

# Modifikasi Sirip (*Fin*) Spiral Pada *Inner Pipe* Dari *Double Pipe Ground Heat Exchanger* Untuk Meningkatkan Kapasitas Perpindahan Panas Dan Menurunkan *Pressure Drop*

Teddy Febri Herdian Putra<sup>1\*</sup>, M. Anis Mustaghfirin<sup>2</sup>, Muhammad Shah<sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [teddyfebri3@gmail.com](mailto:teddyfebri3@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [mustaghfirin@ppns.ac.id](mailto:mustaghfirin@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [muh.shah59@ppns.ac.id](mailto:muh.shah59@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>;

---

**Abstract** - In countries with subtropical climates, they need warmers in winter, therefore technology is needed to meet this. One of them is Ground Heat Exchanger, this tool is a heat exchanger by utilizing heat from the ground as a heating medium. This tool uses a coaxial-double pipe system which consists of two pipes. More efficient performance improvements are needed. The study was conducted to increase the rate of heat transfer by adding a spiral fin without any increase in pressure drop. ANSYS Fluent software is used to simulate. Three spiral fin models were made with a pitch measuring 0.15 m perforated with variations in holes including  $n = 2$ ,  $n = 3$ , and cross. Of the three variations of the model  $n = 2$ , it has a heat transfer value of 76.6034 W and a pressure drop value of 152.82 Pa. Model  $n = 3$ , has a heat transfer value of 71.3118 W and a pressure drop value of 150.31 Pa. The cross model has a heat transfer value of 105,834 W and a pressure drop value of 182,923 Pa. From the result, the ideal design model is  $n=2$ .

**Keyword:** Ground Heat Exchanger, Coaxial-Double Pipe, Fin, Heat Transfer, Pressure Drop

---

## 1. PENDAHULUAN

Di negara yang beriklim subtropis kebanyakan membutuhkan penghangat saat musim dingin oleh karena itu, dibutuhkan teknologi agar bisa memenuhi hal tersebut. Salah satunya adalah GHE (*ground heat exchanger*), alat ini memanfaatkan panas dari tanah agar bisa dimanfaatkan. Selain itu, sangat ramah lingkungan dan tidak melakukan kegiatan pembakaran yang menghasilkan emisi yang dapat berpengaruh terhadap perubahan iklim.

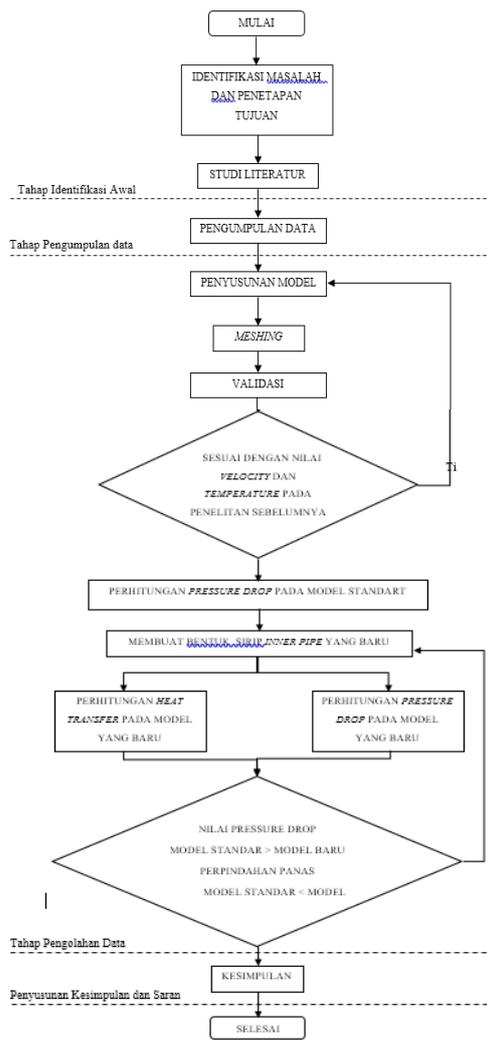
GHE (*ground heat exchanger*) memiliki prinsipnya sama dengan *heat exchanger* pada umumnya dengan meningkatkan suhu fluida dengan fluida lain. Bedanya, media panas yang digunakan berasal dari tanah. GHE (*ground heat exchanger*) dengan menggunakan *coaxial double-pipe* memiliki konduktifitas termal yang kecil pada *inner pipe* yang menggunakan material HDPE (*high-density polyethylene*), *heat loss* yang relatif lebih kecil, dan lebih bisa meningkatkan kinerja *heat transfer*. Untuk meningkatkan perpindahan panas dilakukan modifikasi bentuk pada *inner pipe coaxial double-pipe*.

Modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan perpindahan panas tanpa meningkatkan *pressure drop*. Model sirip spiral yang lama dihitung memiliki *pressure drop* sebesar berapa dan memiliki nilai perpindahan panas berapa. Dari hal ini akan dilakukan modifikasi dengan output *pressure drop* tidak boleh melebihi dan perpindahan panas harus melebihi dari model lama. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi menggunakan software ANSYS Fluent, fluida yang digunakan adalah air.

## 2. METODOLOGI .

### 2.1 Panjang Artikel

Pengerjaan tugas akhir ini dimulai dengan melakukan identifikasi awal masalah yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan terhadap tugas akhir yang dikerjakan. Lalu mengumpulkan data yang diperlukan atau yang berkaitan dengan permasalahan yang ada. Setelah itu dilakukan pengolahan data.



Gambar 2.1 Diagram Alir

## 2.2 Formula Matematika

### 2.2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat meningkatkan suhu suatu benda, yang bergantung pada jumlah kalor yang digunakan. Dalam perpindahan panas, kalor merupakan suatu bentuk energi, sedangkan suhu merupakan ukuran atau tingkat panas suatu benda.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (1)$$

Keterangan :

Q= energy (watt)

m= massa zat (kg/s)

c= kalor jenis (J/(kg.K)

Δt= perubahan suhu (K)

### 2.2.2 Nusselt Number

Nusselt number adalah angka yang tidak memiliki satuan dan besar nilainya akan menentukan nilai koefisien konveksi (*h*), didefinisikan:

$$N_u = \frac{hL_c}{k} \quad (2.2)$$

Dimana, *k* adalah konduktivitas panas dari fluida, *h* adalah koefisien perpindahan panas, dan *L<sub>c</sub>* panjang dari obyek.

### 2.2.3 Pressure Drop

Penurunan tekanan (*pressure drop*) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik dalam pipa atau tabung kehilir. Penurunan tekanan adalah hasil dari gaya gesek pada fluida ketika mengalir melalui tabung yang disebabkan oleh resistensi terhadap aliran.

$$\Delta p = \frac{v^2 \cdot f \cdot L \cdot \rho}{2 \cdot x \cdot D \cdot h} \quad (2.3)$$

Dimana :  $\Delta p$  = penurunan tekanan (Pa)

*v* = kecepatan (m/s)

*f* = friction factor

*L* = panjang pipa (m)

$\rho$  = rho (kg/s)

*D<sub>h</sub>* = diameter hidraulik (m)

### 2.2.4 Persamaan Energi

Pada persamaan energi dapat dilakukan dengan menerapkan hukum ketetapan energi dalam konsel volume kontrol dengan bantuan hukum dari termodinamika yang menyatakan bahwa energi total yang bekerja yaitu hasil dari pemindahan panas pada sistem dikurangi dengan kerja yang dilakukan oleh sistem.

$$\rho \left( \frac{Du}{Dt} \right) + p(\nabla \cdot \mathbf{U}) = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + \phi \quad (2.4)$$

### 2.2.5 Persamaan Momentum

Hukum newton dua menyatakan bahwa laju perubahan momentum partikel fluida sama dengan jumlah gaya yang bekerja pada partikel.

Momentum pada sumbu X :

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u \mathbf{u}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \text{div}(\mu \text{ grad } u) + S_{Mx} \quad (2.5)$$

Momentum pada sumbu Y :

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v \mathbf{u}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \text{div}(\mu \text{ grad } u) + S_{My} \quad (2.6)$$

Momentum pada sumbu Z :

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w \mathbf{u}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \text{div}(\mu \text{ grad } u) + S_{Mz} \quad (2.7)$$

### 2.2.5 Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa kelajuan peningkatan massa dalam fluida sama dengan neto kelajuan aliran massa dalam fluida.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{U}) = 0 \quad (2.8)$$

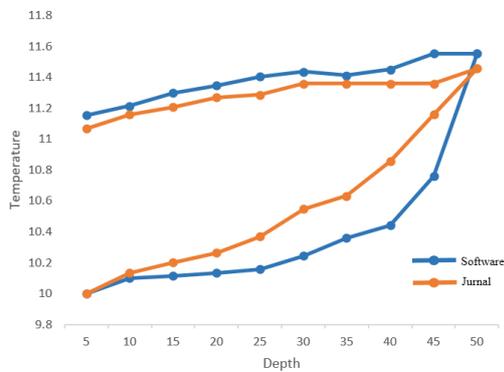
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Validasi

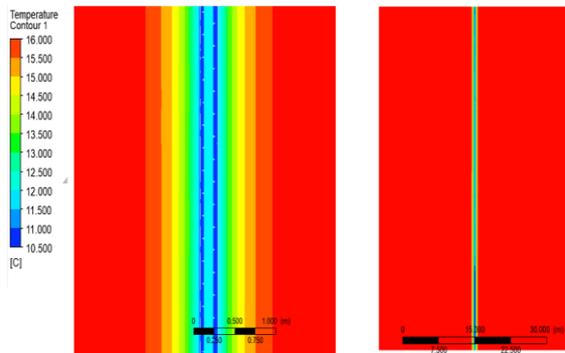
Pada Tugas akhir ini melakukan penelitian dengan menggunakan jurnal lain yang telah melakukan atau memvalidasi dengan persamaan korelasi empiris. Jurnal yang digunakan untuk memvalidasi setup pada tugas akhir ini berjudul “Effect of inner pipe type on the heat transfer performance of deepburied coaxial double-pipe heat exchanger”. Berikut hasil persentase eror pada tabel 3.1, dan grafik pada gambar 3.1

**Tabel 3.1** Perbandingan Jurnal dan Software

	Software	Jurnal	Eror
Tend ( C )	11.153	11.068	1%
Qend ( W )	29.0541	26.912	8%
Tavg ( C )	11.451	11.379	1%
Qavg ( W )	36.65331	34.749	5%



**Gambar 3.1** Grafik validasi



**Gambar 3.2** Kontur temperature validasi

**3.2 Friction Factor**

Untuk menentukan nilai *friction factor* perlu melakukan perhitungan dari data *pressure drop* yang telah dihasilkan dari report *software ANSYS fluent*. Berikut tabel 3.2 sampai 3.5 hasil perhitungan *friction factor*.

**Tabel 3.2** *friction factor* model validasi

Model validasi		
Pressure Inlet	156.064	Pa
Pressure Outlet	0	Pa
Friction Factor	0.0594604	

**Tabel 3.3** *friction factor* model n=2

Model n=2		
Pressure Inlet	152.82	Pa
Pressure Outlet	0	Pa
Friction Factor	0.0582244	

**Tabel 3.4** *friction factor* model n=3

Model n=3		
Pressure Inlet	150.31	Pa
Pressure Outlet	0	Pa
Friction Factor	0.0572681	

**Tabel 3.5** *friction factor* model silang

Model silang		
Pressure Inlet	182.923	Pa
Pressure Outlet	0	Pa
Friction Factor	0.0696937	

**3.3 Perpindahan Panas**

Penelitian ini dilakukan untuk melihat efek dari modifikasi sirip spiral pada perpindahan panas, didapatkan hasil *temperature* setiap modelnya. Berikut perbandingan perpindahan panas tiap modelnya.

**Tabel 3.6** perbandingan perpindahan panas

Model	Tend ( C )	Qend ( W )
n=2	13.04	76.6034
n=3	12.83	71.3118
silang	14.2	105.834

**4. KESIMPULAN**

1. Pada penelitian dilakukan modifikasin sirip spiral dengan tiga variasi model sirip spiral yang baru, antara lain n=2, n=3, dan silang. Pada model baru ini memiliki lubang, dimana n=2 memiliki dua lubang yang sejajar pada sirip spiral jika dilihat dari tampak atas, n=3 memiliki tiga lubang yang sejajar pada sirip spiral jika dilihat dari atas, dan silang memiliki lubang dengan posisi yang tidak sejajar atau bisa disebut silang. Pada model baru ini juga dilakukan perubahan jarak pitch menjadi 150 mm.
2. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan menggunakan software ANSYS Fluent. Dari hasil simulasi dilakukan perhitungan pressure drop pada model standart dengan mendapatkan nilai sebesar 156.064 Pa.
3. Setelah dilakukan modifikasi model desain untuk sirip (fin) spiral dengan model n=2, dari model ini memiliki nilai pressure drop 152.82 Pa. Model n=3, dari model ini memiliki nilai pressure drop 150.31 Pa. Model silang, dari

model ini memiliki nilai pressure drop 182.923 Pa. Pengaruh dari modifikasi sirip spiral dengan menambahkan lubang adalah dapat menurunkan nilai friction factor, hal ini membuat nilai pressure drop juga menurun, dengan catatan lubang yang dibuat dengan sejajar lurus untuk mengurangi tumbukan-tumbukan yang terjadi. Sehingga dari parameter studi didapatkan desain terbaik adalah membuat lubang yang sejajar.

4. Setelah dilakukan modifikasi model desain untuk sirip (fin) spiral dengan model n=2, dari model ini memiliki nilai perpindahan panas sebesar 76.6034 W. Model n=3, dari model ini memiliki nilai perpindahan panas sebesar 71.3118 W. Model silang, dari model ini memiliki nilai perpindahan panas sebesar 105.834 W. Perubahan jarak pitch dilakukan agar meningkatkan temperature pada outlet yang mengakibatkan nilai perpindahan panas semakin tinggi.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua (Bapak Agung Heru D dan Ibu Dini S) yang telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih sayang, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, M.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak M. Anis Mustghfirin, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
5. Bapak Muhammad Shah, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir. Seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Semua teman-teman *piping engineering* 2016, yang telah memberikan bantuan berupa semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel. (1990). *Heat Transfer a Practical Approach*.

- [2] Holman, J. P. (1997). *Heat Transfer 10th Edition*. New York: McGrawhill Companies Inc.
- [3] Incropera, F. P., & Dewitt, D. P. (2011). *Physiological Research Fundamental of Heat and Mass Transfer*. Jefferson City: [https://books.google.co.id/books/about/Fundamentals\\_of\\_Heat\\_and\\_Mass\\_Transfer.html?id=vvyIoXEywMoC&hl=id](https://books.google.co.id/books/about/Fundamentals_of_Heat_and_Mass_Transfer.html?id=vvyIoXEywMoC&hl=id).
- [4] Li, C., Guan, Y., Yang, R., Lu, X., Xiong, W., & Long, A. (2019). Effect of inner Pipe type on the heat transfer performance of deep-buried coaxial double-pipe heat exchanger. *Renewable Energy*, 1049-1060.
- [5] Thohari, S. H., Mustaghfirin, M. A., & Moballa, B. (2018). Efek Variasi Jumlah Conical Strip Inserts pada Perpindahan Panas di dalam Tube dengan Aliran Satu Fase. *Proceeding 3rd Conference of Piping Engineering and its Application*, 289-294.
- [6] Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). *Introduction to Computational Fluid Dynamic*.