

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kotak pendingin merupakan perangkat yang sangat penting dalam berbagai industri, terutama dalam sektor makanan, farmasi, dan logistik. Fungsinya yang utama adalah untuk menjaga produk tetap pada suhu rendah sehingga kualitas dan keamanan produk dapat terjaga selama penyimpanan atau transportasi. Dalam konteks rantai dingin, performa kotak pendingin menjadi krusial, karena kegagalan dalam menjaga suhu yang diinginkan dapat mengakibatkan kerugian besar baik dari segi ekonomi maupun kualitas produk. Kotak pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah kotak pendingin yang sudah dirancang oleh Ahmad Husain Dongoran (2018) dengan material berlapis kayu-*styrofoam*-aluminium, dengan ukuran kayu: 44cm x 29cm x 28cm, *styrofoam*: 42cm x 27cm x 24cm, dan aluminium: 40cm x 25cm x 20cm.

Salah satu komponen penting dalam kotak pendingin adalah media penyimpanan energi yang digunakan untuk menyerap dan menyimpan panas. Media ini harus mampu mempertahankan suhu rendah dalam jangka waktu lama untuk memastikan produk tetap berada dalam kondisi optimal. Penggunaan air sebagai media pendingin sering kali kurang efektif karena kapasitas penyimpanan panasnya yang terbatas. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk meningkatkan performa kotak pendingin melalui pengembangan media penyimpanan energi yang lebih efisien. Pada penelitian sebelumnya ada dua jenis PCM yang disiapkan untuk mengamati perubahan temperatur di dalam kotak. Yaitu, 100% H<sub>2</sub>O dan 10% vol NaCl dalam H<sub>2</sub>O. Hasil penelitian eksperimental menunjukkan bahwa menambahkan 10% vol NaCl kedalam H<sub>2</sub>O mampu meningkatkan efektivitas penyimpanan energi sebesar 73% dibandingkan dengan air murni.

Media pendingin yang digunakan adalah dengan menambahkan zat tertentu ke dalam air untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan energi, yaitu, variasi larutan seperti NaCl (Natrium Klorida) dan KCl (Kalium Klorida) diketahui dapat menurunkan titik beku air dan meningkatkan kapasitas panas laten, sehingga lebih efektif dalam mempertahankan suhu rendah. Di sisi lain, bahan alami seperti tepung tapioka dapat membentuk gel dalam air yang mampu menyerap dan

menyimpan energi panas secara efektif. Kelebihan dari ke-3 zat pelarut tersebut adalah. NaCl adalah bahan yang sangat murah dan mudah didapatkan, membuatnya pilihan yang ekonomis untuk sistem pendinginan. NaCl juga efektif dalam menurunkan titik beku air, meningkatkan performa kotak pendingin terutama dalam kondisi yang sangat dingin. NaCl memiliki kapasitas panas spesifik yang cukup baik. Tepung tapioka konsistensi *gel* atau *slurry* dari tepung tapioka dapat diatur sesuai kebutuhan yang memberikan fleksibilitas dalam desain sistem pendinginan. Tepung tapioka aman dan tidak berbahaya bagi kesehatan manusia. Tepung tapioka memiliki kapasitas panas spesifik yang baik, membuatnya efisien dalam menyimpan dan melepaskan energi.

Meskipun demikian, pengaruh variasi dari bahan-bahan ini terhadap unjuk kerja kotak pendingin belum banyak diteliti secara mendalam. Penelitian yang dilakukan oleh (Sucipta dkk., 2023) telah menunjukkan bahwa memasukkan bahan pendingin seperti NaCl, ke dalam air dapat meningkatkan konsumsi energi secara signifikan hingga 73% dibandingkan dengan air murni, sehingga meningkatkan efisiensi penyimpanan energi panas. Selain itu, penggunaan garam endotermik dalam sistem pendingin seperti kalium klorida. Ini menurunkan suhu hingga 12,3°C, menunjukkan bahwa ia dapat memiliki efek pendinginan yang signifikan ketika dilarutkan dalam air.

Penelitian yang dilakukan oleh (Alief dkk., 2024) secara teknis KCl/H<sub>2</sub>O efektif menurunkan temperatur ikan sebesar -0,22°C/menit. Penggunaan 2kg KCl/H<sub>2</sub>O efektif mempertahankan temperatur ikan pada rentang temperatur 0 hingga 5°C selama 20 jam dan penggunaan 3 kg KCl/H<sub>2</sub>O baik dalam mempertahankan temperatur ikan dalam rentang temperatur lebih rendah yaitu -5 hingga 0°C selama 16 jam. Kombinasi pendingin termoelektrik dan asam lemak sebagai PCM dalam pendingin kotak portabel menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam memperpanjang waktu pemeliharaan suhu, menunjukkan efektivitas bahan-bahan ini dalam aplikasi penyimpanan energi.

*Phase Change Material* (PCM) adalah bahan yang mampu menyimpan dan melepaskan energi dalam bentuk panas laten saat mengalami perubahan fase, biasanya antara fase padat dan cair. PCM digunakan dalam berbagai aplikasi

untuk menyimpan dan mengatur energi termal, termasuk dalam sistem pendingin, pemanas, dan manajemen energi di bangunan. PCM bekerja dengan menyerap panas saat suhu lingkungan meningkat, menyebabkan PCM meleleh dari padat menjadi cair. Sebaliknya, ketika suhu lingkungan menurun PCM mengeluarkan panas yang tersimpan saat kembali mengeras dari cair menjadi padat. Proses ini memungkinkan PCM untuk menjaga suhu di sekitarnya stabil pada suhu lebur spesifiknya. Menentukan larutan yang optimal dari NaCl, KCl, dan tepung tapioka dalam air adalah langkah penting untuk memaksimalkan efisiensi kotak pendingin. Variasi larutan dapat mempengaruhi sifat termal larutan, termasuk penurunan titik beku, kapasitas panas, dan waktu pelepasan energi, yang pada akhirnya akan mempengaruhi kinerja kotak pendingin secara keseluruhan.

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas peneliti menganggap bahwa evaluasi unjuk kerja kotak pendingin sangat penting dilakukan karena untuk melihat larutan mana yang lebih efektif mempertahankan suhu dingin. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengevaluasi unjuk kerja kotak pendingin dengan variasi larutan NaCl, KCl dan tepung tapioka dalam air sebagai media penyimpanan energi.

## **1.2 Pembatasan Masalah**

- a. Kotak pendingin yang digunakan adalah kotak pendingin yang dirancang oleh Ahmad Husain Dongoran (2018) dengan material berlapis kayu-*styrofoam*-aluminium, dengan ukuran kayu: 44cm x 29cm x 28cm, *styrofoam*: 42cm x 27cm x 24cm, dan aluminium: 40cm x 25cm x 20cm.
- b. Penelitian ini hanya menggunakan tiga jenis bahan sebagai media penyimpanan energi, yaitu NaCl (Natrium Klorida), KCl (Kalium Klorida), dan tepung tapioka dalam air.
- c. Variasi larutan masing-masing 10% NaCl, 10% KCl dan 10% tepung tapioka di dalam air.
- d. Waktu pengujian yang akan dilakukan pada proses uji *charging* dan *discharging* selama 12 jam.

### **1.3 Rumusan Masalah**

- a. Larutan manakah diantara NaCl, KCL, dan tepung tapioka yang menunjukkan unjuk kerja terbaik?
- b. Larutan manakah diantara NaCl, KCL, dan tepung tapioka yang menunjukkan unjuk kerja terbaik pada proses *charging*?
- c. Larutan manakah diantara NaCl, KCL, dan tepung tapioka yang menunjukkan unjuk kerja terbaik pada proses *discharging*?
- d. Larutan manakah yang optimal diantara NaCl, KCL, dan tepung tapioka dalam memepertahankan suhu lebih lama?

### **1.4 Tujuan Penelitian**

- a. Untuk menentukan larutan manakah diantara NaCl, KCL, dan tepung tapioka yang menunjukkan unjuk kerja terbaik.
- b. Untuk menentukan larutan manakah diantara NaCl, KCL, dan tepung tapioka yang menunjukkan unjuk kerja terbaik pada proses *charging*.
- c. Untuk menentukan larutan manakah diantara NaCl, KCL, dan tepung tapioka yang menunjukkan unjuk kerja terbaik pada proses *discharging*.
- d. Untuk menentukan larutan manakah yang optimal diantara NaCl, KCL, dan tepung tapioka dalam memepertahankan suhu lebih lama.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

- a. Bagi peneliti  
Menambah wawasan, pengetahuan, serta wawasan melalui informasi yang diperoleh dari penelitian dan dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.
- b. Bagi pengguna atau masyarakat  
Menghasilkan rekomendasi untuk media penyimpanan yang dapat digunakan oleh para pedagang keliling tanpa harus menggunakan listrik dan dapat mengurangi kerusakan produk, memperpanjang umur simpan, dan biayanya yang murah.