

INTISARI

Seiring dengan perkembangan industri dan populasi manusia, kebutuhan akan energi semakin meningkat. Sumber energi konvensional yang berbasis fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara semakin menipis dan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Pembangkit listrik tenaga biomassa dengan *Organic Rankine Cycle* (ORC) dapat menjadi solusi terhadap tantangan tersebut. Keunggulan ORC dibandingkan dengan siklus Rankine konvensional terletak pada penggunaan fluida kerja organik yang memiliki titik didih lebih rendah, sehingga dapat beroperasi pada suhu dan tekanan yang lebih rendah untuk menghasilkan listrik. Untuk mengakomodasi proses perpindahan kalor pada pembangkit, diperlukan alat penukar kalor berupa *evaporator*, *condenser*, dan *preheater*. Alat penukar kalor yang sering digunakan adalah jenis *shell and tube*.

Pada penelitian tugas akhir ini berfokus pada perancangan dan prediksi numeris *evaporator* jenis *shell and tube heat exchanger* pada pembangkit sistem ORC dengan fluida kerja n-Pentana berdasarkan standar TEMA. Pada tugas akhir ini mencakup dua kasus, yaitu kasus *original size* dan kasus *scale down size*. Kemudian, dilakukan prediksi numeris pada *evaporator* jenis *shell and tube heat exchanger* dari data dan desain *scale down size* dengan variasi laju aliran massa pada sisi *tube* menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent. Prediksi numeris ini bertujuan untuk menganalisis performa pada *evaporator*.

Berdasarkan hasil perancangan *evaporator* jenis *shell and tube heat exchanger* dengan arah aliran *counter flow* tipe AEM menggunakan *segmental baffle* sesuai standar TEMA, diperoleh dua desain yaitu *original size* dan *scale down size*. Desain *original size* memiliki diameter shell 380 mm, panjang tube 3 m, 16 baffle, dan 160 tube. Sementara itu, desain *scale down size* memiliki diameter shell 180 mm, panjang tube 1,2 m, 5 baffle, dan 31 tube. Prediksi numeris dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent untuk desain *scale down size* dengan variasi laju aliran massa pada sisi *tube* yaitu 1,8 kg/s; 2,4 kg/s; dan 3 kg/s. Dari hasil prediksi numeris, didapatkan gambaran distribusi suhu, distribusi tekanan, serta *volume fraction* n-Pentana *liquid* dan *vapor*. Hasil prediksi numeris menunjukkan terjadinya peningkatan *outlet temperature* pada sisi *shell* dan sisi *tube*, koefisien perpindahan kalor total dan *pressure drop* yang terjadi di sisi *shell* maupun sisi *tube* serta terjadinya penurunan efektivitas seiring dengan peningkatan laju aliran massa pada sisi *tube*. Efektivitas menurun dari 0,455 menjadi 0,381, koefisien perpindahan kalor total meningkat dari 987,16 $W/m^2^{\circ}C$ menjadi 1240,49 $W/m^2^{\circ}C$, dan *pressure drop* pada sisi *tube* meningkat dari 1960,44 Pa menjadi 2173,8 Pa, serta *pressure drop* pada sisi *shell* meningkat dari 739,74 Pa menjadi 758,89 Pa untuk laju aliran massa dari 1,8 kg/s hingga 3 kg/s.

Kata kunci: Alat Penukar Kalor *Shell and Tube*, *Evaporator*, Siklus Rankine Organik, Perancangan, Prediksi Numeris.

ABSTRACT

As industrial development and human population growth continue, the demand for energy is also increasing. Conventional fossil-based energy sources, such as oil, natural gas, and coal, are depleting and have negative environmental impacts. Biomass power plants with Organic Rankine Cycle (ORC) can offer a solution to these challenges. The advantage of ORC over the conventional Rankine cycle lies in the use of organic working fluids with lower boiling points, allowing operation at lower temperatures and pressures to generate electricity. To accommodate the heat transfer process in the power plant, heat exchangers such as evaporators, condensers, and preheaters are required. The shell and tube type is a commonly used heat exchanger.

This final project focuses on the design and numerical prediction of a shell and tube heat exchanger evaporator in an ORC system using n-Pentane as the working fluid, based on TEMA standards. This project includes two cases: the original size case and the scale-down size case. Numerical predictions were then performed on the shell and tube heat exchanger evaporator from the scale-down size data and design, with variations in mass flow rate on the tube side using ANSYS Fluent software. The numerical predictions aim to analyze the performance of the evaporator.

Based on the design of a shell and tube heat exchanger evaporator with counter-flow direction, AEM type, using segmental baffles according to TEMA standards, two designs were obtained: the original size and the scale-down size. The original size design has a shell diameter of 380 mm, a tube length of 3 m, 16 baffles, and 160 tubes. Meanwhile, the scale-down size design has a shell diameter of 180 mm, a tube length of 1,2 m, 5 baffles, and 31 tubes. Numerical predictions were conducted using ANSYS Fluent software for the scale-down size design with variations in mass flow rates on the tube side, namely 1,8 kg/s, 2,4 kg/s, and 3 kg/s. The numerical predictions provided insights into temperature distribution, pressure distribution, and volume fraction of n-Pentane liquid and vapor distribution. The numerical prediction results showed an increase in outlet temperature on both the shell side and the tube side, an increase in overall heat transfer coefficient, and pressure drop on both the shell side and tube side, as well as a decrease in effectiveness with increasing mass flow rate on the tube side. The effectiveness decreased from 0,455 to 0,381, the total heat transfer coefficient increased from 987,16 W/m²°C to 1240,49 W/m²°C, and the pressure drop on the tube side increased from 1960,44 Pa to 2173,8 Pa, and the pressure drop on the shell side increased from 739,74 Pa to 758,89 Pa for mass flow rates from 1,8 kg/s to 3 kg/s.

Keyword: Shell and Tube Heat Exchanger, Evaporator, Organic Rankine Cycle, Design, Numerical Prediction.