64	44,98	0,72
Termoelektrik No.2	31,35	41,87	0,77
Termoelektrik No.3	26,41	39,99	0,72
Termoelektrik No.4	27,73	39,82	0,77
Jumlah	117,13	166,66	2,98
Rata-rata	29,28	41,67	<b>0,75</b>

Perbandingan nilai COP pada arus masukan dari kedua tabel (Tabel 3.1 dan Tabel 3.2), pada arus 28A diperoleh COP rata-rata sebesar 0,75 lebih besar dari nilai COP pada arus masukan 10,32A yaitu 0,65.



Gambar 2.10 Diagram Psikrometrik pada TEC1-12706 dengan Arus input 10,32A



Gambar 2.11 Diagram Psikrometrik pada TEC1-12706 dengan Arus input 28A

#### IV. PENUTUP

##### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pembahasan, dapat disimpulkan penggunaan 4 buah termoelektrik yang dirangkai secara paralel dengan sumber arus listrik yang berbeda yaitu 10,32 A dan 28 A, diperoleh hasil penurunan kelembaban hingga 31,7% dan 36,35% sedangkan untuk nilai COP rata-rata termoelektrik adalah 0,65 dan 0,75, sehingga dengan menggunakan termoelektrik TEC1-12706 dengan sumber arus input 10,32 A lebih baik karena dengan COP dan penurunan kelembaban yang relatif sama hanya membutuhkan daya listrik 132,48 Watt.

##### Saran

1. Karena efisiensi pendinginan termoelektrik yang kecil, dalam aplikasinya khususnya untuk penyimpanan benih sayuran masih tetap menggunakan system refrigerasi kompresi uap (seperti AC split)
2. Dalam pemasangan termoelektrik harus benar-benar menempel atau terhimpit antara *heatsink cold side* dan *warm side*, agar perpindahan panas berlangsung dengan baik, sehingga proses pendinginan lebih maksimal.
3. Pemilihan bahan yang tepat akan memudahkan dalam pengujian dan pengambilan data

##### Ucapan Terima Kasih

Penulisan jurnal ilmiah ini akhirnya dapat diselesaikan berkat adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, baik dalam bentuk sumbangan pikiran, materi, motivasi, dan lain-lain. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Casiman Sukardi, MT., selaku Direktur Politeknik Negeri Indramayu;
2. Imam Maolana, MT., MSc., selaku Plt. Ka. P3M Politeknik Negeri Indramayu;
3. Nur Muhammad, selaku sponsor penelitian pada gudang pendingin benih sayuran;
4. Aa Setiawan, MT., selaku anggota peneliti
5. Tim reviewer Jurnal Teknologi Terapan Polindra yang telah bersedia memberikan bimbingan dan masukan terhadap penulisan jurnal ini;
6. Semua pihak yang telah membantu penulisan jurnal ini.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniawan, Yudhy dan Apriyanto, Haris, 2014, "Rancang Bangun Dehumidifier Portable Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi Suplai Udara Masukan" unpublished;
- [2] Kusuma, Yuriadi, 2011, "Modul 1 Sistem Pengkondisian Udara Teori Dasar" unpublished;
- [3] Rowe DM, 2006, "Thermoelectrics handbook macro to nano. 1st ed". Boca Raton, FL: CRC Press.

- [4] Astrain *et al*, 2003, “*Increase of COP in the thermoelectric refrigeration by the optimization of heat dissipation*”, Jurnal Applied Thermal Engineering vol. 23 page 2183-2200
- [5] Astrain *et al*, 2005, “*Computational model for refrigerators based on Peltier effect application*”, Jurnal Applied Thermal Engineering vol 25 page 3149–3162
- [6] Vian dan Astrain, 2002, “*Numerical modelling and a design of a thermoelectric dehumidifier*”, Jurnal Applied Thermal Engineering vol 28 page 1514–1521
- [7] Pita, P. Edward, 2002, “*Air Conditioning Principles and System*” 4<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall
- [8] ASHRAE *Cooling load Manual*, page 2.19
- [9] <http://www.sunrom.com/p/thermoelectric-cooler-peltier-tec1-12706>
- [10] [\]http://www.kajianpustaka.com/2013/09/botani-dan-syarat-tumbuh-tanaman-buncis.html](http://www.kajianpustaka.com/2013/09/botani-dan-syarat-tumbuh-tanaman-buncis.html)