

## PERANCANGAN DAN ANALISIS SISTEM KONTROL EVAPORATOR PARSIAL PADA SIKLUS RANKINE ORGANIK BERBASIS KENDALI PREDIKTIF MODEL

Muhammad Naufal Rozaan

21/477465/TK/52587

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 15 Juli 2025  
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat  
Sarjana Program Studi Teknik Fisika

### INTISARI

Siklus Rankine Organik dengan evaporator parsial (PE-ORC) dengan fluida kerja kering menawarkan pemanfaatan kalor buang yang lebih efisien dibandingkan ORC. Namun, karakteristik kalor buang yang bersifat fluktuatif dan intermiten menyebabkan operasi (kualitas uap dan temperatur fluida kerja) menjadi tidak stabil. Penelitian ini merancang dan menganalisis sistem pengendalian evaporator parsial PE-ORC untuk meregulasi fluktuasi tersebut.

Model termodinamika PE-ORC untuk penukar kalor tipe pelat dibuat menggunakan metode  $\varepsilon - NTU$  agar mendapatkan kondisi tunak dan transien. Data transien digunakan pada proses identifikasi sistem untuk mendapatkan model evaporator parsial PE-ORC. Model proses dikombinasikan dengan fungsi transfer katup kendali, lalu diubah ke bentuk ruang-keadaan diskrit untuk perancangan kendali prediktif model (MPC). Penyetelan parameter MPC dilakukan dengan menentukan bobot fungsi biaya Lagrange, bobot fungsi biaya Meyer, biaya penalti masukan, dan *horizon* prediksi.

Hasil identifikasi sistem dan validitas model menghasilkan model Box-Jenkins orde 3 dengan laju aliran masa ( $\dot{m}_{hs,in}$ ) sebagai masukan dan temperatur serta kualitas uap setelah evaporator parsial keluaran ( $T_1$  dan  $x_1$  berturut-turut) sebagai keluaran, dengan persentase kecocokan masing-masing keluaran sebesar 88,08% dan 61,6%. Desain MPC awal menunjukkan deviasi pada keluaran  $T_1$  dengan  $\Delta T = 0,13$  K dan  $\%OS > 7,6\%$ . Setelah penyetelan parameter MPC, objektif pengendalian difokuskan pada keluaran  $T_1$  dengan  $\Delta T = 0$  K dan  $\%OS$  yang diminimalkan pada rentang 1,3-1,9% untuk seluruh pengendalian. Secara keseluruhan, penyetelan MPC meningkatkan stabilitas kendali evaporator parsial PE-ORC dan meminimalkan deviasi  $T_1$ .

**Kata kunci :** Identifikasi sistem, Penyetelan MPC, PE-ORC.

Pembimbing Utama : Dr.-Ing. Awang N. I. Wardana, S.T., M.T., M.Sc.

Pembimbing Pendamping : Dr. Eng. Sindu Daniarta, S.T., M.Sc., Ph.D.



## DESIGN AND ANALYSIS OF PARTIAL EVAPORATION CONTROL SYSTEM IN ORGANIC RANKINE CYCLE BASED ON MODEL PREDICTIVE CONTROL

Muhammad Naufal Rozaan

21/477465/TK/52587

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Engineering Physics  
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on July 15, 2025  
in partial fulfillment of the requirement for the Degree of  
Bachelor of Engineering in Engineering Physics

### ABSTRACT

The organic Rankine cycle with a partial evaporator (PE-ORC) with dry working fluids offers more efficient utilization of waste heat compared to ORC. However, the inherently fluctuating and intermittent nature of waste heat sources leads to unstable operations (vapor quality and temperature of working fluids). This study therefore designed and analyzed a control system for the partial evaporator in a PE-ORC to regulate those fluctuations.

Thermodynamic model of the PE-ORC using a plate heat exchanger was developed via the  $\varepsilon - NTU$  method to capture both steady-state and transient conditions. Transient data were used in the system identification process to obtain the PE-ORC partial-evaporator model. This process model was then integrated with the control-valve transfer function and converted into a discrete-time state-space form for Model Predictive Control (MPC) design. MPC tuning was performed by selecting appropriate weights for the Lagrange and Meyer cost functions, input-penalty costs, and prediction horizon.

System identification and model validation produced a third-order Box-Jenkins model with mass-flow rate  $\dot{m}_{hs,in}$  as input, and temperature and vapor quality after the partial evaporator ( $T_1$  and  $x_1$ , respectively) as outputs, achieving fit percentages of 88.08% and 61.6%, respectively. The initial MPC design exhibited a deviation in  $T_1$  of  $\Delta T = 0.13$  K and an overshoot 7.6%. After tuning the MPC parameters, the control objective was focused on the  $T_1$  output, achieving  $\Delta T = 0$  K and reducing the overshoot to the 1.3-1.9% range across all control scenarios. Overall, MPC tuning substantially enhanced the stability of the PE-ORC partial-evaporator control and minimized temperature deviations of  $T_1$ .

**Keywords :** *System identification, Tuning MPC, PE-ORC.*

Supervisor : Dr.-Ing. Awang N. I. Wardana, S.T., M.T., M.Sc.

Co-supervisor : Dr. Eng. Sindu Daniarta, S.T., M.Sc., Ph.D.

