

**PERFORMA MESIN PANAS OTTO KUANTUM
DENGAN KONDENSASI BOSE-EINSTEIN
DALAM POTENSIAL EKSTERNAL 3D**

SKRIPSI



diajukan oleh :

**Zahara Zettira
1910441024**

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

**Trengginas Eka Putra Sutantyo, M.Si
NIP. 199307302019031010**

**Dr. Zulfi, M.Si
NIP. 1968030331997031002**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2023

**PERFORMA MESIN PANAS OTTO KUANTUM
DENGAN KONDENSASI BOSE-EINSTEIN
DALAM POTENSIAL EKSTERNAL 3D**

SKRIPSI

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dari Universitas Andalas**



**Zahara Zettira
1910441024**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2023

PERFORMA MESIN PANAS OTTO KUANTUM DENGAN KONDENSASI BOSE-EINSTEIN DALAM POTENSIAL EKSTERNAL 3D

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mesin panas Otto kuantum dengan gas boson dalam dua fasa; fasa non kondensasi dan fasa Kondensasi Bose-Einstein-BEC dalam perangkaian potensial eksternal tergeneralisasi- n sebagai bahan bakar. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan model teoritis mesin berupa daya dan efisiensi serta menganalisis aspek fisis parameter tersebut. Siklus ditinjau secara kuasistatik dan endoreversibel, namun ekspansi dan kompresi pada keduanya dijalankan isentropik sehingga formulasi efisiensinya sama. Daya nol pada kuasistatik karena siklus yang lambat, sebaliknya waktu termalisasi pada endoreversibel berhingga sehingga daya tidak nol. Daya dimaksimalkan terhadap kompresi rasio (κ) untuk memperoleh efisiensi pada daya maksimum (EMP). Hasil yang didapatkan EMP lebih tinggi pada fasa BEC dibandingkan fasa non kondensasi. EMP non kondensasi tepat sama dengan efisiensi Curzon-Ahlborn, dan sama untuk semua n . Sedangkan pada BEC, EMP tertinggi diberikan $n = 1$ dan terus menurun sering dengan meningkatnya n . Sebaliknya, formulasi efisiensi meningkat seiring dengan n , sehingga untuk kompresi rasio kecil potensial $n \rightarrow \infty$ lebih efisien dari n yang lain. Pemberian variasi waktu pemanasan (τ_h) dan pendinginan (τ_l) didapat juga berdampak terhadap EMP, yakni apabila τ_h dan τ_l disamakan, EMP menurun sering dengan bertambahnya τ_h dan τ_l , namun pada n tinggi perubahan tersebut tidak terlalu signifikan. Di sisi lain pemberian nilai berbeda pada τ_h dan τ_l dapat meningkatkan atau menurunkan EMP secara signifikan. Pada τ_h yang relatif lebih lama dari τ_l , EMP menurun mendekati efisiensi Curzon-Ahlborn. Sedangkan jika τ_l relatif lebih lama dari τ_h , EMP meningkat melebihi EMP saat $\tau_h = \tau_l$. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa termalisasi tak sempurna meningkatkan EMP melalui koherensi residu pada BEC.

Kata kunci: BEC, temperatur kritis, non kondensasi, endoreversibel, kuasistatik, isentropik, EMP, koherensi, efisiensi Curzon-Ahlborn.

THE PERFORMANCE OF QUANTUM OTTO ENGINE WITH BOSE-EINSTEIN CONDENSATE TRAPPED IN 3 DIMENSIONS EXTERNAL POTENTIAL

ABSTRACT

The study of quantum Otto heat engine has been conducted in two distinct phases of Bose gases; non-condensation phase and condensation phase (BEC) within n -generalized external potential trap as working medium. The aim of this study is to obtain a theoretical engine model of power and efficiency, as well as to analyze those physical parameters. The cycle is considered as quasi-static and endoreversible whose similar efficiency formulation if both expansion and compression done isotopically. The power in quasi-static is equally zero in a slow cycle speed, otherwise, the finite thermalization time of endoreversible keeps the power above zero. By deriving the maximum power to compression ratio (κ), the efficiency at maximum power or EMP can be obtained. The result shows that EMP is higher in BEC phase compared to non-condensed phase whose EMP equal to the Curzon-Ahlborn efficiency for every n . While for BEC phase, the highest EMP is shown in $n = 1$ and goes down as the n increased. In contrast, the efficiency increases along with the increasing n , so that the smallest compression ratio is shown in $n \rightarrow \infty$. Variations in heating (τ_h) and cooling (τ_l) stroke time also impact EMP. If τ_h and τ_l are equated, EMP is slightly deplete with increasing τ_h and τ_l . On the other hand, assigning distinct values to τ_h and τ_l can lead to a significant rise or fall in EMP. When τ_h is notably longer than τ_l , EMP is gradually decreases and approaches the Curzon-Ahlborn efficiency. Conversely, if τ_l relatively exceeds τ_h , EMP improves and surpasses the EMP at $\tau_h = \tau_l$. In conclusion, incomplete thermalization enhances EMP through the coherence of residues in BEC.

Keywords: BEC, critical temperature, non condensate, endoreversible, quasistatic, isentropic, EMP, coherence, Curzon-Ahlborn efficiency.