

Bab 1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pendingin termoelektrik merupakan *solid state technology* yang bisa menjadi alternatif teknologi pendingin selain sistem *vapor compression* yang masih memanfaatkan cairan refrigerant.[1] Dibandingkan dengan teknologi kompresi uap yang menggunakan cairan refrigerant sebagai media penyerap kalor, termoelektrik relatif lebih ramah lingkungan, Termoelektrik tidak menimbulkan polusi, tahan lama dan bisa digunakan dalam skala besar dan kecil [2]. Termoelektrik memiliki kemampuan untuk mendinginkan dan memanaskan sekaligus. Dengan perubahan polaritas tegangan akan membalikkan fungsi dari panas ke dingin dan sebaliknya [3]. Teknologi termoelektrik telah digunakan pada beberapa bidang aplikasi seperti, *thermoelectric refrigerator* (TER), peralatan militer, peralatan ruang angkasa, produk-produk industri yang memanfaatkan modul termoelektrik sebagai pendingin [1,2,4].

Performansi Peltier baik sebagai TEC (*Thermoelectric Cooler*) maupun TEG (*Thermoelectric Generator*) tergantung dari pemilihan modul [4], juga sangat bergantung pada dua parameter dari koefisien *ZT* (*Figure Of Merit*) dan COP (*Coeffisien Of Performance*). *ZT* merupakan ukuran yang digunakan untuk mengkarakterisasi perfoma dari suatu bahan sedangkan COP merupakan rasio kapasitas pendinginan dengan konsumsi daya listrik [5]. Semakin tinggi nilai *ZT* dan COP maka semakin tinggi efisiensi dari termoelektrik sehingga dapat mencapai suhu yang semakin rendah. Namun permasalahan yang akan dihadapi dalam penggunaan termoelektrik adalah rasio COP yang masih rendah yaitu sebesar 0,16–0,64 dengan perbedaan suhu sekitar 20 °C, nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas pendingin yang dihasilkan oleh sistem pendingin konvensional yang memiliki rasio COP sekitar 4,6-5 [5,6,8].

Dai et al. [7] telah merancang dan mengembangkan sistem pendingin termoelektrik (TER) *portable* menggunakan sel surya. Untuk membuat perangkat kulkas temoelektrik portabel dengan melakukan perlakuan yang berbeda pada siang hari dan malam hari. Sel surya hanya digunakan pada siang hari untuk menyuplai listrik

ke modul termoelektrik dan pada malam hari menggunakan baterai, apabila daya listrik dari baterai tidak mencukupi maka tegangan AC yang sebelumnya disearahkan menggunakan penyearah. Hasil penelitian diperoleh suhu yang dapat dicapai kulkas termoelektrik yaitu 5-10°C dengan nilai COP 0,23 dan kapasitas pendingin 12 watt. Min et al. [8] mengembangkan sebuah *thermoelectric domestic-refrigerators* menggunakan *heat exchanger* yang berbeda-beda dan performansi pendinginan dievaluasi berdasarkan rasio COP, laju penurunan suhu dan kesetimbangan suhu. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh rasio nilai COP yaitu 0.3-0.5 untuk suhu operasional 5°C dan suhu lingkungan 25°C dengan kapasitas pendingin 50-100 watt serta hasil penelitian ini menunjukkan bahwa memungkinkan meningkatkan rasio COP melalui perbaikan pada *module contact resistances*, *termal interface* dan efektivitas penukar kalor.

Salah satu cara untuk mengoptimalkan sistem pendingin termoelektrik adalah dengan mengontrol arus dan tegangan input pada Peltier [9]. Untuk menaikkan rasio COP yaitu dengan mengoptimalkan pembuangan panas, resistansi termal (merupakan ukuran untuk menunjukkan besarnya kalor yang berpindah dalam satuan waktu), dan pemilihan material untuk peningkatan nilai ZT [4].

Berdasarkan masalah diatas dengan memperhatikan parameter nilai ZT dan COP, maka penulis akan optimalkan kinerja dari *Peltier* dengan menggunakan *Peltier* 12706 yang tersusun atas Bi₂Te₃. Modul termoelektrik akan disusun secara seri dan paralel dengan beberapa komponen penunjang seperti *heatsink* dan kipas dalam merencanakan sistem pendingin pada *coolbox*. Sistem pendingin diharapkan dapat digunakan untuk menjaga suhu suatu objek berada dibawah suhu lingkungan sekitar ±27 °C. Pengaturan suhu dilakukan dengan rangkaian darlington sebagai aktuatur dari PID untuk mengatur input tegangan ke Peltier, *Thermoelectric Cooler* ini dilengkapi dengan fitur GUI (*Graphical User Interface*) untuk menampilkan kurva suhu (°C) terhadap waktu (t) secara *real time* pada layar komputer.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah:

1. Faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja sistem pendingin termoelektrik dan bagaimana pengaruh parameter tersebut?
2. Bagaimana rancangan alat pengontrol yang mampu mempercepat proses sistem pendingin termoelektrik?
3. Bagaimana mengatur suhu kotak pendingin sehingga tercapai suhu stabil yang cepat?
4. Bagaimanakah pengaruh konfigurasi rangkaian seri dan paralel pada pengontrolan suhu TEC (*thermoelectric cooler*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja termoelektrik sebagai pendingin.
2. Merancang bangun alat pengontrol suhu menggunakan rangkaian driver PWM.
3. Merancang bangun sistem kontrol suhu TEC (*thermoelectric cooler*) dengan menggunakan aksi kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*).
4. Menganalisis pengaruh dari penggunaan rangkaian elektronik yang dirangkai secara seri dan paralel pada pengontrolan suhu TEC (*thermoelectric cooler*).

1.4 Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi masalah dengan cakupan materi sebagai berikut:

1. Pengontrolan suhu bagian dingin TEC dilakukan pada kotak pendingin dengan dimensi 23cm x 15cm x 23cm dengan mengasumsikan suhu lingkungan $\pm 27^{\circ}\text{C}$.

2. Posisi modul termoelektrik pada sisi belakang kotak terdapat dua modul termoelektrik dan satu modul termoelektrik pada sisi atas kotak pendingin.
3. Sistem pendingin yang dirancang beban pendingin yang digunakan yaitu udara.
4. Sistem kontrol suhu TEC lebih fokus pada laju penurunan suhu dan keseimbangan termal kotak pendingin.
5. Pembuangan panas menggunakan heatsink dan kipas.
6. Rentang set point suhu pada kotak pendingin 0 °C - 30 °C.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan alat pendingin yang mampu mengontrol suhu berdasarkan set point sehingga tercapai suhu stabil dalam waktu singkat. Dan dengan menggunakan bahan yang ada dipasaran pada umumnya, diharapkan dapat diaplikasikan sebagai pengganti sistem pendingin yang menggunakan gas refrigerant.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah:

a. Studi Literatur

Studi literatur dengan cara mencari, mengumpulkan, dan mempelajari khususnya referensi yang berkaitan perancangan pengontrol suhu menggunakan *Peltier* TEC (*termoelectric cooler*) dan PID (*Proportional Integral Derivative*). Tahap ini dilakukan selama pengerjaan tugas akhir ini berlangsung.

b. Perancangan alat

Membahas tentang tahap-tahap perancangan mekanik dan perancangan elektrik serta sistem kontrolernya.

c. Eksperimen

Pengujian alat pengontrol suhu dengan variasi suhu, pengujian peralatan elektrik serta pengujian sistem kontrollernya.

d. Analisis hasil eksperimen

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen, mencari hubungan antara perubahan data sensor terhadap perubahan suhu dan waktu. Selain itu pada tahap ini dilakukan kalibrasi pada setiap komponen pengontrol suhu.

e. Pembuatan laporan tugas akhir

Pembuatan laporan tugas akhir dilakukan dalam rangka mendokumentasikan penyelesaian tugas akhir ke dalam bentuk laporan tertulis.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir terbagi menjadi 5 bab. Bab-bab tersebut antara lain:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat penelitian, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini berisi teori-teori yang mendukung penelitian yang berkaitan dengan perancangan pengontrol suhu seperti sistem pendingin, *Peltier*, PID serta teori penunjang lainnya.

BAB 3 PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini berisi perancangan pada sistem yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang dirancang berupa catu daya, sensor suhu, rangkaian penguat, pengkondisi sinyal dan sistem minimum mikrokontroler. Perangkat lunak berupa perancangan fitur-fitur alat ukur yang diprogram di dalam mikrokontroler menggunakan bahasa C.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil pengujian tiap komponen pada alat ukur seperti pengujian catu daya, rangkaian penguatan, mikrokontroler dan GUI. Selain itu analisis sensor, proses kalibrasi dan karakteristik sistem pendingin pengontrol suhu akan dijelaskan pada bagian ini.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi seluruh proses pengujian yang telah dilakukan serta saran-saran untuk pengembangan pengontrol suhu TEC selanjutnya.