

Rancang Bangun *Cold Storage* Menggunakan Termoelektrik Dan *Solar Cell* Yang Dikombinasikan Dengan Mesin Kompresi Uap

Maghfiridhani Muhammad¹, Arwizet Karudin², Yolli Fernanda³, Remon Lapis⁴

¹²³⁴Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Padang
e-mail: maghfiridhanimuhammad@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem Cold Storage yang menggunakan modul termoelektrik dan panel surya sebagai sumber energi terbarukan untuk aplikasi penyimpanan makanan di daerah terpencil dengan akses listrik terbatas. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen, dengan merancang dan membangun alat Cold Storage yang dilengkapi dengan modul termoelektrik dan panel surya. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu tanpa beban dan dengan beban air, untuk mengukur parameter seperti suhu ruangan, suhu produk, beban kalor, dan nilai Coefficient of Performance (COP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu terendah yang dapat dicapai oleh sistem Cold Storage adalah $-10,7^{\circ}\text{C}$, dicapai pada pengujian menggunakan mesin kompresi uap tanpa beban. Sementara suhu terendah untuk kondisi dengan beban air adalah $-1,3^{\circ}\text{C}$, juga pada pengujian dengan mesin kompresi uap. Namun, sistem termoelektrik saja belum cukup efektif untuk menurunkan suhu, dengan nilai COP di bawah 1. Kombinasi termoelektrik dan mesin kompresi uap juga belum optimal karena perbedaan sumber daya listrik yang digunakan. Penelitian ini memberikan implikasi penting dalam pengembangan sistem penyimpanan makanan yang hemat energi dan ramah lingkungan, khususnya untuk daerah dengan akses listrik terbatas. Modifikasi desain Cold Storage dan optimalisasi integrasi sistem termoelektrik dan panel surya perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem secara keseluruhan.

Kata kunci: *Cold Storage, Termoelektrik, Panel Surya, Kompresi Uap*

Abstract

This research aims to develop a Cold Storage system that uses thermoelectric modules and solar panels as a renewable energy source for food storage applications in remote areas with limited access to electricity. The research method used is experimental, by designing and building a Cold Storage tool equipped with thermoelectric modules and solar panels. Tests were carried out in two conditions, namely without load and with water load, to measure parameters such as room

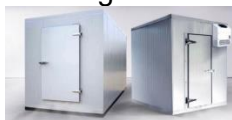
temperature, product temperature, heat load, and Coefficient of Performance (COP) value. The results showed that the lowest temperature that can be achieved by the Cold Storage system is -10.7°C , achieved in tests using a vapor compression engine without load. While the lowest temperature for conditions with water load is -1.3°C , also in tests with a vapor compression engine. However, the thermoelectric system alone is not effective enough to reduce the temperature, with a COP value below 1. The combination of thermoelectric and vapor compression engine is also not optimal due to differences in the electrical power source used. This research provides important implications in the development of energy-efficient and environmentally friendly food storage systems, especially for areas with limited access to electricity. Modification of the Cold Storage design and optimization of the integration of thermoelectric systems and solar panels need to be done to improve the overall efficiency and performance of the system.

Keywords: *Cold Storage, Thermoelectricity, Solar Panels, Vapor Compression*

PENDAHULUAN

Industri penyimpanan makanan telah mengalami kemajuan yang signifikan. Prioritas utama saat ini adalah menjaga kesegaran dan keamanan makanan bagi produsen, pengecer, dan konsumen. Namun, pendekatan tradisional dalam pendinginan makanan, seperti penggunaan kulkas konvensional, seringkali memiliki kendala dalam hal mobilitas, aksesibilitas, dan efisiensi energi. Di beberapa daerah terpencil atau dalam situasi darurat, akses terhadap listrik mungkin terbatas atau bahkan tidak tersedia.

Teknologi *Cold Storage* menggunakan Termoelektrik menggunakan energi surya merupakan solusi yang menarik untuk tantangan dalam penyimpanan.



Gambar 1. 1 Cold Storage

Cold Storage merupakan sistem atau fasilitas yang diciptakan untuk menyimpan produk pada suhu rendah guna menjaga kualitasnya. Sistem ini biasanya diterapkan dalam industri makanan, farmasi, dan sektor lain yang memerlukan penyimpanan yang terkontrol untuk mencegah kerusakan produk (Wiharjo & Agus, 2019). Di daerah pedesaan dan pinggir pantai, khususnya dalam sektor perikanan dan perdagangan hasil laut, perlunya pendinginan dan penyimpanan yang handal sangat penting untuk menjaga kualitas produk, seperti ikan, yang sensitif terhadap panas. Namun, kendala utama adalah keterbatasan akses terhadap sumber energi listrik yang stabil, yang seringkali menghambat penyediaan sistem pendinginan yang efektif. Ketergantungan pada bahan bakar fosil merupakan permasalahan serius yang dihadapi di banyak wilayah pedesaan dan pesisir pantai. Oleh karena itu, pengembangan sistem pendinginan yang menggunakan teknologi ramah lingkungan seperti teknologi

termoelektrik berbasis energi matahari dapat menjadi solusi yang menarik untuk memenuhi kebutuhan akan *Cold Storage* di daerah-daerah terpencil tersebut.

Modul termoelektrik, yang memanfaatkan efek Peltier untuk mentransfer panas, dapat digunakan dalam pembuatan alat pendingin yang lebih kecil, lebih ringan, dan lebih ramah lingkungan. Teknologi termoelektrik merupakan teknologi yang menggunakan prinsip konversi langsung dari perbedaan suhu menjadi energi listrik. Prinsip dasarnya adalah efek Seebeck, di mana perbedaan suhu antara dua sisi material semikonduktor menghasilkan arus listrik (Sumirat & Romanto, 2019). Generator termoelektrik mengubah perbedaan suhu menjadi energi listrik secara langsung. Teknologi ini merupakan alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Bahan termoelektrik, atau elemen peltier, mampu mengonversi energi panas menjadi energi listrik tanpa menghasilkan polutan seperti gas beracun karbon dioksida atau logam berat. Terdiri dari bahan semikonduktor tipe-n dan tipe-p, generator termoelektrik menggunakan prinsip efek Seebeck, di mana arus mengalir saat terjadi perbedaan suhu antara dua logam yang berbeda. Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik ditempatkan dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin (Mohamad Diki dkk., 2022).

Energi matahari melimpah, terutama di daerah pesisir yang terpapar sinar matahari sepanjang tahun. Dapat diubah menjadi energi listrik melalui *Solar Cell* atau energi panas melalui sistem termal. Potensinya besar dan ramah lingkungan. Di daerah pedesaan dan pinggir pantai, energi matahari menjadi alternatif yang menarik dan berkelanjutan dengan teknologi *Solar Cell* yang semakin terjangkau. Hal ini membantu mengurangi ketergantungan pada energi konvensional yang mahal dan tidak ramah lingkungan serta meningkatkan akses terhadap energi yang andal. Dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi dan teknologi termoelektrik untuk pendinginan, diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan dan aksesibilitas *Cold Storage* bagi nelayan dan pedagang pinggir pantai, serta meningkatkan nilai produk yang disimpan melalui pemeliharaan suhu yang optimal.

Nelayan dan pedagang di pesisir pantai sering kali harus mengandalkan bahan bakar fosil, seperti bensin atau diesel, untuk mengoperasikan mesin-mesin pembangkit listrik, seperti genset atau peralatan lain yang membutuhkan tenaga. Namun, ketergantungan ini membawa dampak negatif yang signifikan, termasuk biaya operasional yang tinggi dan dampak lingkungan yang merugikan (Purnomo, 2021). Harga bahan bakar fosil tidak stabil dan dapat memberatkan secara finansial bagi masyarakat dengan pendapatan terbatas. Penggunaan bahan bakar fosil juga berkontribusi pada emisi gas rumah kaca dan polusi udara yang merugikan lingkungan serta kesehatan manusia. Di samping itu, ketersediaan bahan bakar fosil menjadi perhatian utama, terutama di daerah-daerah terpencil atau terisolasi di mana akses terhadap pasokan bahan bakar sering kali terbatas. Oleh karena itu, penting untuk mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan guna mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta meningkatkan akses terhadap energi yang dapat diandalkan.

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Cold Storage* sebagai alat pendingin makanan menggunakan modul termoelektrik, dengan memanfaatkan energi matahari dari *Solar Cell* sebagai sumber energi alternatif. Harapannya, penelitian ini akan memberikan sumbangan dalam pengembangan teknologi penyimpanan makanan yang lebih efektif, efisien energi, dan ramah lingkungan.

METODE

Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji efektivitas *Cold Storage* dengan teknologi termoelektrik dan energi matahari sebagai pendingin. Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari sebagai alternatif energi terbarukan untuk pendinginan, serta memberikan solusi penyimpanan makanan di daerah terpencil yang minim akses listrik. Metode eksperimen ini memungkinkan peneliti untuk melakukan pengukuran pada variabel-variabel spesifik, seperti perpindahan panas, beban kalor produk, dan nilai *Coefficient of Performance* (COP) pada sistem *Cold Storage* yang dirancang.

Penelitian dilakukan di Kota Padang dan Universitas Negeri Padang pada rentang waktu Maret hingga Agustus 2024. Dalam eksperimen ini, *Cold Storage* yang menggunakan modul termoelektrik dan solar cell dirancang dengan beberapa komponen seperti aluminium hollow untuk kerangka, styrofoam sebagai isolasi, dan plat aluminium untuk pelindung. Uji coba dilakukan dengan dua variasi: pertama, tanpa beban di dalam *Cold Storage*; kedua, dengan produk di dalamnya, yang masing-masing diuji selama tiga jam dengan pencatatan data setiap 20 menit.

Data yang dikumpulkan dari pengujian ini meliputi suhu lingkungan, suhu ruang penyimpanan, suhu pada sisi termoelektrik, dan suhu produk. Data ini diolah untuk menghitung efisiensi pendinginan dan kinerja sistem termoelektrik. Selain itu, dilakukan analisis perpindahan panas pada dinding *Cold Storage*, beban kalor produk, dan perhitungan COP untuk menilai seberapa baik sistem ini mempertahankan suhu sesuai kebutuhan. Proses pengujian dikatakan berhasil apabila sistem dapat menurunkan suhu hingga batas waktu tiga jam dengan stabil. Diagram alir penelitian dibuat untuk menggambarkan langkah-langkah eksperimen secara berurutan, mulai dari persiapan alat hingga analisis data dan pelaporan hasil akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancangan Alat

Cold Storage yang peneliti buat ini merupakan alat yang dibuat sedemikian rupa sebagai ide untuk kemajuan sebuah *Cold Storage*. Alat ini mempunyai ukuran lebar 90 cm, panjang 70 cm dan tinggi 100 cm yang diletakkan diatas rangka mesin kompresi uap. Alat ini cukup mudah digunakan yakni hanya dengan menghubungkan dengan listrik alat ini sudah dapat dioperasikan dan diuji.



Gambar 4. 1 Hasil Pembuatan Cold Storage

Alat ini telah diuji oleh penulis sebanyak 18 kali. Pembagian nya yaitu, 3 kali dengan mesin kompresi uap, 3 kali dengan Thermoelektrik, dan 3 kali kombinasi kompresi uap dan thermoelektrik dalam keadaan kosong. Kemudian, 3 kali dengan mesin kompresi uap, 3 kali dengan Thermoelektrik, dan 3 kali kombinasi kompresi uap dan thermoelektrik dalam keadaan berisi produk air.

B. Hasil Beban Pendinginan Pada Cold Storage

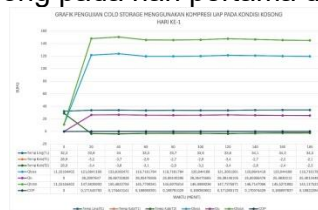
Beban pendinginan pada Cold Storage yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

Jadi, nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh yang diperoleh dari Cold Storage ini adalah **0,903652 W/m.K**. Setelah diketahui koefisien perpindahan panas menyeluruh ini selanjutnya dapat menentukan hasil beban pendinginan pada Cold Storage ini.

2. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Pertama Dalam Kondisi Kosong (Pengujian Dengan Mesin Kompresi Uap).

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan mesin kompresi uap dalam kondisi kosong pada hari pertama dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 4. 2 Grafik pengujian Cold Storage menggunakan Kompresi Uap Pada Kondisi Kosong Hari Ke-1

Grafik tersebut menunjukkan bahwa data suhu terdingin ada pada menit ke 40 dengan rata rata suhu $-3,75^{\circ}\text{C}$ dengan suhu lingkungan nya 34°C .

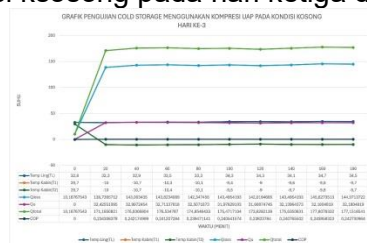
3. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Kedua Dalam Kondisi Kosong (Pengujian Dengan Mesin Kompresi Uap).

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan mesin kompresi uap dalam kondisi kosong pada hari kedua dapat dilihat dibawah ini:



Grafik tersebut menunjukkan bahwa data suhu terdingin ada pada menit ke 180 dengan rata rata suhu $-8,8^{\circ}\text{C}$ dengan suhu lingkungan nya $34,9^{\circ}\text{C}$.

- Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan mesin kompresi uap dalam kondisi kosong pada hari ketiga dapat dilihat dibawah ini:



Grafik tersebut menunjukkan bahwa data suhu terdingin ada pada menit ke 40 dengan rata rata suhu $-10,7^{\circ}\text{C}$ dengan suhu lingkungan nya $32,9^{\circ}\text{C}$.

- Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan Termoelektrik dalam kondisi kosong pada hari pertama dapat dilihat dibawah ini:

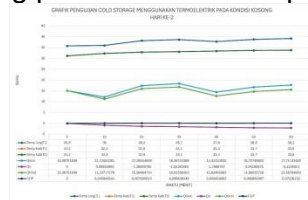


Grafik tersebut menunjukkan bahwa tidak adanya penurunan suhu pada cold storage, bahkan hasil beban pendinginan produk (Q_u) menunjukkan hasil minus karena adanya peningkatan suhu dari suhu awal

Cold Storage, dikarenakan penguapan suhu lingkungan. Maka Cold Storage menggunakan termoelektrik ini masih tidak efisien.

6. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Kedua Dalam Kondisi Kosong (Pengujian Dengan Termoelektrik).

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan Termoelektrik dalam kondisi kosong pada hari kedua dapat dilihat dibawah ini:

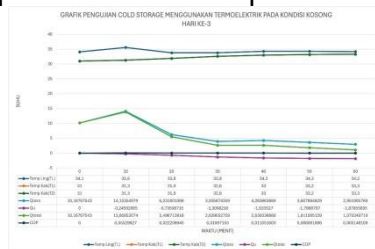


Gambar 4. 6 Grafik Pengujian Cold Storage menggunakan Termoelektrik Pada Kondisi Kosong Hari Ke-2

Grafik tersebut menunjukkan bahwa tidaka adanya penurunan suhu pada Cold Storage, bahkan hasil beban pendinginan produk (Q_u) menunjukkan hasil minus karena adanya peningkatan suhu dari suhu awal Cold Storage, dikarenakan penguapan suhu lingkungan.

7. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Ketiga Dalam Kondisi Kosong (Pengujian Dengan Termoelektrik).

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan termoelektrik dalam kondisi ksosong pada hari kedua dapat dilihat dibawah ini:

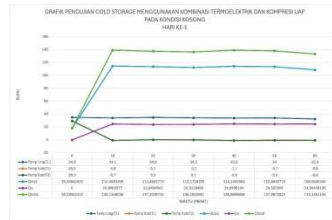


Gambar 4. 7 Grafik Pengujian Cold Storage Menggunakan Termoelektrik Pada Kondisi Kosong Hari Ke-3

Grafik tersebut masih menunjukkan bahwa tidaka adanya penurunan suhu pada Cold Storage, juga hasil beban pendinginan produk (Q_u) menunjukkan hasil minus karena adanya peningkatan suhu dari suhu awal Cold Storage, dikarenakan penguapan suhu lingkungan.

8. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Pertama Dalam Kondisi Kosong (Pengujian Kombinasi Termoelektrik dan Mesin Kompresi Uap).

Grafik pengujian beban pendinginan kombinasi Termoelektrik dan mesin kompresi uap dalam kondisi kosong pada hari pertama dapat dilihat dibawah ini:

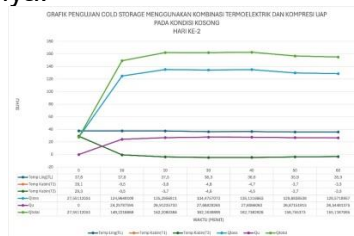


Gambar 4. 8 Grafik Pengujian Cold Storage Menggunakan Termoelektrik dnn Kompresi Uap Pada Kondisi kosong Hari Ke-1

Grafik tersebut hanya menunjukkan nilai Suhu, Q_{Loss} , Q_u , dan Q_{total} saja. . Jadi, tidak bisa mencari COP nya, dikarenakan dua sistem pendinginan ini dihidupkan secara bersamaan dengan tipe daya yang berbeda beda yaitu AC dan DC.

9. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Kedua Dalam Kondisi Kosong (Pengujian Kombinasi Termoelektrik dan Mesin Kompresi Uap).

Grafik pengujian beban pendinginan kombinasi Termoelektrik dan mesin kompresi uap dalam kondisi kosong pada hari kedua dapat dilihat di halaman selanjutnya:

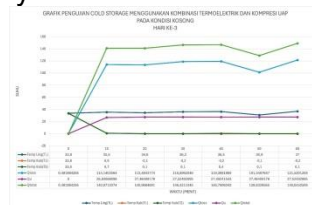


Gambar 4. 9 Grafik Pengujian Cold Storage Menggunakan Kombinasi Termoelektrik dan Kompresi Uap Pada Kondisi Kosong Hari Ke-2

Sama halnya seperti dihari sebelumnya grafik tersebut hanya menunjukkan nilai Suhu, Q_{Loss} , Q_u , dan Q_{total} saja. . Jadi, tidak bisa mencari COP nya, dikarenakan dua sistem pendinginan ini dihidupkan secara bersamaan dengan tipe daya yang berbeda beda yaitu AC dan DC.

10. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Ketiga Dalam Kondisi Kosong (Pengujian Kombinasi Termoelektrik dan Mesin Kompresi Uap).

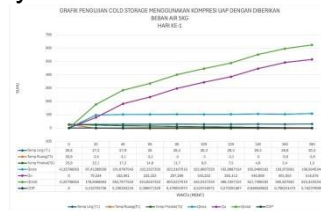
Grafik pengujian beban pendinginan kombinasi Termoelektrik dan mesin kompresi uap dalam kondisi kosong pada hari ketiga dapat dilihat dihalaman Selanjutnya:



Gambar 4. 10 Grafik Pengujian Cold Storage Menggunakan Kombinasi termoelektrik Dan Kompresi Uap Pada Kondisi Kosong Hari Ke-3

11. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Pertama Dalam Kondisi Diberikan Beban Air (Pengujian Dengan Mesin Kompresi Uap).

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan mesin kompresi uap dalam kondisi diberikan beban air pada hari pertama dapat dilihat dihalaman selanjutnya:

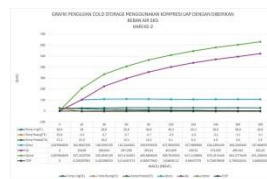


Gambar 4. 11 Grafik Pengujian Cold Storage Menggunakan Kompresi Uap Dengan Diberikan Beban Air Hari Ke-1

Grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada hari pertama pengujian Cold Storage menggunakan kompresi uap yang diberikan beban air menunjukkan beban air tersebut mengalami penurunan suhu hingga 1,3°C yang awalnya 25,9 °C. Proses penurunan suhu tersebut berlangsung selama 3 jam, kemudian untuk COP yang didapatkan pada pengujian dengan beban ini mulai menunjukkan kenaikan yang hampir menyentuh 1, yaitu 0,7423.

12. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Kedua Dalam Kondisi Diberikan Beban Air (Pengujian Dengan Mesin Kompresi Uap).

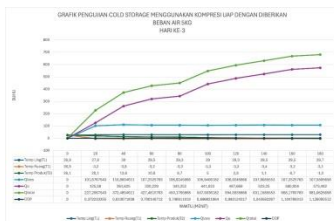
Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan mesin kompresi uap dalam kondisi diberikan beban air pada hari Kedua dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 4. 12 Gambar pengujian Cold Storage Menggunakan Kompresi Uap Dengan Diberikan Beban Air Hari Ke-2

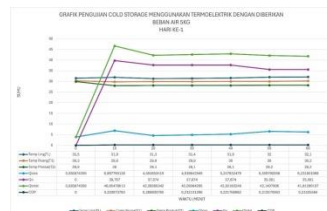
Sama hal nya dengan hari pertama, grafik dapat dilihat bahwa pada hari kedua pengujian Cold Storage menggunakan kompresi uap yang diberikan beban air menunjukkan beban air tersebut mengalami penurunan suhu hingga 2,3°C yang awalnya 27,3 °C. Proses penurunan suhu tersebut berlangsung selama 3 jam, kemudian untuk COP yang didapatkan pada pengujian dengan beban ini mulai menunjukkan kenaikan yang sedikit lebih tinggi dari hari sebelumnya menyentuh 1, yaitu 0,8005.

- Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan mesin kompresi uap dalam kondisi diberikan beban air pada hari Ketiga dapat dilihat dibawah ini:



Dapat dilihat pada grafik bahwa pada hari ketiga pengujian Cold Storage menggunakan kompresi uap yang diberikan beban air menunjukkan beban air tersebut mengalami penurunan suhu hingga $-1,3^{\circ}\text{C}$ yang awalnya $26,1^{\circ}\text{C}$. Proses penurunan suhu tersebut berlangsung selama 3 jam, kemudian untuk COP yang didapatkan pada pengujian dengan beban ini menunjukkan kenaikan yang positif yaitu 1,12609.

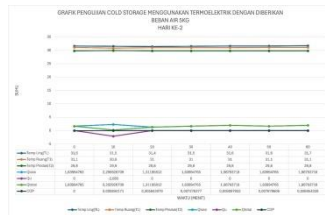
- grafik pengujian beban pendinginan menggunakan termoelektrik dalam kondisi diberikan beban air pada hari pertama dapat dilihat dibawah ini:



Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa termoelektrik belum mampu untuk bisa bekerja menurunkan suhu Cold Storage, pada pengujian hari pertama ini terlihat dalam grafik bahwa adanya kenaikan suhu pada cold storage tersebut, itu bisa terjadi karna penguapan udara yang ada didalam cold storage karna suhu panas luar ruangan, karna kondisi cold storage itu saat pengujian diletakkan dibawah matahari terik.

- Jurnal Pendidikan Tambusai 42766

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan termoelektrik dalam kondisi diberikan beban air pada hari Kedua dapat dilihat dihalaman selanjutnya:

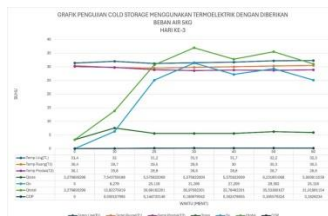


Gambar 4. 15 Grafik Pengujian Cold Storage Menggunakan Termoelektrik Dengan Diberikan Beban Air Hari Ke-2

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa pada pengujian Cold Storage menggunakan termoelektrik yang diberikan beban air hari kedua tidak adanya menunjukkan perubahan suhu produk selama 3 jam pengujian suhu produk tetap di suhu 28,8°C. Berarti ini menandakan Cold Storage tidak berjalan dengan baik.

16. Hasil perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Ketiga Dalam Kondisi Diberikan Beban Air (Pengujian Dengan Termoelektrik).

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan termoelektrik dalam kondisi diberikan beban air pada hari Ketiga dapat dilihat dibawah ini:

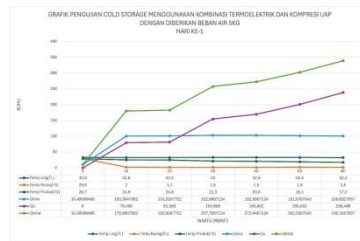


Gambar 4. 16 Grafik Pengujian Cold Storage Menggunakan Termoelektrik Dengan Diberikan Beban Air Hari Ke-3

Dari grafik tersebut data nya hampir sama dengan data pengujian Cold Storage menggunakan termoelektrik dengan diberikan beban air pada hari pertama.

17. Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Pertama Dalam Kondisi Diberikan Beban Air (Pengujian Dengan kombinasi Termoelektrik dan Mesin Kompresi Uap).

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan termoelektrik dalam kondisi diberikan beban air pada hari pertama dapat dilihat dihalaman selanjutnya:

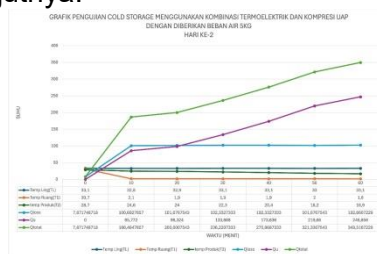


Gambar 4. 17 Grafik Pengujian Cold Storage Menggunakan Kombinasi Termoelektrik dan Kompresi Uap Dengan Diberikan Beban Air Hari Ke-1

Grafik tersebut hanya menunjukkan nilai Suhu, QLoss, Qu, dan Qtotal saja. . Jadi, tidak bisa mencari COP nya, dikarenakan dua sistem pendinginan ini dihidupkan secara bersamaan dengan tipe daya yang berbeda beda yaitu AC dan DC

18. Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Kedua Dalam Kondisi Diberikan Beban Air (Pengujian Dengan kombinasi Termoelektrik dan Mesin Kompresi Uap).

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan termoelektrik dalam kondisi diberikan beban air pada hari pertama dapat dilihat dihalaman selanjutnya:

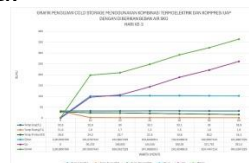


Gambar 4. 18 Grafik Pengujian cold Storage Menggunakan Kombinasi termoelektrik dan Kompresi Uap Dengan Diberikan Beban Air Hari Ke-2

Grafik tersebut hanya menunjukkan nilai Suhu, QLoss, Qu, dan Qtotal saja. . Jadi, tidak bisa mencari COP nya, dikarenakan dua sistem pendinginan ini dihidupkan secara bersamaan dengan tipe daya yang berbeda beda yaitu AC dan DC

19. Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Cold Storage Pada Hari Ketiga Dalam Kondisi Diberikan Beban Air (Pengujian Dengan kombinasi Termoelektrik dan Mesin Kompresi Uap).

Grafik pengujian beban pendinginan menggunakan termoelektrik dalam kondisi diberikan beban air pada hari pertama dapat dilihat dihalaman selanjutnya:



Gambar 4. 19 Grafik Pengujian Cold Storage Menggunakan Kombinasi Termoelektrik dan Kompresi Uap Dengan Diberikan Beban Air Hari ke-3

Grafik diatas tersebut hanya menunjukkan nilai Suhu, Q_{Loss} , Q_u , dan Q_{total} saja. Jadi, tidak bisa mencari COP nya, dikarenakan dua sistem pendinginan ini dihidupkan secara bersamaan dengan tipe daya yang berbeda beda yaitu AC dan DC.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa : Penelitian ini telah berhasil untuk merancang dan membangun sebuah Cold Storage menggunakan termoelektrik yang dikombinasikan dengan mesin kompresi uap yang dapat memperdalam pemahaman kita mengenai prinsip Cold Storage tersebut. Suhu ruangan terendah yang dapat dihasilkan oleh cold storage ini adalah dengan rata rata suhu $-10,7^{\circ}\text{C}$ di menit ke 40 pada saat pengujian Cold Storage menggunakan mesin kompresi uap dalam kondisi kosong pada hari ketiga (senin 28 Oktober 2024). Suhu produk terendah yang didapatkan pada pengujian Cold Storage ini adalah $-1,3^{\circ}\text{C}$ di menit ke 180 pada saat pengujian Cold Storage menggunakan mesin kompresi uap dengan pembebanan air pada hari ketiga (jumat 1 November 2024). Termoelektrik ternyata masih belum efisien untuk pendinginan sebuah Cold Storage. Karena pada pengujian termoelektrik saja masih belum mampu untuk mencapai suhu rendah yang dibutuhkan. Nilai COP tertinggi yang didapatkan pada Pengujian Cold Storage Ini adalah senilai 1,126095512 yaitu pada pengujian Cold Storage dengan mesin kompresi uap dengan pembebanan air pada hari ketiga di menit ke 180. Masih banyak di variasi pengujian Cold Storage ini yang mendapatkan nilai COP dibawah 1 yang menunjukkan bahwa COP dibawah 1 itu cukup rendah. Itu terjadi dikarenakan material dinding pada cold storage ini cukup tipis, dan karena adanya kebocoran seperti adanya celah yang dapat menyebabkan suhu ruangan keluar dari ruang *Cold Storage* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ferdyson, F., & Windarta, J. (2023). Overview Pemanfaatan dan Perkembangan Sumber Daya Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan di Indonesia. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.15714>
- Gunawan, L. A., Agung, A. I., Widyartono, M., & Haryudo, S. I. (2021). Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya portable. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 65–71.
- Hakim, L. (2019). Analisa Teoritis Laju Aliran Kalor Pada Ketel Uap Pipa Api Mini Industri Tahu Di Tinjau Dari Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh. *Jurnal Surya Teknika*, 1(04), 50–55. <https://doi.org/10.37859/jst.v1i04.1188>
- H.Munnik, D.Yohannes, Y. B. (2023). PEMANFAATAN PELTIER UNTUK COOLER BOX MINI. *International Journal of Research in Science, Commerce, Arts, Management and Technology*, 410–421. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-13062>

- Khalid, M., Syukri, M., & Gapy, M. (2016). Tanemakizo. *Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik*, 1(3), 57–62.
- Purwanto, E., & Ridhuan, K. (2014). Pengaruh Jenis Refrigerant Dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1), 11–16. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i1.19>
- Rahmat, M. R. (2015). Perancangan Cold Storage Untuk Produk Reagen. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma "45" Bekasi*, 3(1), 16–30. <http://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jitm/article/download/343/257>
- Setiawan, S. F., & Mursadin, A. (2020). Analisis Perpindahan Panas Pada Ekonomiser Di Pltu Pulang Pisau. *Jtam Rotary*, 2(1), 1. https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v2i1.2000
- Terang, Lubis, Z., & Sitorus, T. B. (2017). Analisa kinerja sistempendingin peltier yang menggunakan sel PVdengan sumber energi radiasi matahari. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 9(2), 166–173.
- Verdianza, Crispin. Tanujaya, Harto. Darmawan, S. (2022). Analisis eksperimental performa cooler box termoelektrik untuk penyimpanan rajungan. *jurnal teknik mesin universitas tarumanegara*, c, 87–95.
- Widodo, D. A., Rizal, T. A., & Abdullah, N. (2021). Analisis Prilaku/Stabilitas Pendingin Thermoelektrik Yang Di Tenagai Matahari. *JURUTERA - Jurnal Umum Teknik Terapan*, 8(01), 11–18. <https://doi.org/10.55377/jurutera.v8i01.4474>
- Wiharjo, & Agus, B. (2019). Analisa Efisiensi Daya Kompresor Pada Mesin Trainer Cold Storage. *Universitas Mercu Buana Jakarta*, 08(2), 31–39.