

Desain *Cold Storage* untuk Pembekuan Ikan Laut Menggunakan Perangkat Lunak *Coolselector*®2

Rima Nindia Selan¹

¹) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001
Corresponding author: rima_selan@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Proses pendinginan dan pembekuan yang dilakukan pada produk ikan merupakan salah satu metode pengawetan yang menerapkan mesin pendingin dalam pengoperasiannya. Mesin refrigerasi yang digunakan menerapkan sistem refrigerasi kompresi uap dengan refrigeran R404A sebagai fluida kerjanya. Perancangan yang tidak sesuai standar dapat mengakibatkan kerugian yang besar baik dari segi materil maupun ekonomi. Selain itu, perancangan yang salah juga dapat mengakibatkan kinerja mesin pendingin ikut memburuk. Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain dan menganalisis kinerja *cold storage* untuk pembekuan ikan menggunakan perangkat lunak *Coolselector*®2 versi 3.6.1. Analisis kinerja yang dilakukan berdasarkan pada variasi temperatur *superheat* dan *subcooling* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja mesin pendingin. Variasi untuk temperatur *superheat* dilakukan pada tingkat 8K, 9K, 10K, 11K dan 12K sedangkan temperatur *subcooling* dianggap konstan pada tingkat 3K. Variasi juga dilakukan pada temperatur *subcooling* pada tingkat 3K, 4K, 5K, 6K dan 7K dengan temperatur *superheat* dianggap konstan pada tingkat 5K. Hasil perancangan ruangan *cold storage* menunjukkan bahwa ruangan tersebut memiliki kapasitas pendinginan 14,54 kW. Analisis kinerja mesin pendingin hasil rancangan menunjukkan bahwa mesin refrigerasi memiliki kinerja yang baik. Hal ini dapat dibuktikan dengan semakin tinggi temperatur *subcooling* dan *superheat* maka COP ikut meningkat. COP tertinggi terdapat pada tingkat temperatur *superheat* 12K yaitu 2,045 sedangkan untuk temperatur *subcooling* pada tingkat 7K yaitu 3,144.

ABSTRACT

The process of cooling and freezing carried out on fish products is one of the preservation methods that apply a cooling machine in its operation. The refrigeration machine used applies a steam compression refrigeration system with R404A refrigerant as its working fluid. A design that is not following the standards can result in significant losses both in material and economic terms. Besides, the wrong model can also cause the performance of the engine to cool down. The purpose of this study is to design and analyze the performance of cold storage for freezing fish using Coolselector®2 software version 3.6.1. Performance analysis is based on superheating and subcooling temperature variations to determine its effect on the performance of the cooling engine. Changes for superheat temperatures carried out at the 8K, 9K, 10K, 11K and 12K levels while the subcooling temperature is considered constant at the 3K level. Variations were made at subcooling temperatures at the 3K, 4K, 5K, 6K and 7K levels with superheat temperatures considered consistent at the 5K level. The result of cold storage room design shows that the room has a cooling capacity of 14.54 kW. Analysis of the performance of the engine coolant design shows that the refrigeration machine has excellent performance. It will be proved by the higher subcooling and superheat temperatures, the COP also increase. The most top COP is at the 12K superheat temperature level of 2.045, while for the subcooling temperature at the 7K level of 3.144.

Keywords: *Cold storage, design, sea fish, Coolselector*

PENDAHULUAN

Daging ikan harus ditangani dengan baik karena akan mengalami proses *autolysis*. Proses ini adalah aktivitas enzimatik yang

akan mencegah (degradasi) protein kompleks menjadi senyawa sulfida yang merupakan indikator kerusakan produk ikan. Salah satu pengawetan ikan dapat dilakukan dengan pendinginan atau pembekuan. Dengan

memanfaatkan sistem refrigerasi untuk proses pengawetan, kesegaran ikan hasil tangkapan dapat dijaga untuk waktu yang cukup lama. Sistem refrigerasi dipasang di sebuah ruangan yang dikhususkan untuk mendinginkan atau membekukan ikan hasil tangkapan. Ruangan yang dimaksud adalah *cold storage*. *Cold storage* banyak dimanfaatkan pelaku industri untuk menjaga kualitas makanan hingga minuman supaya awet. Temperatur ruang penyimpanan ini dijaga terkendali untuk keperluan penyimpanan.

Teknik *Individual Quick Freezing* (IQF) merupakan teknik yang paling diminati pada proses pengawetan produk ikan. Teknik ini dapat mencegah bakteri pembusuk makanan berkembang, menjamin penanganan dengan cepat serta membuat pemanfaatan optimum pada tempat *freezer* [1].

Mesin pendingin yang digunakan dalam *cold storage* merupakan aplikasi dari sistem refrigerasi yang memanfaatkan refrigeran sebagai media pemindah kalor. Refrigeran akan menyerap kalor pada tekanan rendah dan melepaskan kalor pada tekanan tinggi [2]. Dalam pengoperasiannya, mesin pendingin menerapkan sistem refrigerasi kompresi uap dan dibantu oleh beberapa komponen penting seperti, evaporator, kompresor, kondensor, dan alat ekspansi serta dengan beberapa komponen pendukung lainnya.

Proses perancangan awal sebuah *cold storage* merupakan suatu parameter penting yang harus diperhitungkan dalam meminimalisir biaya pengeluaran yang akan terjadi. Maka dari itu, pemanfaatan perangkat lunak dalam merancang bangunan *cold storage* dapat memberikan suatu hasil yang lebih tepat dibandingkan dengan dengan cara manual.

Coolselector®2 versi 3.6.1 adalah suatu perangkat lunak yang dibuat dan dikembangkan oleh perusahaan refrigerasi yaitu Danfoss. Perangkat lunak ini membantu mengoptimalkan konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi dari beberapa sistem HVACR. Desain menggunakan perangkat lunak ini berdasarkan pada pengaturan kondisi operasi seperti kapasitas pendinginan, refrigeran yang digunakan, temperatur

evaporasi dan kondensasi serta kemudian memilih komponen yang terbaik dalam perancangan.

Dari tahun ke tahun, para peneliti telah melakukan suatu pengembangan terhadap *cold storage* untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penggunaan tempat penyimpanan dingin termasuk menganalisis kinerja dari sistem refrigerasi. Akhir-akhir ini, terdapat beberapa peneliti yang telah melakukan riset yang berkaitan dengan *cold storage*.

Yan, dkk. [3] melakukan penelitian tentang studi teoritis sebuah sistem refrigerasi kompresi-uap di *cold storage* untuk aplikasi *freezer*. Dalam studi tersebut, siklus refrigerasi kompresi-uap di *cold storage* telah dimodifikasi dengan menambahkan material perubah fasa (PCM) yang digunakan untuk menaikkan derajat *subcooling* guna peningkatan kinerja sistem.

Shaibani, dkk. [4] melakukan sebuah studi kasus, analisis thermo-ekonomi *cold storage* dalam mode penuh dan sebagian dengan dua skenario berbeda. Dalam artikel tersebut, sistem refrigerasi dengan tangki penyimpanan didesain dengan dua mode penyimpanan berbeda yaitu penuh dan sebagian dalam perbandingan dengan sistem non-penyimpanan. Dua skenario penyimpanan berdeda termasuk air dingin dan es diuji. Analisis thermo-ekonomi dilakukan untuk memperelajari kinerja dari sistem.

Shende [5] melakukan perencanaan sebuah *cold storage* untuk menyimpan sayuran dan buah-buahan dari hasil panen petani. Mandal [6], mengembangkan perencanaan *cold storage* serbaguna menggunakan *Software* MCS_BCKV v.1.14.1. *Software* tersebut dikembangkan untuk memperkirakan beban khusus dalam perencanaan *cold storage*, memilih elemen-elemen sistem refrigerasi seperti evaporator, kompresor, dan kondensor untuk negara berkembang.

Ahamed, dkk. [7] telah melakukan penelitian tentang perencanaan dan pembuatan *cold storage* menggunakan metode material perubah fasa (PCM). Perubahan fasa yang digunakan dalam metode tersebut adalah

perubahan fasa padat-cair. Dan bahan yang digunakan sebagai perubah fasa tersebut adalah etilen glikol.

Kiryanto dan Supriyanto [8] telah menganalisa secara teknis dan ekonomis perencanaan sistem pendingin ruang palkah ikan dengan sistem kompresi uap menggunakan Refrigerant-22 (Monokloro Difluro Metana). Hal yang sama juga dilakukan oleh Hutapea dan Prayogi [9] melakukan studi perencanaan *cold storage* ikan laut di Tanjung Balai Karimun dimana perencanaan yang dilakukan meliputi penentuan kapasitas, menghitung beban pendingin, merancang desain *cold storage*, dan menganalisa nilai ekonomis dari perencanaan *cold storage*.

Isyanto dan Hidayat [10] memonitoring sistem refrigerasi di *cold storage* berbasis Scada. Sistem ini menggunakan mikrokontroler arduino sebagai pengendali utama, Relay 220 Volt sebagai sakelar dan input serta Relay 5 Volt sebagai output. LCD 20 x 4 (M2032) digunakan sebagai display untuk menampilkan hasil pembacaan suhu ruangan dan juga pembacaan tekanan pada sisi *discharge* dan *suction*. Merdiagung, dkk., [11] memodifikasi kinerja *cold storage* 10 ton menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Modifikasi dilakukan pada distribusi temperatur dan kecepatan fluida antara *cold storage* yang dimodifikasi dan konvensional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2019 sampai selesai. Lokasi dilangsungkannya penelitian ini dilakukan di *cold storage* milik PT. Komira yang bertempat di Oeba, Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini dilaksanakan dengan bantuan perangkat lunak dalam merancang *cold storage* untuk pembekuan ikan. Dimana, perangkat lunak yang dimaksud adalah Coolselector®2 versi 3.6.1. Perancangan pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas refrigerasi yang akan dilayani oleh

evaporator sekaligus “*performance detail*” sistem pendingin yang dirancang (Tabel 1).

Tabel 1. Data Penelitian

No	Data Awal Penelitian	Besarnya	
1	Dimensi ruangan	Panjang	12 m
		Lebar	11 m
		Tinggi	3,5 m
2	Kapasitas <i>cold storage</i>	100 Ton	
3	Dinding <i>polyurethane</i>	Tebal	100 mm
4	Temperatur	Ruangan	-25°C
		Lingkungan	35°C
		Evaporasi	-32°C
		Lantai	10°C
5	Kelembaban udara	Ruangan	85%
		Lingkungan	55%
6	2 buah <i>fan</i>	1580 W	
7	<i>Heater defrost</i>	<i>Coil</i>	7000 W
		<i>Drip tray</i>	2000 W
8	Pekerja	4 Orang	

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur *subcooling* dan *superheat* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja dari sistem pendingin yang dirancang. Temperatur *subcooling* dan *superheat* divariasikan dengan tingkat yang berbeda-beda. Untuk temperatur *superheat*, divariasikan pada tingkat 8K, 9K, 10K, 11K, 12K dengan temperatur *subcooling* dianggap konstan pada tingkat 3K. Sedangkan, untuk temperatur *subcooling*, divariasikan pada tingkat 3K, 4K, 5K, 6K, 7K dengan temperatur *superheat* dianggap konstan pada 5K.

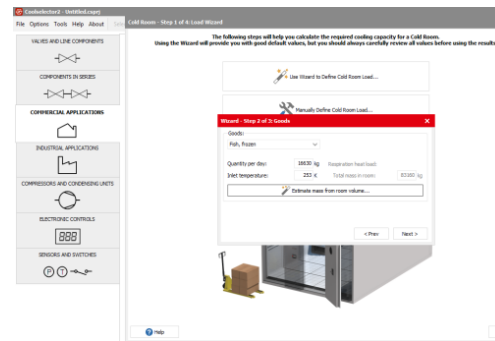
Data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari lokasi penelitian (Tabel 1), yaitu di *cold storage* milik PT. Komira yang bertempat di Oeba, Kupang. Data penelitian ini berkaitan dengan kondisi dalam dan luar ruangan *cold storage*. Penggunaan refrigeran sistem pendingin disesuaikan dengan pengaplikasian untuk industri komersial.

Refrigeran yang digunakan tersebut adalah R404A.

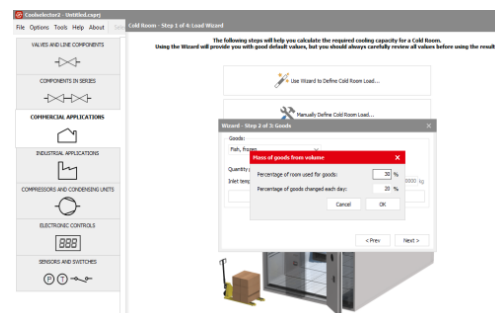
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dilakukan untuk mengetahui *cooling capacity* ruangan *cold storage* sekaligus kondisi komponen mesin pendingin yang digunakan (Gambar 1 hingga Gambar 7). Ruang *cold storage* memiliki panjang 12 m, lebar 11 m dan tinggi 3,5 m. Temperatur lingkungan dan lantai masing-masing adalah 30°C (303 K) dan 10°C (283 K) serta kelembaban relatif udara lingkungan adalah 55%. Produk makanan yang disimpan dalam *cold storage* adalah ikan beku. Jumlah ikan yang masuk per hari diperkirakan sebesar 16630 kg dengan temperatur *inlet* ikan adalah -20°C (253 K). Persentase ruangan yang digunakan untuk menyimpan produk ikan diperkirakan 30% dan produk ikan yang ditukar perhari sebesar 20%.

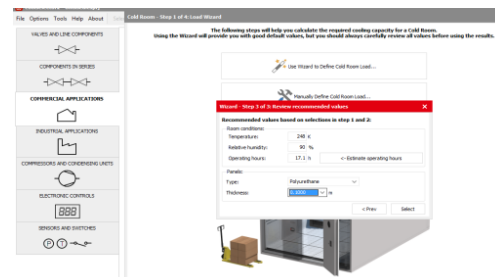
Lampu yang digunakan pada ruangan *cold storage* memiliki kapasitas 1421 W dan fan evaporator berjumlah dua buah dengan kapasitas 1580 W. *Defrost* dilakukan sebanyak enam kali tiap 30 menit dengan menggunakan listrik. Daya listrik *defrost* sebesar 8125 W. Temperatur ruangan yang digunakan untuk menyimpan produk ikan sebesar -25°C (248 K) dan kelembaban relatif ruangan adalah 90%. Jenis panel insulasi yang digunakan adalah *Polyurethane* dengan tebal panel 100 mm. Unit kondensasi yang digunakan pada mesin pendingin adalah jenis "Optima™" dengan refrigeran R404A sebagai fluida kerjanya.



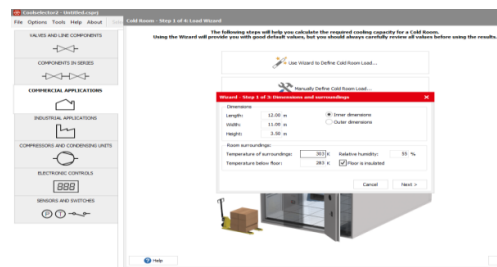
Gambar 2. Produk ikan yang disimpan



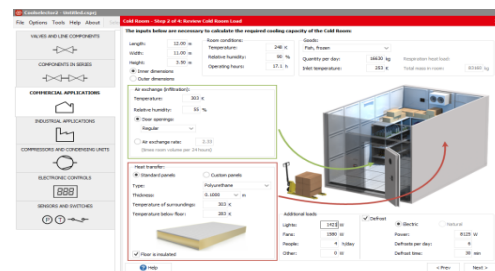
Gambar 3. Jumlah produk ikan yang disimpan



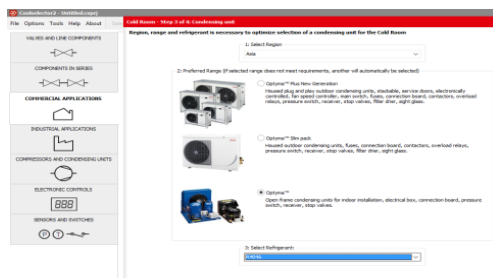
Gambar 4. Kondisi dalam ruangan



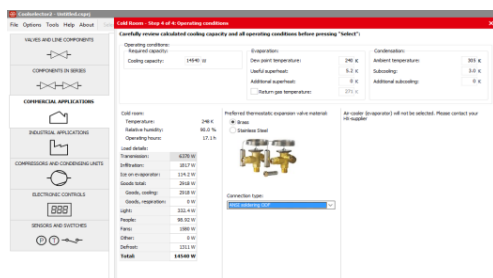
Gambar 1. Perhitungan dimensi dan lingkungan ruangan



Gambar 5. Beban pendinginan ruangan



Gambar 6. Pemilihan unit kondensasi dan refrigeran



Gambar 7. Total cooling capacity ruangan

Tabel 2. Spesifikasi unit kondensasi

Model	OP-LGHE215NTA02D
Code Number	114X5680
Compressor Model	NTZ215-4
Product Range	Optyma™
Product Version	A02
Refrigerant	R404A
Cooling (W)	14580
COP Cooling (W/W)	1.46
Total Power (W)	9969
Total Current (A)	16.02
Frequency (Hz)	50
Power Supply	380-400 V 3 ph
T _c (K)	324
Match	100%

Cooling capacity ruangan cold storage hasil perancangan sebesar 14540 W (Tabel 2). Pada hasil perhitungan cooling capacity, juga terdapat pemilihan material “thermostatic expansion valve”. Dimana, material yang diajukan tersebut diantaranya kuningan dan

stainless steel. Pada proses perancangan, dipilih material kuningan dengan tipe koneksi “ANSI Soldering ODF”. Pemilihan komponen mesin pendingin dapat dilihat setelah perkiraan cooling capacity ini dilakukan. Unit kondensasi yang dipilih berdasarkan pada cooling capacity ruangan yang telah ditentukan. Kompresor yang digunakan adalah jenis kompresor reciprocating (torak) seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi kompresor

Model	NTZ215-4B
Technology	Reciprocating
Configuration	Single
Refrigerant	R404A
Capacity Control	Fixed Speed
Speed (rpm)	2900
Cooling (W)	13640
COP Cooling (W/W)	1.51
Heating (W)	22660
COP Heating (W/W)	2.51
Power (W)	9013
Current (A)	14.05
Frequency (Hz)	50
Power Supply	380-400 V (415 V) 3 ph
Mass Flow	0.1484

Tabel 4. Spesifikasi katup ekspansi

Code Number	067B3238
MOP Point (°F)	60
Temperatur Range (°C)	(-40) - 10
Equalization Connection Type	FLARE

Tabel 5. Kondisi evaporator

Cooling Capacity	14540 W
Dew Point Temperature	240 K
Air Inlet Temperature	248 K
Mean Temperatur Difference	8.4 K
Estimated Fan Power	1580 W
Estimated Defrost Power	8125 W

Pemilihan katup ekspansi dapat dilihat pada menu “*Components in series*” pada sistem “*Dry*”. Elemen katup ekspansi yang dipilih adalah TE (Tabel 4). Evaporator merupakan salah satu komponen mesin pendingin yang memegang peran penting dalam mengatur suhu ruangan sesuai dengan beban pendinginan ruangan. Maka dari itu, kondisi evaporator yang sesuai dengan *cooling capacity* ruangan menjadi suatu parameter penting dalam pemilihan evaporator (Tabel 5).

KESIMPULAN

Dari hasil desain dan analisis kinerja *cold storage* yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas pendinginan (*cooling capacity*) yang dibutuhkan untuk mendinginkan ruangan *cold storage* sesuai hasil desain menggunakan *software Coolselector®2* adalah 14,54 kW. Pemilihan komponen mesin refrigerasi berdasarkan pada kapasitas pendinginan hasil desain. Unit kondensasi yang dipilih sesuai kapasitas pendinginan yang tersedia adalah jenis Optima™ dengan model “OP-LGHE215NTA02D” dan kompresor yang digunakan adalah jenis *reciprocating*. Versi *controller* yang digunakan sesuai dengan unit kondensasi yang dipilih adalah AK-RC 103, 3 phase, 3 kW compressor, 4.5 to 6.3 A total. Elemen katup ekspansi yang dipilih adalah TE 5 dengan nomor kode “067B3238”.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arora, C.P., 2009, *Refrigeration and Air Conditioning*, Third Edition, Tata McGraw-Hill, New Delhi.
- [2]. Siagian, S., 2015, Analisa Karakteristik Unjuk Kerja Kondensator pada Sistem Pendingin Air Conditioning yang Menggunakan Freon R134a Berdasarkan pada Variasi Putaran Kipas Pendingin, *Bina Teknik*, Vol. 11, No. 2, hal. 124-130.
- [3]. Yan, G., Liu, Y., Qian, S., & Yu, J., 2019, Theoretical Study on a Vapor Compression Refrigeration System with Cold Storage for Freezer Applications, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 160, pp. 1-6.
- [4]. Shaibani, A. R., Keshtkar, M. M., and Sardari, P. T., 2019, Thermo-Economic Analysis of a Cold Storage System in Full and Partial Modes with Two Different Scenarios: a Case Study, *Journal of Energy Storage*, Vol. 24, pp. 1-11.
- [5]. Shende, S. M., 2018, Design of Cold Storage, *International Research Journal of Engineering and Technology*, Vol. 5, pp. 262-265.
- [6]. Mandal, D., 2014, Development of a Multipurpose Cold Storage Design Software MCS_BKV v.1.14.1, *International Journal of Engineering Science and Advanced Technology*, Vol. 4, pp. 519-535.
- [7]. Ahamed, M. M., Kannakumar, J., and Reddy, P. M., 2013, Design and Fabrication of Cold Storage Plant Using Phase Change Material (PCM). *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 2, pp. 4277-4286.
- [8]. Kiryanto, dan Supriyanto, H., 2011, Analisa Teknis dan Ekonomis Perencanaan Sistem Pendingin Ruang Palkah Ikan dengan Sistem Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran R22 (Monokloro Difluoro Metana). *Kapal*, Vol. 8, No. 1, hal. 6-15.
- [9]. Hutapea, R. I., dan Prayogi, U., 2018, Studi Perencanaan *Cold Storage* Ikan Laut di Tanjung Balai Karimun, *Prosiding Seminar Nasional Kelautan XII*, hal. D1.41-D1.49.