

# SISTEM KONTROL SUHU PENYIMPAN BUAH-SAYUR PADA MESIN PENDINGIN TERMoeLEKTRIK

Rofan Aziz<sup>1</sup>, Muh. Tanwirul Afkar<sup>2</sup>, Sunanto<sup>3</sup>, Karsid<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu

<sup>1,2,3,4</sup> Jl. Raya Lohbener Lama no.8 Kec. Lohbener Kab. Indramayu

E-mail : rofan.aziz@polindra.ac.id<sup>1</sup>, sunanto08@gmail.com<sup>3</sup>, karsids@yahoo.co.uk<sup>4</sup>

## Abstrak

Sistem pendingin konvensional berdasarkan kompresi uap memiliki koefisien kinerja (COP) yang tinggi. Namun terdapat kekurangan sistem pendingin kompresi uap saat ini masih menggunakan refrigeran yang memiliki efek merugikan pada lingkungan. Untuk itu dilakukan penelitian mesin penyimpanan buah dan sayuran dengan menggunakan sistem termoelektrik tipe TEC1-12706 dengan sistem kontrol suhu menggunakan arduino. Pada penelitian ini suhu di dalam kabin dapat stabil pada 15°C dan masih layak untuk digunakan sebagai penyimpan buah dan sayuran.

**Kata Kunci:** Termoelektrik, Penyimpanan Buah dan Sayur, Sistem Pendingin, Arduino

## Abstract

Conventional cooling systems based on vapor compression have a high coefficient of performance (COP). However shortage of vapor compression cooling systems still using refrigerants that have detrimental effects on the environment. For that purpose, the research of fruit and vegetable storage machine using thermoelectric system TEC1-12706 with temperature control system using arduino. In this study the temperature in the cabin can be stable at 15° C and still feasible for use as a storage of fruits and vegetables.

**Keywords:** Thermoelectric, Fruit and Vegetable Storage, Cooling System, Arduino

## I. PENDAHULUAN

Mesin pendinginan saat ini digunakan untuk menjaga produk makanan yang mudah busuk. Mesin pendingin konvensional berdasarkan kompresi uap memiliki koefisien kinerja (COP) yang tinggi, namun penggunaan refrigeran memiliki efek merugikan pada lingkungan.

Pendinginan termoelektrik berdasarkan efek Peltier memiliki keunggulan penting dibandingkan dengan teknologi kompresi uap meskipun faktanya bahwa COP dari termoelektrik tidak setinggi teknologi kompresi uap[1].

Pada perangkat mesin pendingin termoelektrik, modul termoelektrik yang digunakan akan dipengaruhi oleh perangkat pengantar panas (heatsink). Dengan demikian, desain atau pemilihan heatsink untuk setiap sisi mesin pendingin termoelektrik sangat penting untuk mendukung kinerja keseluruhan sistem mesin pendingin termoelektrik[2].

Telah dilakukan penelitian pengawetan buah dan sayur menggunakan mesin pendingin kompresi uap. Pada sistem pendinginan tersebut digunakan set point suhu 2,5°C untuk batas bawah dan 5°C dapat dicapai dengan waktu pengambilan data 1 jam dan sistem akan kembali on-off tiap 20 menit[3]. Dari penelitian[3] bentuk mesin pendingin masih besar, sehingga agak susah dibawa dengan mudah.

Dari permasalahan diatas, Untuk itu dilakukan penelitian tentang mesin penyimpanan buah dan sayuran menggunakan sistem termoelektrik dengan sistem kontrol menggunakan Arduino.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Termoelektrik

Efek termoelektrik pertama kali dikenalkan oleh T. J. Seebeck pada tahun 1821[1], beliau meneliti ketika menghubungkan dua logam yang berbeda yang dipanaskan, maka ujungnya akan menghasilkan efek listrik. Penelitian tersebut disebut saat ini lebih populer dengan nama efek *seebeck*. Efek *Seebeck* terjadi ketika 2 logam konduktor yang berbeda disatukan pada salah-satu ujungnya ujungnya kemudian diberikan stimulus panas, maka pada ujung yang lain akan mengasilkan beda potensial. Efek *Seebeck* ( $\alpha_{AB}$ ) dapat dihitung dengan  $V$  (tegangan listrik), dibagi dengan nilai resultan nilai  $T_A$  (suhu mutlak logam A ) dan  $T_B$  (suhu mutlak logam B). [1] :

$$\alpha_{AB} = \alpha_A - \alpha_B = \frac{V}{T_A - T_B} \quad I.1$$

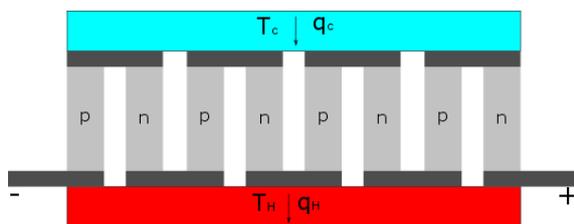
J. Peltier pada tahun 1834 mengenalkan efek Peltier tentang perjalanan arus listrik melalui termokopel menghasilkan pemanasan kecil atau efek pendinginan tergantung pada arahnya. Efek Peltier ( $\pi_{AB}$ ) dapat

dihitung menggunakan laju aliran kalor ( $q$ ) dibagi dengan arus listrik ( $I$ )[1].

$$\pi_{AB} = \frac{q}{I} \tag{1.2}$$

dari persamaan Efek *Peltier* ( $\pi_{AB}$ ) pada persamaan 2.2. dapat ditarik hubungan bahwa suhu logam ( $T$ ) dapat diperoleh dari efek *Seebeck* ( $\alpha_{AB}$ ) dan efek *Peltier* ( $\pi_{AB}$ ) [1].

$$T = \frac{\pi_{AB}}{\alpha_{AB}} \tag{1.3}$$



Gambar 1. Sistem Termoelektrik[1].

**2.2. Proses Penyimpanan Buah dan Sayur**

Pada saat ini telah berkembang mesin-mesin pendingin yang digunakan untuk penyimpanan buah dan sayur. Banyak buah dan sayuran yang dapat bertahan lama ketika disimpan dalam mesin pendingin tersebut. Untuk membuat suhu didalam kabin stabil, maka perlu dipasang sistem kontrol. Pada umumnya proses pasca panen untuk penyimpanan buah dan sayuran bisa dilakukan dengan menjaga suhu kabin pada 4°C-21°C[4].

**2.2. Sistem Kontrol Otomatis**

Sistem merupakan kolaborasi beberapa peralatan yang bekerja secara berbarengan dengan tujuan yang sama[5]. Dalam suatu sistem terdapat gangguan yang akan mempengaruhi sistem tersebut biasanya kita namakan dengan error sistem [5]. Gangguan tersebut cenderung merusak sinyal yang dihasilkan dari peralatan sistem yang ada. Sehingga untuk memperbaiki error tersebut dipasang sistem umpan balik untuk melihat perbedaan hasil keluaran dengan masukan acuan yang diinginkan[5].

Sehingga dari penjelasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa Sistem Kontrol Otomatis adalah sistem kontrol dengan menggunakan peralatan umpan balik untuk membandingkan dengan masukan acuan, dengan perubahan konstanta tersebut seiring berjalannya waktu sistem akan bisa stabil sesuai dengan masukan acuan yang diinginkan[5].

Sistem kontrol harus direkayasa untuk mendapatkan kondisi sistem yang stabil, dan jika masih ada gangguan yang mempengaruhi sistem tersebut sistem tidak terpengaruh dan hanya terjadi lonjakan sesaat tetapi sistem tidak akan beresilasi dengan amplitudo yang besar[6]. Dari cara pengambilan datanya, sistem kontrol dapat dibagi menjadi 2 (dua), yaitu :

**2.2.1. Sistem Kontrol Kontinyu (Analog).**

Sistem kontrol ini biasanya masih menggunakan peralatan manual, bisa kita lihat dari sinyal masukan dalam sistem kontrol tersebut masih berupa sinyal kontinyu (berubah seiring dengan perubahan waktu), sehingga keluaran yang dihasilkan dari sistem kontrol tersebut masih berupa sinyal kontinyu (analog)[6].

**2.2.1. Sistem Kontrol Diskrit (Digital).**

Selain sistem kontrol kontinyu, terdapat sistem kontrol yang tidak terus menerus (diskrit). Sistem kontrol ini biasanya menggunakan peralatan elektronika sebagai sistem kontrol. Karena keterbatasan waktu cuplik elektronika tersebut, maka kebutuhan pencuplikan data akan disesuaikan dengan sistem yang ada[6].

Sistem kontrol diskrit biasa kita kenal dengan sistem kontrol on-off. Dimana kondisi sistem akan aktif dan mati sesuai dengan seting kondisi dari sensor yang dipasang[6].

**2.3. Sistem Termal.**

Salah satu sistem kontrol yang dapat dimodelkan kedalam model kontrol adalah sistem termal. Sistem termal adalah perpindahan panas dari satu bidang ke bidang yang lain biasa disebut dengan sistem termal. Sistem ini dapat kita analisis menggunakan perumpamaan sebagai tahanan dan kapasitansi. Dalam pemodelan karena nilai kapasitansi lebih dominan, maka kita bisa mengabaikan nilai tahanan dari arus panas tersebut[5].

Perpindahan panas dari satu bahan ke bahan lainnya memiliki tiga cara perpindahan yaitu dengan konveksi, radiasi dan konduksi[5].

Untuk koveksi dan konduksi nilai perpindahan panasnya bisa dilihat dari persamaan berikut ini[5] :

$$q = K \Delta \theta \tag{1.4}$$

Dengan

$q$  = tingkat arus panas (kkal/detik)

$\Delta \theta$  = Perbedaan suhu (°C)

$K$  = koefisiensi (kkal/detik °C)

Dimana nilai  $K$  didapatkan dari persamaan untuk nilai Konduksi  $K = \frac{kA}{\Delta X}$  dan untuk konveksi  $K=HA$ , dengan nilai  $K$  merupakan konduktivitas termal (kkal/msec °C),  $A$  merupakan luas daerah normal terhadap arus panas ( $m^2$ ),  $\Delta X$  ketebalan konduktor (m), dan  $H$  koefisien konveksi (kkal/ $m^2$  sec °C [5].

Sedangkan untuk mendapatkan nilai radiasi panas dari sistem termal, aliran panas dapat diperoleh dari :

$$q = K_r (\theta_1^4 - \theta_2^4) \tag{1.5}$$

Dimana :

$q$  = tingkat arus panas (kkal/detik)

$K_r$  = koefisien yang tergantung pada emisitas, ukuran dan konfigurasi dari permukaan pemancar dan permukaan penerima.

$\theta_1$  = Suhu pemancar absolut (K).

$\theta_2$  = Suhu pemancar absolut (K).

## 2.4. Arduino

Arduino merupakan salah satu perangkat keras elektronik dengan sistem terbuka (*open source*) yang memiliki saluran masukan dan keluaran (*port I/O*). Arduino dapat dipakai untuk membuat sistem kontrol yang dapat berdiri sendiri, dan dapat digabungkan dengan komputer sebagai sistem data akuisisi[7].

Karena kemudahannya tersebut, arduino dapat digunakan menggunakan berbagai sistem operasi (Windows, Machintosh dan Linux). Selain itu, arduino memiliki software IDE sendiri yang lebih mudah digunakan dan artistik[7].

Pada awalnya arduino dibuat di Ivrea Interaction Design Institute berupa peralatan prototyping yang mudah dan cepat untuk siswa yang tidak memiliki latar belakang bidang elektronika dan pemrograman. Perkembangannya sekarang arduino digunakan dari sistem yang sederhana, hingga yang kompleks salah satunya adalah aplikasi *Internet of Think* (IoT)[8].

Tipe arduino yang sering digunakan dalam pembuatan prototipe adalah arduino uno. Arduino uno memiliki 14 pin I/O digital dan 6 pin I/O analog[8].



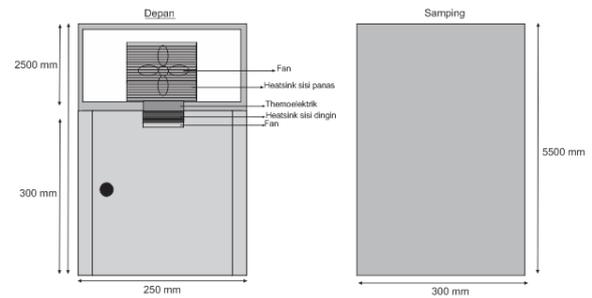
Gambar 2. Arduino uno[8].

## III. METODE

### 3.1. Perancangan

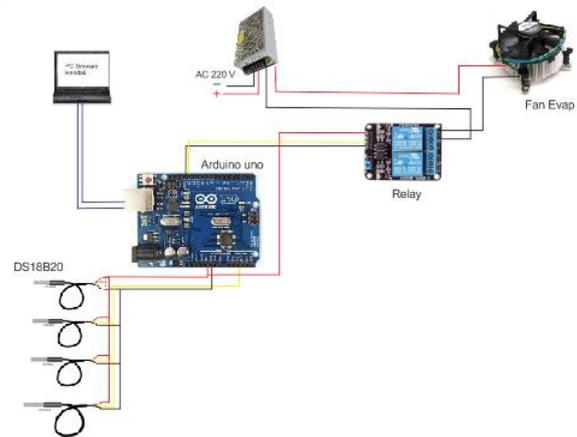
Pada penelitian ini dirancang mesin penyimpanan buah dan sayuran dengan menggunakan termoelektrik TEC1-12706 dipasang logam penghantar panas (*heatsink*) pada kedua sisi termoelektrik dengan menggunakan arduino sebagai sistem kontrol suhu. Pada penelitian ini akan dilakukan uji performansi pendinginan menggunakan sistem termoelektrik dengan *setpoint* suhu untuk penyimpanan buah dan sayuran yaitu masuk pada rentang 4°C-21°C[4].

Tahap pertama dilakukan perancangan sistem pendingin menggunakan termoelektrik dengan sistem logam penghantar panas (*heatsink*) diletakkan di atas mesin penyimpanan. Desain penyimpanan tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Desain mesin penyimpanan buah dan sayuran.

Tahap kedua dilakukan perancangan sistem kontrol mesin penyimpanan buah dan sayuran dengan menggunakan arduino dan sensor suhu DS20B18 seperti gambar 4.

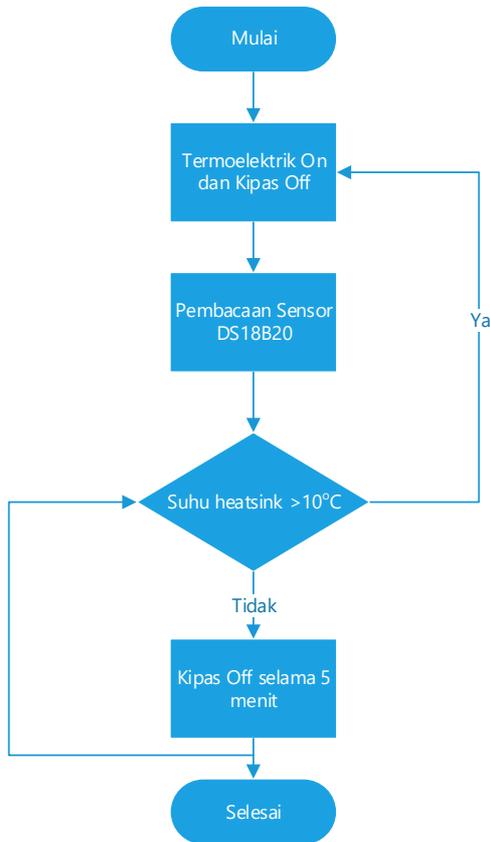


Gambar 4. Desain sistem kontrol suhu

Tahap ketiga adalah pengujian dan pengambilan data untuk perbaikan sistem, sehingga sistem yang dibuat akan sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

### 3.2. Flowchart Program

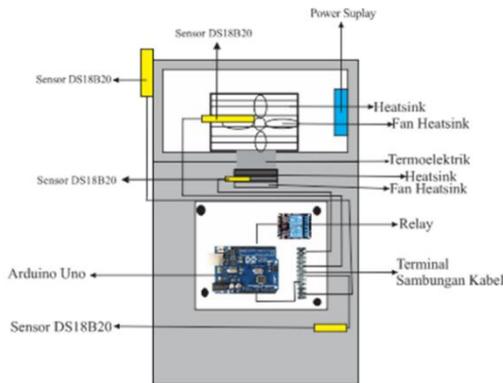
Untuk mendapatkan sistem kontrol yang baik, tahap awal yang dilakukan adalah membuat alur program pengontrol. Alur program yang kita rancang sesuai dengan asumsi awal yaitu sistem pengontrol yang stabil pada suhu 15°C. Karena saat dilakukan percobaan awal suhu kabin masih 23°C, maka dilakukan perubahan alur program untuk mendapatkan suhu kabin yang stabil di suhu 15°C. Setelah melakukan optimasi didapat alur sistem yang stabil sebagai berikut, sistem pertama dijalankan akan menghidupkan termoelektrik, kipas didalam kabin akan diaktifkan ketika suhu pada *heatsink* 10°C yang akan mengaktifkan kipas selama 5 menit, setelah itu kipas akan mati kembali sampai suhu *heatsink* 10°C.



Gambar 5. Flowchart Program

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

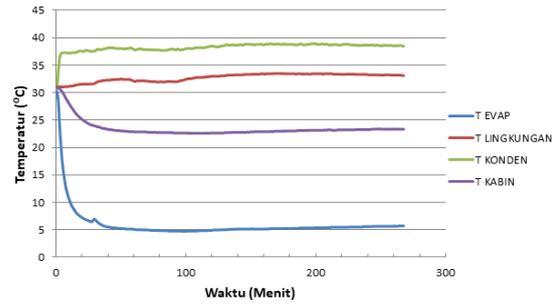
Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sistem kontrol mesin penyimpanan buah dan sayuran menggunakan sistem pendingin termoelektrik dan arduino dan sensor suhu DS18B20 sebagai sistem pengontrol suhu. Desain mesin tersebut dapat dilihat seperti gambar 6.



Gambar 6. Mesin penyimpanan buah dan sayuran.

**4.1. Metode Pertama tanpa kontrol kipas di heatsink**

Sebagai acuan awal dilakukan pengambilan data sistem ketika belum dilakukan kontrol kipas.

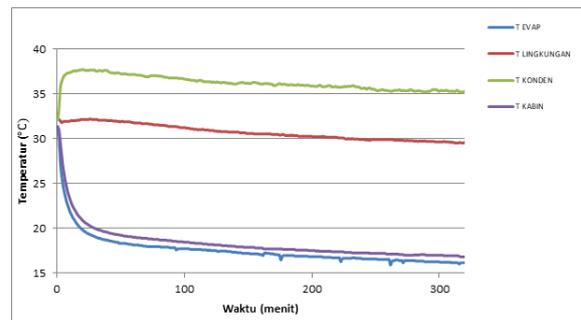


Gambar 7. Data tanpa kontrol

Dari gambar 7 di atas didapatkan hasil suhu dikabin turun minimal pada suhu 23°C di menit ke 40. Selanjutnya suhu kabin sudah *steady state* pada sekitaran 23°C. Penurunan suhu dalam sudah tidak memungkinkan lagi, karena udara dalam kabin tidak berputar. Untuk itu dilakukan rekayasa sistem kontrol kipas dalam kabin agar terjadi perpindahan kalor dari *heatsink* dengan udara dalam kabin. Karena suhu yang diinginkan untuk penyimpanan buah dan sayuran masih belum tercapai, sedangkan temperatur di *heatsink* bisa turun sampai temperatur 5°C. Maka dilakukan rekayasa kontrol pada mesin penyimpanan buah dan sayuran menggunakan termoelektrik tersebut.

**4.2. Metode kedua menggunakan Kipas di heatsink**

Metode kedua yang dipakai untuk mesin penyimpan buah dan sayuran dengan menambahkan kipas pada *heatsink*. Dengan metode tersebut didapat hasil seperti gambar 7.



Gambar 8. Data dengan Sistem Kontrol

Pada gambar 8 temperatur kabin bisa turun sampai 16°C. Dari pengambilan data tersebut sudah bisa memenuhi standar penyimpanan untuk penyimpanan buah dan sayuran yaitu masih masuk pada rentang 4°C-21°C [4]. Kita bisa lihat penurunan temperatur kabin seiring dengan penurunan temperatur pada *heatsink*. Perbedaan temperatur *heatsink* dan temperatur kabin rata-rata di 0,5°C. Selanjutnya suhu di dalam kabin *steady state* di 16°C.

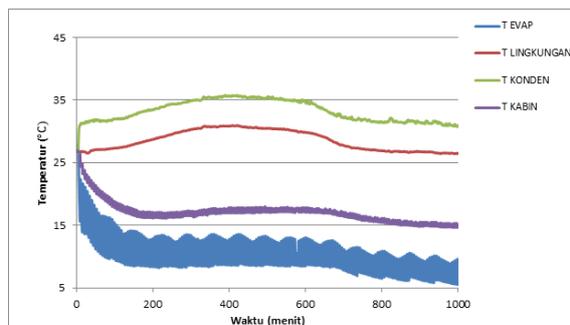
**4.3. Metode ketiga dengan sistem kontrol digital.**

Pada metode ketiga diambil dengan melihat hasil dari fenomena pada pengambilan data tanpa kipas dan dengan menggunakan kipas *heatsink*. Pada metode pertama tanpa menggunakan kipas, suhu di *heatsink* bisa

turun sampai 5°C, kekurangya suhu kabin masih lebih dari 23°C. Sedangkan pada metode kedua suhu kabin bisa turun sampai 16°C, tetapi suhu heatsink masih diatas 15°C. Untuk itu dipasang sistem kontrol dengan menggunakan pengukuran di *heatsink* untuk mendapatkan temperatur terendah di dalam kabin.

Kontrol digital yang digunakan sesuai dengan diagram alir pada gambar 5, dimana yang dijadikan temperatur referensi adalah temperatur pada heatsink sehingga didapatkan penurunan suhu kabin terendah yang didapatkan.

Sistem dijalankan akan menyalakan termoelektrik, kipas didalam kabin akan menyala (on) ketika temperatur di heatsink mencapai 10°C.



Gambar 9. Metode 3 Kontrol Digital

Dengan memasang sistem kontrol digital, didapatkan penurunan temperatur di kabin sampai 15°C dimenit ke 850. Setelah itu suhu didalam kabin *stady state* sebesar 15°C.

## V. PENUTUP

### Kesimpulan

Dengan menggunakan sistem kontrol digital, mesin penyimpanan buah dan sayuran dengan menggunakan termoelektrik TEC1-12706 didapat penurunan terendah sampai 15°C.

### Saran

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. J. Goldsmid, *Introduction to Thermoelectricity*. Springer Science & Business Media, 2009.
- [2] S. B. Riffat, S. A. Omer, dan X. Ma, "A novel thermoelectric refrigeration system employing heat pipes and a phase change material: an experimental investigation," *Renew. Energy*, vol. 23, no. 2, hal. 313–323, Jun 2001.
- [3] R. Aziz dan Karsid, "Uji Performansi Kontrol Suhu dan Kelembaban Menggunakan Variasi Kontrol Digital dan Kontrol Scheduling untuk Pengawetan Buah dan Sayuran," *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 4, no. 2, Sep 2015.
- [4] C. G. Rao, *Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage*. Academic Press, 2015.

- [5] K. Ogata, *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, 1997.
- [6] *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Gramedia Pustaka Utama.
- [7] M. Banzi, *Getting Started with Arduino*. O'Reilly Media, Inc., 2011.
- [8] "Arduino - Introduction." [Daring]. Tersedia pada: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Diakses: 05-Jul-2017].