

OPTIMASI THERMAL ENERGY STORAGE (TES) PADA SISTEM SOLAR PHOTOVOLTAIC KAPAL FERRY RO-RO

Sabrina Retalia

ABSTRAK

Transportasi maritim menyumbang 80% dari perdagangan global, namun menghasilkan 2-3% dari total emisi CO₂ dunia. Strategi IMO 2023 menargetkan pengurangan intensitas karbon 40% dan adopsi energi zero emisi 5-10% pada tahun 2030. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem *photovoltaic* (PV) pada kapal *ferry Ro-Ro* dapat menghasilkan 334 Mwh pertahun dengan efisiensi 7.76%, namun masih mengalami keterbatasan intermittensi energi. Penelitian ini mengatasi keterbatasan tersebut dengan mengintegrasikan *Thermal Energy Storage* (TES) berbasis campuran *ternary molten salt* untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi secara keseluruhan. Peneliti menguji sepuluh komposisi *ternary molten salt* NaNO₃-LiNO₃-Na₂SO₄ (NLN) untuk mengidentifikasi formula optimal berdasarkan sifat-sifat termodinamika dengan menggunakan *Engineering Equation Solver* (EES). Hasil analisis menunjukkan bahwa komposisi NLN-5 (32.5%NaNO₃-65%LiNO₃-2.5%Na₂SO₄) memiliki *working point* yang paling luas, dengan *melting point* 195.7°C dan *decomposition temperature* 846.3°C. Sistem PV-TES terintegrasi meningkatkan efisiensi energi dari 7.76% menjadi 15.26% dan produksi energi listrik tahunan dari 334 MWh menjadi 657 MWh. Teknologi PV-TES secara signifikan berkontribusi pada pencapaian target IMO 2030 dengan kontribusi energi terbarukan 15.26%, sekaligus mengurangi emisi CO₂ karena penghematan bahan bakar. Penelitian ini membuktikan bahwa sistem TES *molten salt* yang dioptimalkan merupakan solusi efektif untuk dikarbonisasi sektor maritim.

Kata kunci: kapal *ferry Ro-Ro*, solar *photovoltaic*, *thermal energi storage*, *molten salt*.

OPTIMIZATION OF THERMAL ENERGY STORAGE (TES) IN SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM OF RO-RO FERRY SHIPS

Sabrina Retalia

ABSTRAK

Maritime transport accounts for 80% of global trade, but generates 2-3% of total global CO₂ emissions. The IMO 2023 strategy targets a 40% reduction in carbon intensity and the adoption of 5-10% zero-emission energy by 2030. Previous research has shown that photovoltaic (PV) systems on Ro-Ro ferries can generate 334 MWh per year with an efficiency of 7.76%, but still experience energy intermittency limitations. This study addresses these limitations by integrating Thermal Energy Storage (TES) based on a ternary molten salt mixture to optimize overall energy utilization. The researchers tested ten ternary molten salt NaNO₃-LiNO₃-Na₂SO₄ (NLN) compositions to identify the optimal formula based on thermodynamic properties using Engineering Equation Solver (EES). The analysis results show that the NLN-5 composition (32.5%NaNO₃-65%LiNO₃-2.5%Na₂SO₄) has the widest working point, with a melting point of 195.7°C and a decomposition temperature of 846.3°C. The integrated PV-TES system increased energy efficiency from 7.76% to 15.26% and annual electricity production from 334 MWh to 657 MWh. PV-TES technology significantly contributes to achieving the IMO 2030 target with a 15.26% contribution of renewable energy, while reducing CO₂ emissions due to fuel savings. This study proves that an optimized molten salt TES system is an effective solution for decarbonizing the maritime sector.

Keywords: *Ro-Ro ferry, solar photovoltaic, thermal energy storage, molten salt*