

PERANCANGAN SISTEM PENDINGIN SUSU BERKAPASITAS 500L DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE COOLPACK

Cleopaskah Davidson Elgogopril¹, Berkah Fajar TK², Khoiri Rozi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*Email : cleopaskah@gmail.com

Abstrak

Susu murni merupakan salah satu hasil produk pangan yang sangat mudah mengalami kerusakan yang disebabkan kontaminasi bakteri. Kontaminasi ini sendiri dapat disebabkan oleh proses pemerahan yang tidak steril ataupun proses penyimpanan susu yang tidak sesuai dengan suhu aman dari kontaminasi bakteri perusak. Suhu penyimpanan ideal pada susu merupakan salah satu faktor penentu, agar susu dapat dijaga kualitasnya. Oleh karena itu, dibutuhkan perancangan penyimpan sistem pendingin pada susu. Pada perancangan kali ini dilakukan rancangan sistem pendingin susu berkapasitas 500L secara *direct expansion method* dengan menggunakan refrigerant R290. Tujuan utama dari perancangan ini adalah untuk merancang sistem kerja pendingin susu yang ramah lingkungan dan dapat menjadi pertimbangan untuk produksi. Analisis siklus, dimensioning, dan simulasi menggunakan software CoolPack dan desain 3D pendingin susu dilakukan dengan software Solidworks. Hasil analisis dan simulasi yang didapat menunjukkan bahwa perancangan pendingin susu berkapasitas 500L dengan refrigeran R290 memiliki kapasitas pendinginan 5.07 kW dengan daya kompresor 1.533 kW. Berdasarkan hasil simulasi dan pemilihan komponen tersebut, didapatkan sistem pendingin dengan spesifikasi kompresor 1.75 kW merk Bitzer, evaporator merk BAODE PVX-45 berkapasitas 5 kW, dan kondensor 7.6 kW merk Thermocoil.

Kata Kunci: bakteri; coolpack; kontaminasi; pendingin; r290; susu

Abstract

Fresh milk is one of the food products that easily get spoiled due to bacteria contamination. The contamination caused by the unsterilized milking process or the milk storing process that is not according to the required temperature. The storage temperature becomes an important factor to keep the quality of the milk. Therefore, it is needed to design a storage cooling system for milk. The author designs the milk cooling system which can hold up to 500 liters of milk with the direct expansion method by utilizing the R290 refrigerant. The purpose of the design is to map out the working system of the milk cooling system that is environmentally friendly and could be considered for production. The dimensioning, simulation, and cycle analysis use the CoolPack software while the 3D design of the milk cooling system utilizes the Solidworks software. The results of the analysis and simulation show that the milk cooling system can hold up to 500 liters of milks with R290 refrigerant. Moreover, it has the cooling capacity of 5.07kW with the compressor power of 1.533kW. Based on the simulation result, it was found that the milk cooling system has the specification of 1.75 kW of Bitzer Compressor, BAODE PVX-45 Evaporator by 5kW and Thermocoil condenser by 7.6 Kw.

Keywords: bacteria; coolpack; contamination; refrigerant; r290; milk

1. Pendahuluan

Susu sapi murni adalah cairan yang berasal dari ambing sapi sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara pemerahan yang benar, yang kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun kecuali pendinginan. Susu dianggap sebagai makanan lengkap karena kandungan karbohidrat, protein, dan lemaknya yang melimpah. Vitamin dan mineral dalam susu sangat penting untuk menjaga dan mempertahankan

kesehatan yang optimal. Menurut statistik Organisasi Pangan dan Pertanian, total produksi susu global mencapai sekitar 703 juta metrik ton dan lebih dari 6 miliar orang mengonsumsi susu. [10]

Walaupun susu ini merupakan bahan makanan yang memiliki kandungan nutrisi tinggi serta baik bagi kesehatan, tetapi susu sangat rentan dengan adanya mikroba yang dapat merusak komposisi susu tersebut. Tingkat kerusakan susu di Indonesia masih sangat tinggi, yaitu mencapai 30 % dari total produksi. Kerusakan pada umumnya diakibatkan oleh tidak higienisnya pemerahan, serta lambatnya proses penurunan suhu susu hasil pemerahan agar perkembangan bakteri dapat ditekan.[8]

Kontaminasi bakteri pada susu dapat terjadi mulai dari proses pemerahan, pengangkutan atau transportasi, dan penyimpanan. Proses pemerahan merupakan penyebab cemaran terbesar yang tak terhindarkan, karena pada prosesnya kondisi lingkungan peternakan kurang terjaga kebersihannya. Cemaran juga dapat disebabkan selama proses pengangkutan. Hal ini terjadi jika alat transportasi yaitu "*milk can*" yang digunakan kurang bersih dan selama pengangkutan terjadi peningkatan suhu susu sampai batas suhu optimum bagi perkembangan bakteri (31°C). [7] Keadaan ini akan terus berlangsung kecuali susu dapat diturunkan dan dijaga pada suhu aman. Suhu rendah hanya dapat dicapai dengan menggunakan alat penyimpanan suhu rendah yang disebut *cooling unit*.

Pemanfaatan sistem pendinginan sangat bermanfaat untuk menghambat pertumbuhan bakteri yang ada didalam kandungan susu. Sistem pendingin/sistem refrigerasi yang banyak digunakan saat ini adalah Siklus Kompresi Uap (SKU) yang dioperasikan oleh kerja kompresor. Kompresi uap merupakan teknologi terdepan dalam dunia pendinginan, termasuk AC dan *freezer*. Masalah yang mendasar pada sistem ini adalah merancang strategi pengendalian untuk meningkatkan efisiensi dari prosesnya. Sistem refrigerasi ini dapat diperoleh melalui prinsip termodinamika atau melalui identifikasi sistem.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis ingin melakukan perancangan sistem pendingin susu menggunakan refrigeran R290 yang diharapkan dapat mengurangi dampak pemanasan global serta dapat membantu dalam menangani kualitas penyimpanan susu.

2. Metodologi Penelitian

Pada perancangan ini data-data yang digunakan untuk analisa perhitungan serta nilai input parameter pada *software* CoolPack merupakan data hasil simulasi dari *software* yang digunakan dan juga hasil asumsi. Data yang didapat pada *software* CoolPack didapatkan dengan memasukkan nilai awal yaitu beban pendingin, suhu di setiap komponen, refrigeran yang digunakan, dll. Dengan memasukkan nilai awal, maka *software* melakukan perhitungan sehingga muncul data-data yang kemudian akan digunakan untuk menentukan katalog produk.[5] Penjelasan mengenai metode pengambilan data secara lebih rinci dijelaskan pada bagian berikut:

2.1. Beban Pendingin

Perancangan ini diharapkan merancang sistem pendinginan dengan kapasitas pendingin sebesar 4.884 kW.[1] Beban pendingin pada perancangan ini digunakan untuk memasukkan nilai

awal pada *software* CoolPack dan mencari data katalog yang sesuai dengan beban yang di inginkan. Dengan memasukkan nilai dari beban pendingin yang terdapat pada *software* CoolPack, maka nilai dari daya kompresor, entalpi, laju aliran massa, perpindahan panas kompresor, dll dapat diketahui.

- Susu Murni : 500l
- Kalor Jenis Susu : 3,94 Kj/Kg °C
- Massa Jenis Susu : 1030 Kg/M³
- Durasi Pendinginan : 3 Jam
- Suhu Awal : 28 °C
- Suhu Akhir : 2 °C

$$\dot{Q} = \dot{m} \times C \times \Delta T \quad [4]$$

$$\dot{Q} = (0.04629 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1030 \text{ Kg/m}^3) \cdot (3,94 \text{ kJ/Kg } ^\circ\text{C}) \cdot (28-2) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q}_{\text{susu}} = 4.8842 \text{ kW}$$

2.2. Analisis Siklus Refrigerasi Pendingin Susu

Pada tahap awal, dilakukan analisis siklus refrigerasi dengan menggunakan *software* CoolPack dengan memasukkan beberapa variable yang akan diproses pada perangkat lunak CoolPack. Variabel yang dimasukan seperti kapasitas pendinginan (\dot{Q}_E), efisiensi LSHX, jenis refrigeran, efisiensi isentropis kompresor, suhu evaporator (T_E), suhu kondenser (T_C), *pipe pressure loss* (ΔP_{SL} dan ΔP_{DL}), perbedaan suhu *subcooling* (ΔT_{SC}), dan perbedaan suhu *superheat* (ΔT_{SH}). Pengisian variabel dapat dilihat pada Gambar 1

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES	
T_E [°C]:	-5.0	ΔT_{SH} [K]:	5
T_C [°C]:	45.0	ΔP_{SL} [K]:	0.5
		ΔP_{DL} [K]:	0.5
SUCTION GAS HEAT EXCHANGER			
No SGHX		0.30	
REFRIGERANT			
R290			
CYCLE CAPACITY			
Cooling capacity \dot{Q}_E [kW]	4.884	\dot{Q}_E : 4.884 [kW]	\dot{Q}_C : 6.511 [kW]
		\dot{m} : 0.01864 [kg/s]	\dot{V}_S : 7.89 [m ³ /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency η_{is} [-]	0.7	η_{is} : 0.700 [-]	\dot{W} : 1.756 [kW]
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor f_Q [%]	10	f_Q : 10.0 [%]	T_2 : 63.6 [°C]
		\dot{Q}_{LOSS} : 0.1756 [kW]	
SUCTION LINE			
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]	1.0	\dot{Q}_{SL} : 37 [W]	T_8 : 1.0 [°C]
		$\Delta T_{SH,SL}$: 1.0 [K]	

Calculate	Print	Help	Home	Auxiliary	State Points	COP: 2.781	COP*: 2.802
-----------	-------	------	------	-----------	--------------	------------	-------------

Gambar 1. Pengisian Variabel Siklus Refrigerasi

2.3. Dimensioning Komponen Sistem Refrigerasi

Pada tahap ini, dilakukan dimensioning dimana dilakukan perhitungan ukuran komponen dari kriteria dimensi umum. Pada tahap sebelumnya, pemasukkan nilai awal hanya terdapat pada spesifikasi seluruh sistem secara langsung, dimana pada tahap ini pemasukkan nilai awal dispesifikasi ke setiap komponen sistem refrigerasi seperti kompresor, kondensor, dan evaporator.

Perhitungan pada tahap ini juga dipengaruhi oleh pipa penghubung, dimana pada sistem aktual akan memiliki efek yang cukup signifikan terhadap performa sistem. Selain itu, suhu, jenis, dan *cooling/heating* fluida eksternal untuk evaporator dan kondensor juga harus ditentukan.

Pada tahap ini terdapat pemilihan kompresor, evaporator, dan kondensor dengan menggunakan katalog. Kita dapat menyesuaikan katalog dengan menggunakan hasil yang didapat dari dimensioning. Terdapat juga ukuran untuk pipa penghubung yang akan digunakan.

2.4. Penentuan Produk Berdasarkan Data Katalog

Tahap ini melakukan pencarian produk yang beredar di pasaran dengan spesifikasi yang telah ditentukan pada tahap dimensioning untuk mencapai target dari kinerja sistem pendingin. Data pada dimensioning menjadi acuan dalam pencarian komponen dengan spesifikasi minimum yang dibutuhkan dalam sistem pendingin.

Apabila di pasaran tidak ada komponen yang tersedia dengan kriteria yang telah dihitung maka dapat memilih komponen dengan spesifikasi yang lebih besar dari spesifikasi yang dibutuhkan. Contohnya ketika mencari kondenser dengan kapasitas pendinginan target 30 kW namun di pasaran tersedia varian 25 kW dan 35 kW maka yang dipilih adalah varian 35 kW. Pemilihan komponen dilakukan dengan spesifikasi yang mendekati dari desain sistem pendinginan agar dapat mengoptimalkan rancangan dari segi biaya

2.5. Pembuatan Desain Komponen Dengan Solidwork

Tahap ini dilakukan dengan menggambar desain dari komponen yang akan disusun pada rancangan sistem pendingin dengan menggunakan perangkat lunak Solidwork 2021. Gambar mesin komponen akan menggambarkan ukuran, bahan penyusun, serta perakitan dari setiap komponen pada sistem pendingin.[3] Dari gambar ini dapat menjadi acuan dalam pembuatan komponen penyusun dari sistem pendingin susu yang dirancang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Siklus Refrigerasi Menggunakan Software CoolPack

Pada perancangan sistem refrigerasi menggunakan *software* CoolPack, tools yang digunakan yaitu Cooltools Cycle Analysis dengan konfigurasi one stage cycle. Perancangan ini menargetkan kapasitas pendinginan sebesar 4,884 kW. Tujuan dilakukannya analisis siklus adalah untuk mengetahui performa sistem refrigerasi yang dirancang secara optimal. Adapun sistem refrigerasi dan pengkondisian udara yang direncanakan sebagai berikut

CYCLE SPECIFICATION					
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES		SUCTION GAS HEAT EXCHANGER	
T_E [°C]:	-5.0	ΔT_{SH} [K]:	5	ΔP_{SL} [kPa]:	0.5
T_C [°C]:	45.0	ΔT_{SC} [K]:	2	ΔP_{OL} [kPa]:	0.5
				No SGHX	0.30
REFRIGERANT					
R290					
CYCLE CAPACITY					
Cooling capacity \dot{Q}_E [kW]	4.884	\dot{Q}_E : 4.884 [kW]	\dot{Q}_C : 6.511 [kW]	\dot{m} : 0.01864 [kg/s]	\dot{V}_S : 7.89 [m ³ /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE					
Isentropic efficiency η_{IS} [-]	0.7	η_{IS} : 0.700 [-]	\dot{W} : 1.756 [kW]		
COMPRESSOR HEAT LOSS					
Heat loss factor f_Q [%]	10	f_Q : 10.0 [%]	T_2 : 63.6 [°C]	\dot{Q}_{LOSS} : 0.1756 [kW]	
SUCTION LINE					
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]	1.0	\dot{Q}_{SL} : 37 [W]	T_B : 1.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$: 1.0 [K]	

Calculate	Print	Help	Home	Auxiliary	State Points	COP: 2.781	COP*: 2.802
-----------	-------	------	------	-----------	--------------	------------	-------------

Gambar 2. Input Data Pembuatan Siklus Refrigerasi

3.1. Dimensioning Sistem Refrigerasi

Tahap ini akan menentukan ukuran komponen yang dibutuhkan dalam merancang sistem pendingin susu.

3.1.1. Kompresor

Hasil dimensioning pada *software* CoolPack yaitu kompresor yang diperlukan berdaya 1,712 kW dengan efisiensi 70%. Perhitungan daya evaporator katalog dengan bernilai 5,20 kW dengan kondisi suhu evaporator -5 derajat celsius, suhu kondenser 40 derajat celsius, suhu suction gas 20 derajat celsius, dan efisiensi volumetrik sebesar 0,8.

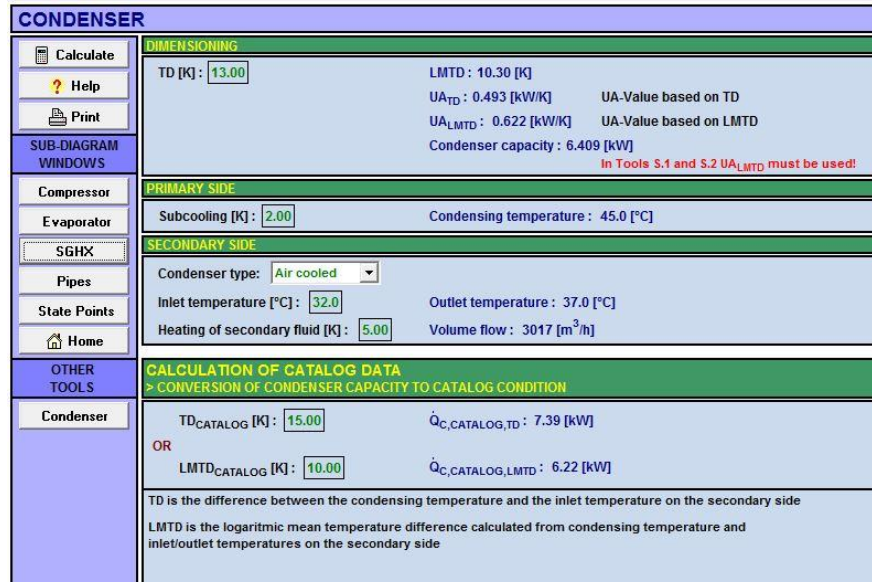
COMPRESSOR	
Calculate Help Print SUB-DIAGRAM WINDOWS Evaporator Condenser SGHX Pipes State Points Home OTHER TOOLS Compressor	COMPRESSOR PERFORMANCE Isentropic efficiency η_{IS} : Above average η_{IS} : 0.700 [-] \dot{W} : 1.707 [kW] \dot{V}_S : 7.71 [m ³ /h] If "User Defined" is selected, then $\eta_{IS,USER}$ must be specified
	COMPRESSOR HEAT LOSS Heat loss factor f_Q [%]: 10 f_Q : 10.0 [%] \dot{Q}_{LOSS} : 0.1707 [kW] T_2 : 61.6 [°C]
	CALCULATION OF CATALOG DATA > CONVERSION OF REFRIGERATING CAPACITY TO COMPRESSOR CATALOG CONDITION $T_{E,CATALOG}$ [°C]: -5.0 $\dot{Q}_{E,CATALOG}$: 5.20 [kW] $T_{C,CATALOG}$ [°C]: 40.0 $T_{S,CATALOG}$ [°C]: 20.0 (Suction gas temperature) Volumetric efficiency η_{VOL} [-]: 0.800 $\dot{V}_{D,CAT}$ [m ³ /h]: 10.55

Gambar 3. Dimensioning Kompresor

Berdasarkan pencarian kompresor dengan melihat katalog produk yang beredar di pasaran serta kalkulasi data katalog maka dipilih Semi-hermetic Reciprocating Compressors (Bitzer) model 2FESP-2P. Kompresor ini membutuhkan daya listrik sebesar 1,75 kW dengan kapasitas pendinginan yang dihasilkan sebesar 5,35 kW.

3.1.2. Kondenser

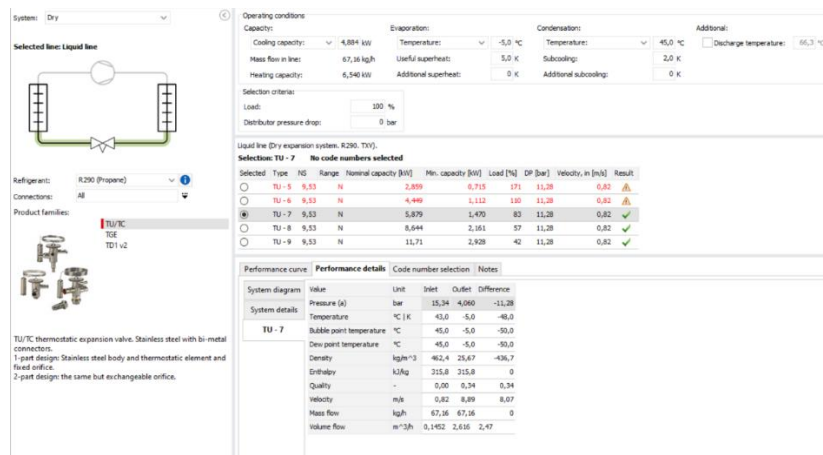
Hasil dimensioning pada *software* CoolPack yaitu kondenser yang dibutuhkan pada perancangan sistem pendingin yaitu berkapasitas pendingin sebesar 6,401 kW. Pemilihan kondenser berdasarkan katalog dengan TD katalog sebesar 15 k memiliki kapasitas pendingin sebesar 7,39 kW. Unit yang dipilih berdasarkan katalog kondenser adalah *Thermocoil* tipe 035.1-11-C-N. Kondenser ini memiliki kapasitas sebesar 7,6 kW



Gambar 4. Dimensioning Kondenser

3.1.3. Katup Ekspansi

Pemilihan katup ekspansi berdasarkan kapasitas pendinginan dari setiap circuit pada evaporator. Pemilihan katup ekspansi berawal dengan memasukkan rancangan sistem refrigerasi ke dalam perangkat lunak Coolselector dengan berbagai parameter seperti suhu evaporator, suhu kondenser, subcooling, jenis refrigeran, tipe katup ekspansi.[2] Untuk masukan pada perangkat lunak Coolselector ada pada Gambar 5

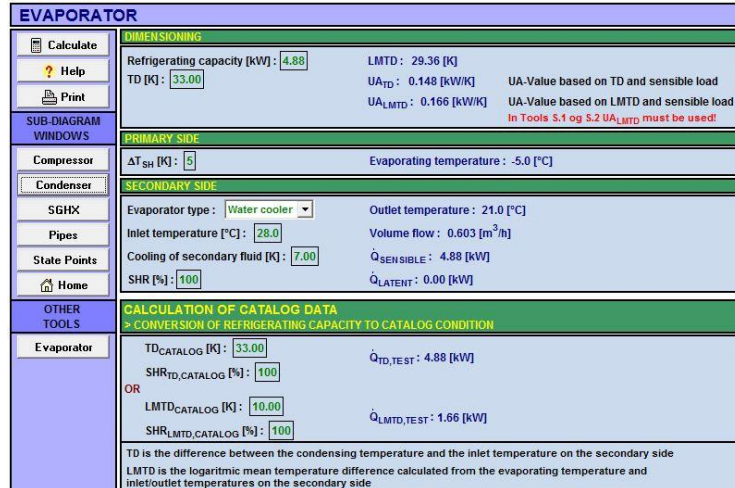


Gambar 5. Input Data Pada Coolselector

Katup ekspansi yang dipilih adalah Danfoss TU-7 dengan nominal capacity 5,879 kW.

3.1.4. Evaporator

Pada bagian *calculation of catalog data*, nilai awal yang dimasukkan adalah $TD_{CATALOG}$ atau perbedaan suhu evaporasi dengan suhu fluida sekunder pada evaporator. Perhitungan data katalog menunjukkan berapa kapasitas pendinginan yang dibutuhkan pada perbedaan suhu tersebut. Pada bagian ini, $TD_{CATALOG}$ dimasukkan berdasarkan dari hasil pemilihan katalog evaporator dengan ΔT sebesar 33°C .



The screenshot shows the 'EVAPORATOR' software interface. It is divided into several sections:

- DIMENSIONING:** Refrigerating capacity [kW]: 4.88, LMTD: 29.36 [K], TD [K]: 33.00, UA_{TD}: 0.148 [kW/K], UA_{LMTD}: 0.166 [kW/K].
- PRIMARY SIDE:** ΔT_{SH} [K]: 5, Evaporating temperature: -5.0 [°C].
- SECONDARY SIDE:** Evaporator type: Water cooler, Outlet temperature: 21.0 [°C], Inlet temperature [°C]: 28.0, Volume flow: 0.603 [m³/h], Cooling of secondary fluid [K]: 7.00, Q_{SENSIBLE}: 4.88 [kW], SHR [%]: 100, Q_{LATENT}: 0.00 [kW].
- CALCULATION OF CATALOG DATA:** Conversion of refrigerating capacity to catalog condition. TD_{CATALOG} [K]: 33.00, Q_{TD,TEST}: 4.88 [kW], SHR_{TD,CATALOG} [%]: 100, OR LMTD_{CATALOG} [K]: 10.00, Q_{LMTD,TEST}: 1.66 [kW], SHR_{LMTD,CATALOG} [%]: 100.

Notes: TD is the difference between the condensing temperature and the inlet temperature on the secondary side. LMTD is the logarithmic mean temperature difference calculated from the evaporating temperature and inlet/outlet temperatures on the secondary side.

Gambar 6. Dimensioning Evaporator

Berdasarkan hasil pencarian, didapatkan evaporator dengan merek BAODE PVX-45 dengan beban pendingin 5 kW yang bekerja pada suhu minimal -20°C dan suhu maksimal 100°C .

3.1.4. Dimensioning Pipa Penghubung

Pemilihan pipa berdasarkan kecepatan alir minimum refrigeran yang ada pada sistem perancangan. Hasil perhitungan untuk tiap pipa terdapat pada Gambar 7a, 7b, 7c

a. Suction Line

Merupakan sambungan pipa yang menghubungkan antara keluarnya refrigeran dari evaporator dan menuju kompresor.[9] Dinamakan suction karena terdapat sisi hisap masuk ke kompresor. Ukuran dari suction line umumnya lebih besar dari sambungan pipa yang lainnya dan terdapat insulasi untuk menghindari terjadinya perpindahan panas atau superheating yang tidak diinginkan yang biasa disebut juga dengan unuseful superheating. Refrigeran yang berada pada pipa ini merupakan refrigeran berbentuk uap dengan suhu rendah dan tekanan rendah.

b. Liquid Line

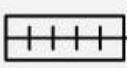
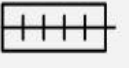
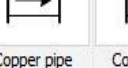





Merupakan sambungan pipa yang menghubungkan antara saluran keluar komponen kondensor dengan komponen alat ekspansi.[6] Pada *software* CoolPack terdapat 2 liquid line karena kita dapat mengasumsikan adanya SGHX (Suction Gas Heat Exchanger) atau tidak. Pada perancangan ini diasumsikan tidak menggunakan SGHX.

Pipa liquid memiliki panjang 0,8 meter. Bahan yang digunakan adalah tembaga dengan kecepatan alir sebesar 0,77 meter per detik. Penurunan tekanan pada pipa discharge sebesar 0,002 bar.

c. Discharge Line

Merupakan pipa keluar kompresor dan menghubungkan antara kompresor dengan kondensator. Pada pipa penghubung ini, tidak terdapat insulasi karena jarak yang dekat antara kompresor dengan kondensator

Pipa discharge memiliki panjang 0,5 meter. Bahan yang digunakan adalah tembaga dengan kecepatan alir sebesar 6,26 meter per detik. Penurunan tekanan pada pipa discharge sebesar 0,004 bar.

Evaporator	Condenser		Compressor
			
Copper pipe ANSI XHP 90 7/8	Copper pipe ANSI XHP 90 3/8	Copper pipe ANSI XHP 90 3/8	Copper pipe ANSI XHP 90 1/2
DP distribution: 100%	DP distribution: 50%	DP distribution: 50%	DP distribution: 100%
Length [m]: 1.30	Length [m]: 0.40	Length [m]: 0.40	Length [m]: 0.50
Angle [deg]: 0	Angle [deg]: 0	Angle [deg]: 0	Angle [deg]: 0
DP [bar]: 0.002	DP [bar]: 0.002	DP [bar]: 0.002	DP [bar]: 0.004
DT_sat [K]: 0.0	DT_sat [K]: 0.0	DT_sat [K]: 0.0	DT_sat [K]: 0.0
Velocity, in [m/s]: 6.91	Velocity, in [m/s]: 0.77	Velocity, in [m/s]: 0.77	Velocity, in [m/s]: 6.26
Valve state: -	Valve state: -	Valve state: -	Valve state: -
Connection: OK	Connection: OK	Connection: OK	Connection: OK
Result: 	Result: 	Result: 	Result: 

(a)

(b)

(c)

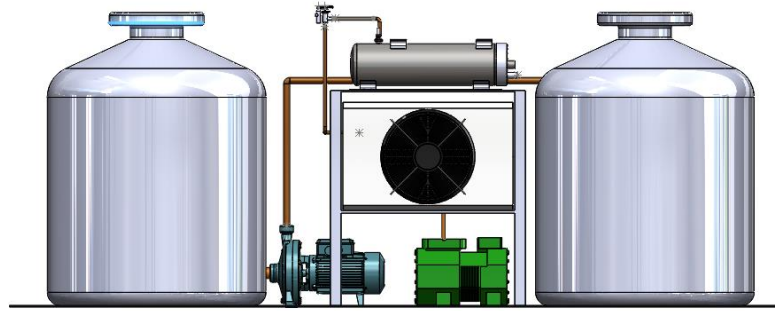
Gambar 7. Suction Line (a), Liquid Line (b), Discharge Line (c)

3.2. Perwujudan Rancangan Sistem Pendingin Susu

Setelah melakukan analisis siklus, dimensioning, dan simulasi dengan menggunakan *software* CoolPack lalu menentukan katalog produk yang sesuai dengan perhitungan, lalu desain dibuat pada *software* CAD (Computer Aided Design) agar dapat diperlihatkan bentuk dari prototype perancangan sistem pendingin susu yang sudah di-assembly.

Desain dan juga assembly prototype perancangan pendingin susu menggunakan *software* SolidWorks 2020. *Software* SolidWorks dipilih karena merupakan salah satu *software* CAD yang paling umum digunakan di industri dan penggunaannya cenderung mudah. Pembuatan desain di SolidWorks menyesuaikan dengan dimensi pada katalog produk yang telah di tentukan.

Gambar 8 menunjukkan hasil dari desain 3D dari sistem pendingin susu menggunakan *software* SolidWorks 2020.



Gambar 8. Desain 3D Sistem Pendingin Susu

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis siklus refrigerasi, dimensioning pada setiap komponen, dan simulasi pada perancangan sistem pendingin susu menggunakan refrigeran R290, dapat ditarik kesimpulan berdasarkan perancangan:

1. Jenis refrigeran = R290
2. Evaporator
 - a. Merk = BAODE PVX-45
 - b. Kapasitas pendinginan= 5 kW
 - c. Water Flow= 2 m³/h
 - d. Shell Material= PVC
3. Kondensor
 - a. Merk = Thermocoil tipe 035.1-11-C-N
 - b. Kapasitas = 7.6 kW
 - c. Dimensi (P x L x T) = 646 mm x 750 mm x 562 mm
4. Kompresor
 - a. Merk = Bitzer 2FESP-2P
 - b. Daya kompresor = 1.75 kW
 - c. Dimensi (P x L x T) = 343 mm x 202 mm x 273 mm
5. Katup ekspansi
 - a. Merk = Danfoss TU-7
 - b. Kapasitas = 5.879 kW
6. Pipa
 - a. Discharge line
 - Dimensi = Copper pipe 90 1/2 inch
 - Panjang = 0.5 meter
 - b. Suction line
 - Dimensi = Copper pipe 90 7/8 inch
 - Panjang = 1 meter

- Insulasi = Armaflex
 - Tebal insulasi = 25 mm
- c. Liquid line
- Dimensi = Copper pipe 90 3/8 inch
 - Panjang = 0.8 meter
 - Insulasi = Armaflex
 - Tebal insulasi = 10 mm

Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi, dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin susu dengan beban pendingin 4.884 kW menghasilkan kapasitas pendinginan 5.07 kW, menghasilkan kapasitas kondensor 6.45 kW, dan membutuhkan daya kompresor sebesar 1.533 kW.

Daftar Pustaka

- [1] Boby Wisely Ziliwu, Juniawan Preston Siahaan, and Uriandi (2020) 'PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN PADA SISTEM REFRIGERASI AIR BLAST FREEZER', *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 6.
- [2] Danfoss (2019) 'Coolselector 2 User guide', in. engineering tomorrow..
- [3] Dassault Systemes (2015) 'INTRODUCING SOLIDWORKS', in. 175 Wyman Street, Waltham, Mass. 02451 USA.: Dassault Systèmes SolidWorks Corporation.
- [4] Michael J. Moran & Howard N. Shapiro (2006) *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. 5th edn. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.
- [5] Morten Juel Skovrup *et al.* (2011) 'CoolPack tutorial', in
- [6] Ricky G and Ega T. Berman (2018) 'Bahan Ajar AC Room', in. JPTM-FPTK UPI.
- [7] Suparlan, A. Nurhasanah dan U. Budiharti (2007) 'DUKUNGAN TEKNOLOGI MEKANISASI PADA PENGOLAHAN SUSU UNTUK SKALA USAHA KECIL MENENGAH'
- [8] Supriyanto dan Uning Budiharti (2009) 'PENGEMBANGAN CHILLER SUSU DENGAN PENUKAR PANAS TIPE SIRIP', *AGRITECH*, 29.
- [9] Trane (2011) 'Air Conditioning Clinic - Refrigerant Piping One of the Fundamental Series', *Trane* [Preprint].
- [10] Yadav, K. and Sircar, A. (2019) 'Application of low enthalpy geothermal fluid for space heating and cooling, honey processing and milk pasteurization', *Case Studies in Thermal Engineering*, 14, p. 100499.