INTEGRASI PEMODELAN TERMODINAMIKA DENGAN MACHINE LEARNING UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI TERMAL PLTP DARAJAT
OPAN ROPANDI, Dr.-Ing. Ir. Sihana; Dr.Eng. Ir. Dwi Joko Suroso, S.T., M. Eng., IPP.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTEGRASI PEMODELAN TERMODINAMIKA DENGAN *MACHINE LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI TERMAL PLTP DARAJAT

oleh

Opan Ropandi

Diajukan ke Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada pada 20 Mei 2026 untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat Magister Program Studi Teknik Fisika

INTISARI

Efisiensi termal Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Darajat menurun dari 21% kondisi desain menjadi 18% sebelum *overhaul* (OH). Penurunan ini terutama disebabkan oleh peningkatan tekanan *condenser* akibat menurunnya efektivitas sistem pendinginan seiring bertambahnya usia operasi PLTP yang telah melebihi tiga puluh tahun. Penurunan efisiensi termal mengakibatkan *heat rate* memburuk menjadi 19.940 kJ/kWh, jauh di bawah nilai saat *commissioning* 17.713 kJ/kWh, sehingga sulit mempertahankan target daya generator sebesar 55 MW. Pemodelan termodinamika yang sudah dilakukan Sukra et al. (2023) untuk menggambarkan kondisi operasi PLTP, namun masih terbatas karena belum terintegrasi dengan data parameter operasi *real-time* dan belum dilengkapi mekanisme prediksi untuk menghasilkan rekomendasi parameter operasi yang optimal.

Pemodelan termodinamika dilakukan menggunakan *Cycle-Tempo* dan Ms. Excel untuk mensimulasikan empat skenario operasi yaitu desain, *before OH*, *after OH*, *After Maintenance outage* dengan rata-rata *error* validasi 0,38% untuk Ms Excel dan 1,1% untuk *Cycle-Tempo*. Model *machine learning* dibangun menggunakan algoritma *AdaBoost* dengan tujuh fitur input (MWgen, T17, T10, P10, m4, CV10, dan P11) untuk menghasilkan rekomendasi posisi pembukaan control valve CV24 secara *real-time* guna mempertahankan target MWgen = 55 MW. Integrasi dilakukan melalui platform PI Vision sebagai antarmuka operator.

Model *AdaBoost* memiliki R^2=88,12%, RMSE=0,27%, dan MAPE=0,38%. Sistem rekomendasi berhasil memprediksi posisi CV24 optimal pada kondisi aktual 72,05% untuk mencapai target MWgen 55 MW. Keunggulan utama sistem ini adalah pengurangan waktu deteksi dan respons terhadap penurunan daya generator dari 2–3 hari menjadi kurang dari satu jam.

Integrasi pemodelan termodinamika dan *machine learning* berhasil mengembangkan sistem rekomendasi posisi CV24 secara *real-time* yang terintegrasi dengan PI Vision, sehingga operator dapat mempertahankan target daya generator 55 MW dengan respons yang lebih cepat dan akurat dibandingkan prosedur eksisting.

Kata kunci: Efisiensi termal*, AdaBoost, Condenser, Cycle-Tempo, machine learning.*

Pembimbing Utama : Dr.-Ing. Ir. Sihana.
Pembimbing Pendamping : Dr.Eng. Ir. Dwi Joko Suroso, S.T., M. Eng., IPP.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
INTEGRASI PEMODELAN TERMODINAMIKA DENGAN MACHINE LEARNING UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI TERMAL PLTP DARAJAT
OPAN ROPANDI, Dr.-Ing. Ir. Sihana; Dr.Eng. Ir. Dwi Joko Suroso, S.T., M. Eng., IPP.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTEGRATION OF THERMODYNAMIC MODELING WITH MACHINE LEARNING TO IMPROVE THE THERMAL EFFICIENCY OF DARAJAT GEOTHERMAL POWER PLANT

by

Opan Ropandi

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada as one of the requirement to obtain the Master's Degree in Engineering Physics

ABSTRACT

The thermal efficiency of the Darajat Geothermal Power Plant (GPP) decreased from 21% at design condition to 18% before the overhaul (OH). This decline is primarily caused by increased condenser pressure due to the decreasing effectiveness of the cooling system as the plant's operating age has exceeded thirty years. The decrease in thermal efficiency has worsened the heat rate to 19.940 kJ/kWh, far below the commissioning value of 17.713 kJ/kWh, making it difficult to maintain the generator power target of 55 MW. The thermodynamic modeling conducted by Sukra et al. (2023) describes the plant's operating conditions but remains limited as it is not integrated with real-time operational parameter data and lacks a predictive mechanism to generate optimal operational parameter recommendations.

Thermodynamic modeling was performed using Cycle-Tempo and MS Excel to simulate four operational scenarios: design, before OH, after OH, and after maintenance outage, with average validation errors of 0,38% for MS Excel and 1,1% for Cycle-Tempo. A machine learning model was developed using the AdaBoost algorithm with seven input features (MWgen, T17, T10, P10, m4, CV10, and P11) to generate real-time recommendations for the opening position of the CV24 control valve to maintain the target MWgen of 55 MW. Integration was accomplished through the PI Vision platform as the operator interface.

The AdaBoost model achieved an R^2 = 88,12%, RMSE = 0,27 MW, and MAPE = 0,38%. The recommendation system successfully predicted the optimal CV24 position under actual conditions at 72,05% to achieve the 55 MW generator power target. The main advantage of this system is the reduction in detection and response time to generator power decrease from 2–3 days to less than one hour.

The integration of thermodynamic modeling and machine learning successfully developed a real-time CV24 position recommendation system integrated with PI Vision, enabling operators to maintain the 55 MW generator power target with faster and more accurate response compared to existing procedures.

Keywords: Thermal efficiency, AdaBoost, Condenser, Cycle-Tempo, machine learning

Supervisor : Dr.-Ing. Ir. Sihana.
Co-Supervisor : Dr.Eng. Ir. Dwi Joko Suroso, S.T., M. Eng., IPP.