

INTISARI

Sayur dan buah rentan mengalami *losses* saat distribusi akibat rendahnya resistansi produk terhadap bakteri. Untuk mengatasinya diperlukan rantai distribusi dingin dengan temperatur rendah. Metode ini mengkonsumsi banyak energi yang bersumber dari mesin kendaraan. Untuk mengurangnya, *Phase Change Material* (PCM) dapat digunakan untuk pendingina produk. Air paling sering digunakan sebagai PCM karena sifat termalnya yang stabil, namun tidak cocok untuk temperatur pendinginan dibawah 0°C.

Berdasarkan sifat koligatifnya, titik beku air akan turun jika ditambahkan zat terlarut. Dalam penelitian ini, Kalium Klorida (KCl) dipilih untuk ditambahkan ke dalam air sebanyak 10% wt., yang akan membentuk larutan eutektik KCl-H₂O 10% wt yang dapat menurunkan titik leleh. Larutan ini memiliki titik beku -4.496°C dengan temperatur eutektik pada -11.329°C. Untuk mengoptimalkan efek pendinginan, dilakukan variasi posisi petelakan *pack* sehingga terjadi pemerataan persebaran temperatur yang berefek pada waktu penyimpanan pada temperatur target yang lebih lama. Eksperimen dilakukan dengan 6 variasi posisi petelakan *pack* PCM. Kemudian dipilih variasi paling optimum dan dilakukan eksperimen kedua dengan melakukan kombinasi antara PCM dengan Air sebanyak 5 kombinasi.

Hasilnya adalah Variasi 6 dengan 3 pack setiap sisi panjang (baris atas) dan 1 pack setiap sisi pendek (baris atas) sebagai layout paling optimum untuk mempertahankan temperatur target (-2°C sampai 5°C) di $\frac{3}{4}$ tinggi box: 436.52 menit, $\frac{1}{2}$ tinggi box: 470.38 menit, dan $\frac{1}{4}$ tinggi box: 469.27 menit. Apabila ditinjau dari ketiga termokopel didapatkan waktu 422.07 menit. Dengan beban kalor yang diserap masing masing untuk $\frac{3}{4}$ tinggi box: 288.92 kJ, $\frac{1}{2}$ tinggi box: 304.33 kJ, dan $\frac{1}{4}$ tinggi box: 303.60 kJ. Apabila ditinjau dari ketiga termokopel masuk ke temperatur target maka beban kalor total terserap oleh variasi 6 sebesar 278.21 kJ. Pada Variasi 6 memiliki nilai rerata laju perpindahan kalor total sebesar 8.029 Watt. Pada uji variasi kombinasi didapatkan variasi 6, dengan 8 pack PCM lebih unggul dalam mempertahankan temperatur target paling lama dan beban panas yang diserap paling besar dibandingkan kombinasi lainnya.

Kata Kunci: PCM, KCl, Variasi, Kombinasi, Cold Storage, Temperatur, Beban Panas, Laju Perpindahan Kalor

ABSTRACT

Vegetables and fruits are highly susceptible to losses during distribution due to their limited resistance to bacterial contamination. To mitigate this issue, a low-temperature cold distribution chain is essential. However, this method requires a significant amount of energy from vehicle engines. To reduce energy consumption, Phase Change Material (PCM) can be used for product cooling. Water is commonly used as a PCM due to its thermal stability, but it is not effective for cooling temperatures below 0°C.

Based on colligative properties, the freezing point of water decreases when solutes are added. In this study, potassium chloride (KCl) was selected as an additive, with a concentration of 10% by weight, to create a 10% wt. KCl-H₂O eutectic solution capable of lowering the melting point. This solution has a freezing point of -4.496°C and a eutectic temperature of -11.329°C. To optimize the cooling effect, variations in the positioning of the PCM packs were tested to achieve an even temperature distribution, which would extend the storage time at the target temperature. Six variations in PCM pack positioning were experimented with. The most optimal configuration was then selected for further testing, which included combining PCM with water in five different combinations.

The results identified Variation 6, with three packs positioned along each long side (top row) and one pack along each short side (top row), as the most effective layout for maintaining the target temperature range of -2°C to 5°C. This configuration maintained the target temperature for 436.52 minutes at $\frac{3}{4}$ box height, 470.38 minutes at $\frac{1}{2}$ box height, and 469.27 minutes at $\frac{1}{4}$ box height. Across all three thermocouples, the average time was 422.07 minutes. The corresponding heat loads absorbed were 288.92 kJ, 304.33 kJ, and 303.60 kJ for the $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, and $\frac{1}{4}$ box heights, respectively. The total heat load absorbed by Variation 6, considering all three thermocouples, was 278.21 kJ. Variation 6 demonstrated an average total heat transfer rate of 8.029 W. In the combination variation test, Variation 6, with eight PCM packs, outperformed other combinations in terms of maintaining the target temperature for the longest duration and absorbing the largest heat load.

Keywords: PCM, KCl, Variation, Combination, Cold Storage, Temperature, Heat Load, Heat Transfer Rate