

INTISARI

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat serta tuntutan pemenuhan energi yang efisien dan ramah lingkungan menjadi tantangan dalam pengembangan teknologi pembangkit listrik. Pembangkit listrik tenaga biomassa dengan siklus rankine organik dapat menjadi solusi untuk menjawab tantangan tersebut. Siklus Rankine Organik (ORC) merupakan siklus pada pembangkit listrik yang memanfaatkan panas dari fluida bersuhu tinggi untuk memanaskan fluida kerja sekunder yang digunakan untuk memutar turbin yang lebih kecil. Fluida kerja yang digunakan adalah n-butana, yang memiliki titik didih lebih rendah dibandingkan air pada tekanan yang sama, sehingga dapat berubah fasa menjadi gas pada suhu yang lebih rendah. Dalam siklus ORC, digunakan alat penukar kalor untuk mentransfer panas dari fluida bersuhu tinggi ke fluida kerja n-butana. Alat penukar kalor yang digunakan terdiri dari *preheater* yang berfungsi untuk meningkatkan temperatur fluida kerja sebelum memasuki *evaporator*.

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan *preheater* jenis *shell and tube* berdasarkan standar TEMA dan Metode Bell-Delaware. Perancangan dilakukan dengan dua kondisi data, yaitu *original size* dan *scale down size*. Data *original size* diolah untuk mendapatkan desain optimal sesuai dengan *rating* operasi kerja yang diinginkan dari siklus pembangkit. Sementara itu, data *scale down size* diolah untuk mengakomodasi apabila *rating* operasi kerja dari siklus pembangkit tidak sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Kemudian, dilakukan prediksi numeris untuk alat penukar kalor *shell and tube* dari data dan desain *scale down size* dengan variasi laju aliran massa pada sisi *shell* menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent. Prediksi numeris ini bertujuan untuk menganalisis performa alat penukar kalor apabila dioperasikan pada kondisi yang berbeda dari desain awalnya.

Berdasarkan perancangan alat penukar kalor *shell and tube* tipe AEM dengan segmental baffle menggunakan metode Bell-Delaware dan standar TEMA, diperoleh dua desain. Desain *original size* memiliki diameter shell 590 mm, panjang tube 3 m, 14 baffle, dan 204 tube. Sementara itu, desain *scale down size* memiliki diameter shell 205 mm, panjang tube 1,45 m, 6 baffle, dan 38 tube. Prediksi numeris menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent untuk desain *scale down size* menunjukkan deviasi suhu keluaran fluida di bawah 5% antara hasil kalkulasi teoritis dengan hasil simulasi numeris. Hasil prediksi numeris menunjukkan penurunan efektivitas serta peningkatan koefisien perpindahan kalor total dan *pressure drop* terjadi di sisi *shell* seiring dengan peningkatan laju aliran massa. Efektivitas menurun dari 0,552 menjadi 0,331, koefisien perpindahan kalor total meningkat dari $193,77 \text{ W/m}^2\text{°C}$ menjadi $748,74 \text{ W/m}^2\text{°C}$, dan *pressure drop* sisi *shell* naik dari 273,16 Pa menjadi 3.063,92 Pa untuk laju aliran massa dari 0,3 kg/s hingga 2,1 kg/s.

Kata kunci: Siklus Rankine Organik, Alat Penukar Kalor, Perancangan, Prediksi Numeris

ABSTRACT

The increasing demand for electrical energy and the need for efficient and environmentally friendly energy solutions pose challenges in the development of power generation technologies. Biomass power plants with organic Rankine cycles can be a solution to address these challenges. The Organic Rankine Cycle (ORC) is a cycle in power plants that utilizes heat from high-temperature fluids to heat a secondary working fluid used to drive smaller turbines. The working fluid used is n-butane, which has a lower boiling point compared to water at the same pressure, allowing it to change phase into gas at a lower temperature. In the ORC cycle, heat exchangers are used to transfer heat from the high-temperature fluid to the n-butane working fluid. The heat exchanger used consists of a preheater that functions to increase the temperature of the working fluid before it enters the evaporator.

In this final project, the design of a shell and tube preheater is carried out based on TEMA standards and the Bell-Delaware Method. The design is performed with two data conditions: original size and scale-down size. The original size data is processed to obtain an optimal design according to the desired operating rating of the power plant cycle. Meanwhile, the scale-down size data is processed to accommodate cases where the operating rating of the power plant cycle does not match the desired conditions. Subsequently, numerical predictions are conducted for the shell and tube heat exchanger using the scale-down size data and design with variations in mass flow rate on the shell side using ANSYS Fluent software. These numerical predictions aim to analyze the performance of the heat exchanger when operated under conditions different from its initial design.

Based on the design of the AEM-type shell and tube heat exchanger with segmental baffles using the Bell-Delaware method and TEMA standards, two designs are obtained. The original size design has a shell diameter of 590 mm, a tube length of 3 m, 14 baffles, and 204 tubes. Meanwhile, the scale-down size design has a shell diameter of 205 mm, a tube length of 1.45 m, 6 baffles, and 38 tubes. Numerical predictions using ANSYS Fluent software for the scale-down size design show a deviation in fluid outlet temperature below 5% between the theoretical calculation results and the numerical simulation results. The numerical prediction results indicate a decrease in effectiveness and an increase in the overall heat transfer coefficient and pressure drop on the shell side as the mass flow rate increases. The effectiveness decreases from 0.552 to 0.331, the overall heat transfer coefficient increases from $193.77 \text{ W/m}^2\text{°C}$ to $748.74 \text{ W/m}^2\text{°C}$, and the shell-side pressure drop rises from 273.16 Pa to 3,063.92 Pa for mass flow rates ranging from 0.3 kg/s to 2.1 kg/s.

Keywords: Organic Rankine Cycle, Heat Exchanger, Design, Numerical Prediction