

**Studi Eksperimental Efek Diameter Pipa Terhadap Kinerja
Penukar Kalor Helikal pada Tangki Penyimpanan Sistem
Pemanas Air Tenaga Surya**

oleh

Andhita Mustikaningtyas

12/329940/TK/39143

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 1 Juli 2016
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat
sarjana S-1 Teknik Fisika

INTISARI

Salah satu teknologi pemanfaatan energi surya yang sedang berkembang adalah teknologi kolektor energi surya. Kolektor energi surya adalah suatu alat yang berfungsi menangkap energi matahari dan mengkonversikannya menjadi kalor, lalu menyalurkannya menuju fluida kerja. Kolektor energi surya banyak diterapkan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah sistem pemanas air. Pada sistem pemanas air tenaga surya, terdapat sistem penukar kalor yang dapat dirancang dengan menggunakan penukar kalor helikal. Penukar kalor helikal ditempatkan di tangki penyimpanan energi termal. Perbedaan utama penukar panas helikal dengan penukar panas *shell and tube* terletak pada geometrinya. Perbedaan geometri ini menyebabkan perbedaan perpindahan kalor yang terjadi, sebagai akibat adanya aliran sekunder pada fluida. Aliran sekunder terbentuk karena adanya gaya sentrifugal akibat geometri kurvatur pada penukar kalor helik. Penelitian ini menganalisis pengaruh diameter pipa terhadap perpindahan kalor penukar kalor koil helik, jika diterapkan pada sistem pemanas air tenaga surya. Batasan penelitian adalah hanya pada tangki penyimpanan kalor, tidak meliputi sistem kolektor surya. Koil helik diletakkan pada wadah berisi air panas. Air dingin dialirkan melalui koil helik menuju *outlet*. Pengukuran suhu dilakukan

menggunakan *Thermocouple* tipe K, dan TC-08 *thermocouple data logger*. Pengukuran suhu dilakukan pada empat titik, yaitu pada *inlet* air dingin, *outlet* air dingin, bagian atas wadah, bagian bawah wadah. Eksperimen dilakukan menggunakan tiga buah koil dengan diameter pipa yang berbeda, yaitu dengan diameter luar 6,4; 4,9; dan 2,95 mm. Pengambilan data dilakukan dalam rentang waktu 5 menit, dengan periode 50 ms, atau sebanyak 20 nilai tiap detik. Masing-masing koil menggunakan aliran air dingin dengan bilangan Reynolds yang berbeda-beda. Perhitungan nilai koefisien perpindahan kalor dilakukan dengan menggunakan teknik *Wilson Plot*. Transfer kalor di dalam pipa dipengaruhi oleh konveksi paksa. Sedangkan untuk transfer kalor di luar pipa, dipengaruhi oleh konveksi natural. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi bilangan Reynolds dan semakin tinggi suhu air pemanas, maka koefisien konveksi di dalam pipa (h_i) semakin tinggi. Sedangkan semakin tinggi suhu air pemanas, maka konveksi natural di luar pipa (h_o) semakin besar. Kinerja penukar kalor koil helik semakin baik pada diameter pipa yang semakin besar. Konveksi paksa di dalam pipa pada tiap koil mematuhi persamaan $Nu_i = C_i \cdot Re^{0,7}$ dengan nilai C_i bervariasi dan semakin besar pada diameter pipa dan suhu air pemanas yang semakin besar. Konveksi natural di luar pipa pada tiap koil mematuhi persamaan $Nu_o = C_o \cdot Ra^{0,1768}$ dengan nilai C_o bervariasi. Diameter pipa tidak terlalu berpengaruh terhadap konveksi natural di luar pipa.

Kata kunci— sistem pemanas air tenaga surya, penukar kalor koil helik, diameter pipa, bilangan *Reynolds*, *Wilson Plot*, koefisien perpindahan kalor.

Pembimbing Utama : Dr.-Ing. Sihana

Pembimbing Pendamping : Ir. Ester Wijayanti, M.T.

Experimental Study of the Effect of Pipe Diameter on the Performance of Helical Coil Heat Exchanger at Storage Tank in Solar Water Heating Systems

by

Andhita Mustikaningtyas

12/329940/TK/39143

submitted to Department of Engineering Physics, Faculty of Engineering

Universitas Gadjah Mada on 1 July, 2016

as partial fulfillment for the requirement obtain

the Bachelor Degree in Engineering Physics Studies Program

ABSTRACT

One of the solar energy utilization is the solar thermal collectors. The solar thermal collectors are devices that collect the sun energy and convert it into heat, and then distribute it to the working fluid. Solar thermal collectors are widely applied in various fields, one of them is solar water heating system. In the solar water heating system, there is a heat exchanger system that can be designed by using helical heat exchanger. Helical heat exchanger is placed in the thermal energy storage tanks. The main difference between the helical heat exchanger and shell and tube heat exchanger is the geometry. This geometry causes differences in heat transfer process, as a result of the secondary flow in the fluid. Secondary flow is formed due to the centrifugal force, because of the curvature geometry of helical heat exchanger. This study analyzed the influence of the diameter of the pipe to heat transfer of helical coil heat exchanger, applied to solar water heating systems. Limitation of the study is only in the heat storage tank, it does not include a solar collector system. Helical coil is placed in a container of hot water. Cold water flows through the helical coil towards the *outlet*. Temperature measurement is performed by using K type Thermocouple and TC-08 thermocouple data logger. Temperature measurements were taken at four points,

namely the temperature on the cold water inlet, outlet cold water, top of the container, and the bottom of the container. Experiments were performed using three coils with different pipe diameters, with an outer diameter of 6.4; 4.9; 2.95 mm. Data was collected in 5 minutes, with a period of 50 ms, or as many as 20 values per second. Each coil is used cold water flows with different Reynolds numbers. The calculation of the value of coefficient of heat transfer have been conducted by using Wilson Plot. Heat transfer inside the pipe is affected by forced convection. Besides, heat transfer outside of the pipe is affected by natural convection. The experiment shows that the higher the Reynolds number of cold water flow, and the higher the hot water temperature results the higher the heat transfer coefficient inside of the pipe (h_i). The higher the hot water temperature also results the higher heat transfer coefficient outside of the pipe (h_o). The performance of helical coil heat exchanger is better at bigger diameter. Forced convection inside the pipe obeys $Nu_i = C_i \cdot Re^{0.7}$ with various C_i values. C_i are bigger at bigger pipe diameter and bigger hot water temperature. Natural convection outside of the pipe obeys $Nu_o = C_o \cdot Ra^{0.1768}$ with various C_o values. The pipe diameter does not affect too much for natural convection outside the pipe in this experiment.

Keywords— solar water heating system, helical coil heat exchanger, pipe diameter, Reynolds numbers, Wilson Plot, heat transfer coefficient.

Supervisor : Dr.-Ing. Sihana

Co-supervisor : Ir. Ester Wijayanti, M.T.