

PERANCANGAN SISTEM *HEAT EXCHANGER* TIPE *FINNED TUBE* DENGAN FLUIDA R-134a MENGGUNAKAN *SOFTWARE ENGINEERING EQUATION SOLVER*

*Fajar Ramadhani¹, Berkah Fajar Tamtomo Kiono², Khoiri Rozi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: fajarramadhan444@gmail.com

Abstrak

Heat exchanger adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fasa suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah. Perancangan heat exchanger diperlukan untuk mendapatkan sebuah dimensi heat exchanger sesuai dengan yang diinginkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang heat exchanger dengan jenis finned tube yang dapat diaplikasikan pada sistem pendingin dan sesuai dengan parameter yang akan dirancang. Fluida kerja yang digunakan adalah R-134a. Metode yang digunakan adalah dengan simulasi numerik dengan bantuan perangkat lunak Engineering Equation Solver. Persamaan yang digunakan akan diinput kedalam perangkat lunak EES. Dari hasil pembahasan dengan input udara lingkungan dan temperatur fluida yang ditentukan didapatkan dimensi dari kondensor dan evaporator. Pada kondensor didapatkan dimensi berupa total panjang tabung yaitu 30,034 m, total jumlah tabung yaitu 39 tabung, dan luas total perpindahan panas pada kondensor sebesar 10,0191 m². Pada evaporator didapatkan dimensi berupa total panjang tabung yaitu 30,474 m, total jumlah tabung yaitu 40 tabung, dan luas total perpindahan panas pada evaporator sebesar 10,2531m².

Kata kunci : evaporator; *finned tube*; *heat exchanger*; kondensor

Abstract

Heat exchanger is a heat exchanger that functions to change the temperature and phase of a type of fluid. This process occurs by utilizing the heat transfer process from high-temperature fluids to low-temperature fluids. The design of the heat exchanger is needed to get a heat exchanger dimension as desired. The purpose of this study is to design a heat exchanger with a type of finned tube that can be applied to the cooling system and in accordance with the parameters to be designed. The working fluid used is R-134a. The method used is by numerical simulation with the help of Engineering Equation Solver software. The equation used will be inputted into the EES software. The equation used will be inputted into the EES software. From the results of the discussion with the input of environmental air and the specified fluid temperature, dimensions of the condenser and evaporator are obtained. In the condenser, dimensions are obtained in the form of a total tube length of 30.034 m, a total number of tubes of 39 tubes, and a total area of heat transfer in the condenser of 10.0191 m². In the evaporator, dimensions are obtained in the form of a total tube length of 30.474 m, a total number of tubes of 40 tubes, and a total area of heat transfer on the evaporator of 10.2531 m².

Keywords : *aquaculture*; *computational fluid dynamics*; *paddlewheel aerator*; *vannamei*

1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia terus meningkat, terutama untuk mendapatkan suhu ruangan yang lebih dingin dari lingkungan sekitarnya. Salah satu penggunaan teknik pendinginan untuk mendinginkan dan mengeluarkan panas dari ruangan atau Heating, Venting, and Air Conditioning [1]. Kondisi iklim Indonesia yang tropis menyebabkan udara nyaman bagi masyarakat dianggap sebagai suatu kebutuhan primer. Hal ini dibuktikan semakin banyak masyarakat Indonesia yang memiliki peralatan pendingin ruangan maupun refrigerasi, dimana pada tahun 2019 diperkirakan sebanyak 20 juta unit AC residential telah terpasang di rumah tangga. Heat exchanger adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fasa suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan proses perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah[2]. Heat exchanger adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mentransfer kalor dari exchanger secara konveksi [3]. Peralatan pendingin/mesin pendingin memiliki beberapa bagian, yaitu kompresor, oil separator, kondensor, Dryer, katup ekspansi, dan evaporator. Salah dua komponen yang terdapat pada mesin pendingin ruangan yaitu evaporator dan kondensor. Fungsi dari kedua komponen tersebut adalah untuk menguapkan cairan atau memekatkan larutan dengan menguapkan sebagian pelarut, dan terkadang terdapat kristalisasi disitu [4]. Perancangan heat exchanger tidak lepas dari yang namanya simulasi[5]. Terdapat banyak software simulasi yang bisa dengan mudah didapatkan dan digunakan[6]. Engineering Equation Solver merupakan salah satu software yang memiliki fungsi dasar untuk memecahkan persamaan aljabar.

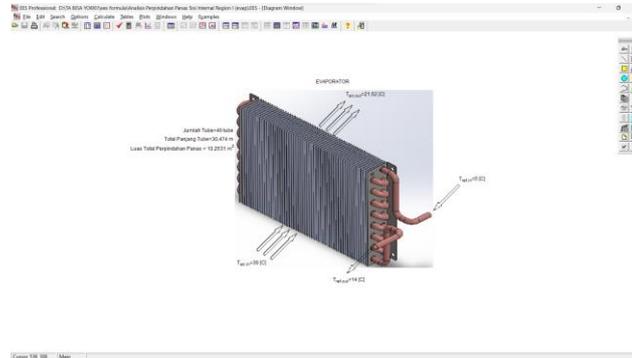
2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan analisis perancangan *compact heat exchanger* menggunakan perangkat lunak EES dengan keluaran berupa dimensi dan geometri serta luas perpindahan panas total dari *heat exchanger*. Perancangan akan difokuskan pada jenis *heat exchanger* tertentu dengan sebatas perancangan dan perhitungan secara matematis. Pada perancangan ini menggunakan fluida kerja R-134a. Perhitungan dilakukan dengan input persamaan pada perangkat lunak EES dan dilakukan analisa termodinamika pada setiap komponen utama *heat exchanger*. Perhitungan parameter karakteristik akan menghasilkan keluaran berupa luas area, koefisien perpindahan panas total, dan *pressure drop*.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Setelah persamaan konvergen, dilakukan plot komponen beserta hasil simulasi pada diagram window seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil simulasi ditampilkan dengan menggunakan *diagram text item* yang berisi luaran hasil simulasi

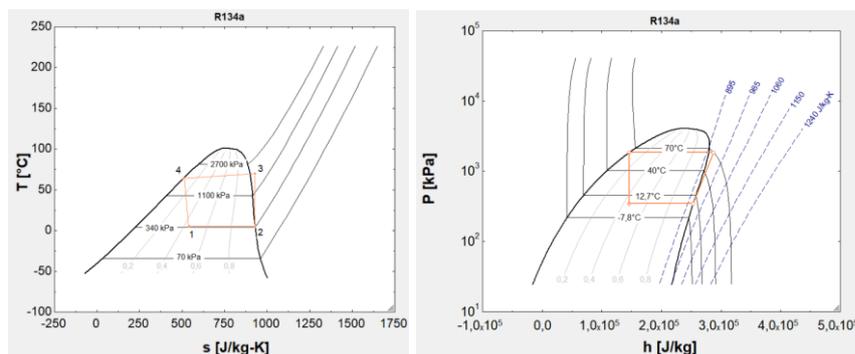


Gambar 5 Plot Hasil Simulasi

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang akan digunakan untuk perancangan kondensator dan evaporator adalah data yang didapat berdasarkan penelitian terdahulu sebagai acuan untuk menentukan suhu evaporasi dan kondensasi[7]. Pemilihan fluida kerja R134a dikarenakan R134a memiliki titik kritis yang relatif rendah, yaitu sekitar 101,06 °C dan tekanan sekitar 40,59 bar. Hal ini berarti R134a dapat dioperasikan dengan aman diberbagai kondisi suhu dan tekanan yang ditemukan dalam aplikasi AC[8].

Berdasarkan jenis fluida kerja yang telah dipilih dan sistem yang dibangun dapat ditunjukkan pada Gambar 6 T-s dan P-h diagram dibawah ini:



Gambar 6 T-s dan P-h Diagram dari R-134a

3.1 Perancangan Kondensator

Pada kondensator, refrigerant akan mengalami perubahan fasa sepanjang kondensator, sehingga analisa untuk mendapatkan dimensi dari kondensator dibagi menjadi 3 region. Region I adalah zona subdingin, region II adalah zona kondensasi/campuran dan region III adalah zona superheat. Dimana tiap zona terdapat penurunan tekanan. Dengan membagi tiga zona pada perancangan kondensator, maka untuk mengetahui kondisi tiap zona dapat dilakukan analisa kesetimbangan energi dan massa.

Tabel 1. Perhitungan ΔT_{LMTD} pada setiap region

	Region I (Subdingin)	Region II (Kondensasi)	Region III (Superheat)
T_{c_i} [°C]	33	33,43	38,18
T_{h_i} [°C]	49	49	64
T_{c_o} [°C]	33,43	38,18	38,88
T_{h_o} [°C]	34	49	49
ΔT_{LMTD}	5,307	13,05	16,98

Dalam menghitung beda temperatur rata-rata logaritmik terlebih dahulu menentukan tipe aliran. Tipe aliran pada heat exchanger finned tube yang dirancang adalah dengan tipe cross flow. Untuk mendefinisikan besarnya ΔT_{LMTD} untuk

setiap region maka diperlukan perhitungan melalui persamaan energy balance untuk masing-masing region[9]. Harga ΔT_{LMTD} untuk masing-masing region dapat diketahui pada Tabel 1 diatas.

Dari perhitungan luas dan panjang untuk tiap region didapatkan luas total perpindahan panas kondensor adalah $A_{Total} = 2,539 \text{ m}^2 + 6,994 \text{ m}^2 + 0,4861 \text{ m}^2 = 10,0191 \text{ m}^2$ [10]. Dengan total tube $N_{Tube} = 39$ tube, didapatkan panjang total tube kondensor adalah $L_{total} = 7,62 \text{ m} + 20,961 \text{ m} + 1,453 \text{ m} = 30,034 \text{ m}$. Serta Q_{aktual} pada setiap zona pada kondensor dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Analisis Perpindahan Panas Tiap Zona Pada Kondensor

Region	Panjang tube (m)	ΔT_{LMTD} (°C)	Q_{aktual} (W)
Subdingin	7,62	5,307	1042,59
Kondensasi	20,961	13,05	7054,83
Superheat	1,453	16,98	637,95

Pada perancangan kondensor juga didapatkan angka *pressure drop* pada zona subdingin sebesar 1183 Pa, pada zona kondensasi sebesar 3292 Pa, dan pada zona superheat sebesar 2450 Pa.

3.2 Perancangan Evaporator

Refrigerant akan mengalami perubahan fasa sepanjang evaporator, sehingga analisa untuk mendapatkan luas perpindahan panas dari evaporator dibagi menjadi 3 region. Region I adalah zona subdingin, region II adalah zona kondensasi/campuran dan region III adalah zona superheat. Dimana tiap zona terdapat penurunan tekanan. Dengan membagi tiga zona pada perancangan evaporator, maka untuk mengetahui kondisi tiap zona dapat dilakukan analisa kesetimbangan energi dan massa.

Tabel 3. Perhitungan ΔT_{LMTD} pada setiap region

	Region I (Subdingin)	Region II (Kondensasi)	Region III (Superheat)
T_{c_i} [°C]	5	9,5	9,5
T_{h_i} [°C]	30	29,74	21,8
T_{c_o} [°C]	9,5	9,5	14
T_{h_o} [°C]	29,74	21,8	21,62
ΔT_{LMTD}	22,55	15,94	9,80

Dalam menghitung beda temperatur rata-rata logaritmik terlebih dahulu menentukan tipe aliran. Tipe aliran pada heat exchanger finned tube yang dirancang adalah dengan tipe cross flow. Untuk mendefinisikan besarnya ΔT_{LMTD} untuk setiap region maka diperlukan perhitungan melalui persamaan energy balance untuk masing-masing region. Harga ΔT_{LMTD} untuk masing-masing region dapat diketahui pada Tabel 3 diatas.

Dari perhitungan luas dan panjang untuk tiap region didapatkan luas total perpindahan panas evaporator adalah $A_{Total} = 0,2183 \text{ m}^2 + 9,681 \text{ m}^2 + 0,3538 \text{ m}^2 = 10,2531 \text{ m}^2$. Dengan total tube $N_{Tube} = 40$ tube, didapatkan total panjang tube evaporator adalah $L_{total} = 0,762 \text{ m} + 28,95 \text{ m} + 0,762 \text{ m} = 30,474 \text{ m}$. Serta Q_{aktual} yang terdapat pada tiap zona pada evaporator dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Analisis Perpindahan Panas Tiap Zona Pada Evaporator

Region	Panjang tube (m)	ΔT_{LMTD} (°C)	Q_{aktual} (W)
Subdingin	0,762	22,55	281,19
Kondensasi	28,95	15,94	8813,92
Superheat	0,762	9,802	198,066

Pada perancangan evaporator juga didapatkan angka *pressure drop* pada zona subdingin sebesar 110,8 Pa, pada zona evaporasi sebesar 4412 Pa, dan pada zona superheat sebesar 5164 Pa.

4. Kesimpulan

Hasil dari perancangan sistem *heat exchanger finned tube* ini memiliki luas perpindahan panas total pada kondensor sebesar $10,0191 \text{ m}^2$ dan luas perpindahan panas total pada evaporator sebesar $10,2531 \text{ m}^2$. Dimensi kondensor yang didapat yaitu total jumlah tube sebanyak 39 tube, panjang total tube yang dibutuhkan yaitu 30,034 m. dimensi evaporator yang didapat dari perancangan yaitu total jumlah tube sebanyak 40 tube, panjang total tube yang dibutuhkan yaitu 30,474 m.

5. Daftar Pustaka

- [1] Cahyono H, Wardhani RP, Risetridharma. PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN PADA SISTEM HVAC DI SUBSTATION PCK 6 DI PT PERTAMINA HULU MAHAKAM LAPANGAN SENIPAH TERMINAL. *Research Lembaran Publikasi Ilmiah* 2022;5. <https://doi.org/10.35439>.
- [2] Sun J, Zhao B, Gao D, Xu L. Heat transfer analysis of evaporator of air source heat pump (ASHP) in case of frost based on chirplet finite element method. *Thermal Science and Engineering Progress* 2021;26. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101134>.
- [3] Septian B, Aziz A, Rey PD, Studi P, Mesinfakultas T, Dan S, et al. Design of Heat Exchanger Shell and Tube. *Jurnal Baut Dan Manufaktur* 2021;03.
- [4] Schlünder EU. *Heat exchanger design handbook*. Hemisphere; 1983.
- [5] E E S Engineering Equation Solver for Microsoft Windows Operating Systems Commercial and Professional Versions F-Chart Software 4406 Fox Bluff Rd Middleton, WI 53562. 1992.
- [6] Forristall R. *Heat Transfer Analysis and Modeling of a Parabolic Trough Solar Receiver Implemented in Engineering Equation Solver*. 2003.
- [7] Wilis GR. *Penggunaan Refrigeran R22 dan R134a pada Mesin Pendingin*. 2011.
- [8] Djafar Z, Piarah WH. ANALISA KINERJA MESIN REFRIGERASI RUMAH TANGGA DENGAN VARIASI REFRIGERAN. *Jurnal Teknologi Terapan* | 2017;3.
- [9] Incropera FP, Dewitt DP, Bergman TL, Lavine AS. *Fundamentals of Heat and Mass Transfers*. sixth edition. Daniel Sayre; 2006.
- [10] M KW, L LA. *Compact Heat Exchangers (3rd Edition)*. Scientific International; 2018.