UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Kinerja Siklus Recuperative ORC, Regenerative ORC, KCS-11, dan KCS-34 Pada Pemanfaatan
Panas Buang dengan Rentang Temperatur 70 â€“ 200Â°C**
Adimas Radhi Mustafa, Dr. Ir. Hifni Mukhtar Ariyadi, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Pemulihan panas buang melalui siklus daya termodinamika merupakan salah satu strategi efisiensi energi paling efektif di sektor industri, mengingat sekitar 20–50% energi yang dikonsumsi sektor industri terbuang dalam bentuk panas buang. Pada rentang temperatur rendah-menengah, siklus Rankine uap konvensional kurang efektif, sehingga *Organic Rankine Cycle* (ORC) dan *Kalina Cycle System* (KCS) menjadi alternatif yang lebih sesuai. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan membandingkan kinerja termodinamika empat konfigurasi siklus daya yaitu *Recuperative* ORC, *Regenerative* ORC, KCS-11, dan KCS-34 untuk pemanfaatan panas buang pada rentang temperatur sumber panas 70–200°C, guna menentukan konfigurasi siklus paling optimal pada tiap rentang temperatur.

Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Engineering Equation Solver* (EES) dengan asumsi kondisi tunak (steady-state) dan *pinch point* evaporator sebesar 10 K. Untuk siklus ORC, tekanan evaporasi ditetapkan sama dengan tekanan saturasi fluida kerja pada temperatur masuk turbin, dengan empat fluida kerja yang dievaluas yaitu R245fa, R600, R600a, dan R1224yd(Z). Untuk siklus Kalina, analisis parametrik dilakukan dengan memvariasikan tekanan evaporasi (1–7 MPa), temperatur evaporasi (60–190°C), dan fraksi massa amonia dasar (0,60; 0,75; 0,90). Model divalidasi terhadap data jurnal referensi sebelum digunakan untuk analisis parametrik lebih lanjut. Parameter kinerja yang dievaluasi adalah efisiensi termal (η_{th}) dan daya keluaran neto ($\dot{W}_{net}$).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi termal *Recuperative* ORC dan *Regenerative* ORC masing-masing membentuk profil berbentuk kubah terhadap temperatur evaporasi, dengan puncak 16,68% (145°C) dan 19,7% (155°C). Pada rentang temperatur sumber panas 70–155°C, kedua konfigurasi ORC secara konsisten mengungguli kedua siklus Kalina, dengan *Regenerative* ORC mencapai daya bersih tertinggi 491,1 kW dan efisiensi termal 19,7% pada 155°C. Pada siklus Kalina, konsentrasi massa amonia 0,90 menghasilkan performa puncak pada rentang temperatur evaporasi 60–150°C, namun menjadi tidak layak secara termodinamika pada 180–190°C, di mana konsentrasi 0,60 tampil sebagai pilihan optimal. KCS-34 secara konsisten mengungguli KCS-11 di seluruh kondisi, mencapai efisiensi termal 20,06% dan daya bersih 663,8 kW pada temperatur sumber panas 200°C. Di atas 155°C, ketika kedua konfigurasi ORC tidak dapat beroperasi akibat keterbatasan temperatur kritis fluida kerjanya, KCS-34 menjadi satu-satunya pilihan yang layak. Berdasarkan hasil tersebut, disimpulkan bahwa *Regenerative* ORC dengan fluida R1224yd(Z) direkomendasikan untuk rentang temperatur sumber panas 70–155°C, sedangkan KCS-34 dengan konsentrasi massa amonia 0,60 direkomendasikan untuk rentang 155–200°C.

Kata kunci: *Organic Rankine Cycle*, *Kalina Cycle* System, KCS-11, KCS-34, pemulihan panas buang, efisiensi termal, daya keluaran neto, analisis termodinamika, EES

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Kinerja Siklus Recuperative ORC, Regenerative ORC, KCS-11, dan KCS-34 Pada Pemanfaatan
Panas Buang dengan Rentang Temperatur 70 â€“ 200Â°C**
Adimas Radhi Mustafa, Dr. Ir. Hifni Mukhtar Ariyadi, S.T., M.Sc., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Waste heat recovery through thermodynamic power cycles represents one of the most effective energy efficiency strategies in the industrial sector, given that approximately 20–50% of energy consumed by the industrial sector is dissipated as waste heat. At low-to-medium temperature ranges, conventional steam Rankine cycles become less effective, making the Organic Rankine Cycle (ORC) and Kalina Cycle System (KCS) more suitable alternatives. This study aims to analyze and compare the thermodynamic performance of four power cycle configurations, Recuperative ORC, Regenerative ORC, KCS-11, and KCS-34 for waste heat utilization over a heat source temperature range of 70–200°C, in order to determine the most optimal cycle configuration for each temperature range.

Modeling was conducted using Engineering Equation Solver (EES) software under steady-state assumptions with an evaporator pinch point of 10 K. For ORC cycles, the evaporation pressure was set equal to the working fluid saturation pressure at the turbine inlet temperature, with four working fluids evaluated: R245fa, R600, R600a, and R1224yd(Z). For Kalina cycles, parametric analysis was performed by varying the evaporation pressure (1–7 MPa), evaporation temperature (60–190°C), and basic ammonia mass concentration (0.60, 0.75, 0.90). The model was validated against reference literature data prior to further parametric analysis. The evaluated performance parameters were thermal efficiency (η_{th}) and net power output ($\dot{W}_{net}$).

Results show that the thermal efficiency of Recuperative ORC and Regenerative ORC each exhibit a dome-shaped profile with respect to evaporation temperature, peaking at 16.68% (145°C) and 19.7% (155°C), respectively. Across the heat source temperature range of 70–155°C, both ORC cycles consistently outperform both Kalina cycles, with Regenerative ORC achieving the highest net power output of 491.1 kW and thermal efficiency of 19.7% at 155°C. For Kalina cycles, an ammonia mass concentration of 0.90 yields peak performance over the evaporation temperature range of 60–150°C, but becomes thermodynamically infeasible at 180–190°C, where a concentration of 0.60 emerges as the optimal choice. KCS-34 consistently outperforms KCS-11 under all conditions, achieving a thermal efficiency of 20.06% and net power output of 663.8 kW at a heat source temperature of 200°C. Above 155°C, where both ORC configurations cannot operate due to the critical temperature limitations of their working fluids, KCS-34 becomes the sole viable option. Based on these results, Regenerative ORC with R1224yd(Z) is recommended for the heat source temperature range of 70–155°C, while KCS-34 with an ammonia mass concentration of 0.60 is recommended for the range of 155–200°C.

Keywords: Organic Rankine Cycle, Kalina Cycle, KCS-11, KCS-34, waste heat recovery, thermal efficiency, net power output, thermodynamic analysis, EES