

ABSTRAK

Evaluasi Unjuk Kerja *Heat Pump Dryer* Berbasis Siklus Kompresi Uap Sistem Tertutup dengan Analisis Eksergi

Vincentius Gracianta Adi Putra
Universitas Sanata Dharma
2026

Briket biomassa sebagai alternatif bahan bakar fosil memerlukan proses pengeringan yang efisien untuk mencapai kadar air standar. *Heat pump dryer* berbasis siklus kompresi uap dengan sistem udara tertutup menjadi solusi yang lebih efisien dan terkontrol dibandingkan pengeringan konvensional. Evaluasi performa sistem umumnya dilakukan melalui analisis energi, namun pendekatan ini tidak mampu mengungkap inefisiensi kualitas energi yang sesungguhnya. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan analisis eksergi berdasarkan Hukum Termodinamika Kedua pada sistem *heat pump dryer* berbasis kompresi uap dalam kondisi pengujian tanpa beban.

Pengujian dilakukan selama 8 jam dengan sistem udara tertutup. Objek penelitian terdiri dari ruang pengering dan ruang mesin dengan dimensi total 165,5 cm × 100 cm × 50 cm. *Heat pump dryer* yang digunakan ditenagai oleh kompresor Fuji-Kobe SR16 ½ PK dengan fluida kerja refrigeran R-134a. Analisis meliputi perhitungan laju destruksi eksergi dan irreversibilitas relatif pada setiap komponen, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, evaporator, ruang pengering, dan kipas sirkulasi, serta efisiensi eksergi pada keseluruhan sistem dan pada sistem kompresi uap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa evaporator merupakan komponen dengan kontribusi destruksi eksergi terbesar, dengan laju rata-rata 210,5 W atau 36,64% dari total destruksi eksergi sistem. Urutan kontribusi irreversibilitas relatif dari yang terbesar adalah evaporator, kompresor, katup ekspansi, kondensor, ruang pengering, dan kipas sirkulasi. Efisiensi eksergi sistem *heat pump dryer* keseluruhan bernilai 0% pada kondisi tanpa beban. Sementara itu, efisiensi eksergi siklus kompresi uap berkisar antara 1,23–9,74%, berbanding terbalik dengan nilai COP energi yang tinggi pada rentang 3,7–4,19.

Kata kunci: *heat pump dryer*, siklus kompresi uap, analisis eksergi, destruksi eksergi, irreversibilitas relatif

ABSTRACT***Evaluation of Heat Pump Dryer Performance Based on Closed System Vapor Compression Cycle With Exergy Analysis***

*Vincentius Gracianta Adi Putra
Universitas Sanata Dharma
2026*

Biomass briquettes, as an alternative to fossil fuels, require an efficient drying process to achieve standard moisture content. A vapor-compression cycle-based heat pump dryer with a closed-air system offers a more efficient and controlled solution than conventional drying. System performance evaluation is typically conducted through energy analysis, but this approach fails to reveal the true energy quality inefficiencies. Therefore, this study conducted an exergy analysis based on the Second Law of Thermodynamics on a vapor-compression heat pump dryer system under no-load test conditions.

The test was conducted for 8 hours under a closed-air system. The research object consisted of a drying chamber and a engine room with total dimensions of 165.5 cm × 100 cm × 50 cm. The heat pump dryer used was powered by a Fuji-Kobe SR16 1/2 HP compressor with R-134a refrigerant as the working fluid. The analysis included calculating the exergy destruction rate and relative irreversibility of each component: the compressor, condenser, expansion valve, evaporator, drying chamber, and circulation fan, as well as the exergy efficiency of the entire system and the vapor-compression system.

The results showed that the evaporator is the component with the largest exergy destruction contribution, with an average rate of 210.5 W or 36.64% of the total exergy destruction of the system. The order of the relative irreversibility contribution from the largest is the evaporator, compressor, expansion valve, condenser, drying chamber, and circulation fan. The overall exergy efficiency of the heat pump dryer system is 0% at no-load conditions. Meanwhile, the exergy efficiency of the vapor compression cycle ranges from 1.23–9.74%, inversely proportional to the high energy COP value in the range of 3.7–4.19.

Keywords: *heat pump dryer, vapor compression cycle, exergy analysis, exergy destruction, relative irreversibility*