

ABSTRAK

Perancangan *pre-heater* berbahan bakar biogas diperlukan untuk meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan pada sistem pembangkit listrik tenaga uap skala kecil. Perancangan ini bertujuan menentukan kebutuhan kalor, debit air umpan, kebutuhan biogas, dimensi pipa spiral, serta spesifikasi awal *pre-heater* yang aman digunakan pada skenario tekanan rendah. Ruang lingkup perancangan dibatasi pada *pre-heater* sebagai alat pemanas awal air sebelum masuk ke *boiler*, sedangkan pembuatan alat fisik tidak dilakukan. Data numerik yang digunakan merupakan data asumsi perancangan awal dengan *heat duty* sebesar 1.000 W, temperatur air masuk 30°C, temperatur air keluar 90°C, temperatur gas panas masuk 450°C, dan temperatur gas keluar 180°C. Metode perhitungan menggunakan neraca energi, pendekatan *Log Mean Temperature Difference* (LMTD), estimasi kebutuhan biogas berdasarkan nilai kalor, perhitungan *pressure drop*, serta pemeriksaan tegangan pipa sederhana. Hasil perhitungan menunjukkan debit air yang dibutuhkan sebesar 0,00399 kg/s atau sekitar 0,239 L/menit. Kebutuhan biogas pada efisiensi pembakaran 60% sebesar 0,300 m³/jam. Luas perpindahan kalor rancangan setelah faktor desain sebesar 0,18 m² dengan panjang pipa sekitar 4,51 m. Rancangan *pre-heater* menggunakan pipa *stainless steel* 316 diameter luar 12,7 mm dalam konfigurasi spiral sekitar enam lilitan. Pemeriksaan tekanan menunjukkan rancangan masih berada pada batas aman untuk skenario tekanan rendah setara *head* air sekitar 10 m. Dengan demikian, *pre-heater* berbahan bakar biogas layak digunakan sebagai rancangan awal pemanas air umpan pada sistem PLTU skala kecil.

Kata kunci: biogas, *digester*, *pre-heater*, LMTD, perpindahan kalor, tekanan rendah.

ABSTRACT

The design of a biogas-fueled *economizer* is required to improve the utilization of renewable energy in a small-scale steam power plant system. This design study aims to determine *heat duty*, *feedwater* flow rate, biogas demand, spiral tube dimensions, and preliminary *pre-heater* specifications suitable for low-pressure operation. The scope is limited to the *economizer* as a *feedwater preheater* before the *boiler*, while physical fabrication is not conducted. The numerical data are preliminary design assumptions with a *heat duty* of 1,000 W, inlet water temperature of 30°C, outlet water temperature of 90°C, inlet hot gas temperature of 450°C, and outlet gas temperature of 180°C. The calculation method uses energy balance, the *Log Mean Temperature Difference* (LMTD) approach, biogas demand estimation based on calorific value, *pressure drop* calculation, and a simplified pipe stress check. The results show that the required water flow rate is 0.00399 kg/s or approximately 0.239 L/min. The required biogas flow rate at 60% combustion efficiency is 0.300 m³/h. The design heat-transfer area after applying a *design factor* is 0.18 m², corresponding to a tube length of approximately 4.51 m. The *economizer* is designed using *stainless steel 316* tubing with an outer diameter of 12.7 mm in a spiral configuration of about six turns. The pressure evaluation indicates that the design remains within a safe range for low-pressure operation equivalent to approximately 10 m water *head*. Therefore, the biogas-fueled *economizer* is feasible as an initial *feedwater preheater* design for a small-scale steam power plant system.

Keywords: biogas, *digester*, *pre-heater*, heat transfer, LMTD, low pressure.