

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia terletak di lintang 6° LU (Lintang Utara) - 11° LS (Lintang Selatan), berada di garis khatulistiwa, sehingga secara alamiah beriklim tropis dengan suhu rata-rata harian 26–28 °C dan kelembapan 70–90 %. Karena Indonesia berada di iklim tropis, maka tingkat kelembapannya tinggi hampir sepanjang tahun (Deputi Bidang Klimatologi BMKG, 2024). Kombinasi kondisi panas dan lembap inilah yang membuat masyarakat Indonesia gemar mengonsumsi hidangan dingin sebagai penyegar, dan sekaligus menuntut perhatian lebih terhadap penyimpanan pangan. Tingkat kelembapan yang tinggi ini sangat memengaruhi pertumbuhan mikroba, sehingga makanan cenderung lebih cepat basi jika tidak disimpan dengan benar. Oleh karena itu, terdapat konsep atau prinsip dalam keamanan makanan yang rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme berbahaya jika tidak disimpan atau dikendalikan pada temperatur yang tepat disebut dengan *Time-Temperature Control for Safety*.

Dalam dunia pangan, prinsip *Time-Temperature Control for Safety* (TCS) menjadi sangat penting terutama produk olahan seperti puding. Puding tergolong makanan dengan kandungan air tinggi, protein, telur dan seringkali mengandung susu. Semua komposisi pembentuk puding merupakan media ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme jika suhu penyimpanan tidak dikendalikan yang ditandai dengan perubahan warna menjadi keruh, tekstur menjadi berlendir, dan aroma menjadi lebih asam. Berdasarkan peraturan No. 34 Tahun 2019 tentang kategori pangan dari Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia (2019), produk pangan olahan berbahan dasar susu harus disimpan pada suhu  $\leq 4^{\circ}\text{C}$ . Penyimpanan puding tidak boleh berada di *freezer* atau berada  $\leq 1^{\circ}\text{C}$  karena akan menyebabkan puding berair saat disajikan yang dapat mengubah tekstur puding. Maka dari itu suhu penyimpanan ideal antara 2°C–4°C (Liputan6, 2024). Pengendalian suhu dalam rentang ini menjadi sangat krusial untuk menjamin keamanan, kualitas, dan masa simpan puding sebagai produk pangan sensitif (BPOM, 2024). Pelaku yang berkontribusi dalam pengendalian dan penyimpanan

temperatur pada makanan sebelum diterima oleh konsumen salah satunya adalah usaha mikro, kecil, dan menengah.

Usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) di sektor makanan dan minuman memiliki peran penting dalam rantai pasok pangan lokal, di antaranya memproduksi makanan siap konsumsi seperti puding. Karena puding sangat sensitif terhadap suhu, maka penyimpanan dan distribusi memerlukan media yang mampu menjaga kestabilan suhu di bawah 5°C. Permasalahan muncul karena banyak pelaku UMKM belum memiliki akses ke sistem pendingin profesional seperti lemari *display* berpendingin atau *cold storage* portabel. Untuk memenuhi kebutuhan ini, *cooler box* (kotak pendingin) sering menjadi alternatif pilihan karena mudah dibawa dan tidak membutuhkan listrik langsung. Namun, kotak pendingin konvensional umumnya hanya mengandalkan es batu atau *ice gel pack* sebagai sumber pendingin. Metode ini bersifat pasif dan memiliki kelemahan dalam mempertahankan temperatur yang stabil, karena es mencair secara bertahap dan menyebabkan fluktuasi temperatur di dalam kotak. Fluktuasi ini berisiko besar bagi produk TCS karena dapat menyebabkan suhu berada di zona bahaya mikrobiologis (>5°C), mempercepat pembusukan, serta menurunkan mutu dan keamanan produk (Asiah dkk., 2020). Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pendinginan aktif yang dapat menjaga temperatur lebih stabil dalam jangka waktu yang lebih lama dan portabel. Salah satu solusinya adalah sistem pendingin menggunakan *thermoelectric cooler*.

*Thermoelectric cooler* (TEC) memiliki keunggulan seperti tidak menggunakan refrigeran atau zat berupa fluida yang digunakan dalam sistem pendinginan untuk memindahkan panas dari satu tempat ke tempat lainnya, tanpa komponen bergerak, dan portabel, serta ramah lingkungan. Namun, efisiensi dari sistem TEC sangat tergantung pada kontrol suhu yang presisi. Sistem kendali konvensional seperti *On/Off* dan PID (*Proportional Integral Derivative*) sering kali tidak cukup responsif dalam menghadapi perubahan suhu lingkungan yang cepat dan kondisi beban termal yang bervariasi. Dalam konteks ini, *fuzzy logic control* muncul sebagai solusi cerdas yang mampu mengelola ketidakpastian dan dinamika sistem non-linear secara efisien (Belman-Flores dkk., 2022). Menurut Belman-Flores dkk. (2022), *fuzzy logic* terbukti meningkatkan stabilitas suhu dan efisiensi energi dalam berbagai sistem pendingin.

Pada penelitian terdahulu pertama dilakukan oleh Setiawan & Budiman (2024) yang berjudul “Rancang Bangun Box Pendingin Berbasis Termoelektrik Untuk Penyimpanan Sayur Dan Buah”. Dalam penelitiannya berhasil membuat sebuah box pendingin berbasis IoT. Suhu pendinginan maksimal berada di  $16,2^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata daya sekitar  $208,4 \text{ watt}$ . Pada penelitian kedua dilakukan oleh Renita Comalasari Dewi Simanjuntak dkk. (2024) yang berjudul “Rancang Bangun *Cooler Box Portable* Menggunakan *Peltier*”. Dalam penelitiannya membuat sebuah *cooler box portable* menggunakan *peltier* dengan pendinginan sebesar  $5^{\circ}\text{C}$  dengan total konsumsi energi sebesar  $3,111 \text{ kWh}$  selama 6 jam. Pada penelitian ketiga dilakukan oleh Qureshi dkk. (2024) yang berjudul “*Fuzzy Logic Control Solar-Powered Portable Cooling Box*”. Dalam penelitiannya membuat sebuah *cooling box* menggunakan tenaga surya sebagai sumber dayanya dan berhasil menerapkan *fuzzy logic control* pada sensor suhu dan baterainya.

Dari latar belakang yang telah dijabarkan, diperlukan perancangan sistem pendingin yang portabel menggunakan *thermoelectric cooler* bertipe TEC1-12706 dan menerapkan *fuzzy logic control* sebagai efisiensi pendinginan pada kotak pendingin penyimpanan makanan yaitu puding. Maka dari itu, dibuatlah penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Kotak Pendingin Penyimpanan Makanan Menggunakan *Thermoelectric Cooler* Dan *Fuzzy Logic Control* Berbasis Arduino”, dengan harapan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dan bermanfaat dalam implementasi ilmu elektronika dalam penyimpanan makanan menjadi lebih efektif dan efisien dengan berbasis elektronik.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun, maka dapat diidentifikasi masalah penelitian sebagai berikut:

1. Kotak pendingin yang biasa digunakan masih menggunakan *ice gel pack* sebagai media pendingin.
2. Kondisi temperatur pada kotak pendingin yang tidak stabil dapat menyebabkan kerusakan pada kualitas makanan.
3. Sistem pendingin aktif untuk menjaga temperatur lebih stabil dalam jangka waktu yang lebih lama.

4. Penerapan *fuzzy logic control* meningkatkan efisiensi pada sistem pendingin.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kotak pendingin yang dirancang menggunakan *thermoelectric cooler* TEC1-12706 agar dapat menjaga temperatur disekitar  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  s.d.  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ .
2. Perancangan dan penerapan *fuzzy logic control* menggunakan simulasi *fuzzy inference system* di MATLAB untuk menjaga stabilitas temperatur di dalam kotak pendingin dengan mengaktifkan dan menonaktifkan TEC1-12706 dan kipas DC.
3. Jenis makanan yang diuji pada kotak pendingin penyimpanan makanan adalah puding.

### 1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan batasan masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah “Bagaimana merancang dan membuat kotak pendingin penyimpanan makanan menggunakan *thermoelectric cooler* sebagai pendingin, serta menerapkan *fuzzy logic control* sebagai efisiensi dan stabilitas temperatur?”.

### 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat kotak pendingin penyimpanan makanan menggunakan *thermoelectric cooler* dan menerapkan *fuzzy logic control* sebagai efisiensi dan stabilitas temperatur.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian, maka manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi referensi dalam penelitian selanjutnya mengenai perancangan kotak pendingin penyimpanan makanan menggunakan *thermoelectric cooler*.
2. Menjadi referensi dalam penelitian selanjutnya mengenai penerapan *fuzzy logic control* sebagai efisiensi dan stabilitas pendinginan pada penyimpanan makanan menggunakan kotak pendingin.

3. Implementasi ilmu elektronika dalam penyimpanan makanan menjadi lebih efektif dan efisien dengan berbasis elektronik.

