

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Saat ini masyarakat membutuhkan energi yang dapat dimanfaatkan dari lingkungan. Topik riset mengenai energi menjadi topik unggulan Kementerian Badan Riset dan Inovasi Nasional karena kebutuhan energi semakin besar seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia. Hampir semua energi yang diproduksi seperti dari bahan bakar fosil, reaksi nuklir, atau geotermal berbentuk energi panas, sedangkan masyarakat membutuhkan energi mekanik untuk menyalakan mesin. Maka dari itu, mesin panas pun diciptakan. Mesin tersebut merupakan sebuah alat yang dapat mengubah energi panas menjadi kerja/usaha mekanis. Dalam ilmu termodinamika, terdapat empat proses dasar yaitu proses adiabatik, isotermik, isobarik, dan isokhorik. Dari proses dasar tersebut, dapat tercipta suatu siklus seperti siklus Carnot, Brayton, dan sebagainya. Siklus-siklus tersebut diterapkan pada mesin panas. Mesin panas ini memainkan peranan penting dalam kehidupan sehari-hari masyarakat saat ini secara langsung maupun tidak langsung.

Kemajuan teknologi saat ini semakin pesat, salah satunya pada bidang transportasi. Jika ingin berpindah dari kota satu ke kota lain, atau negara satu ke negara yang lain, pesawat bisa jadi jawabannya. Pesawat tersebut dilengkapi suatu piranti yang disebut mesin turbin gas. Mesin tersebut merupakan salah satu penerapan dari siklus Brayton. Mesin gas turbin biasanya digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dan sebagai basis untuk mesin jet pada pesawat dan roket.

Akan tetapi, mesin Brayton masih memiliki kekurangan yaitu pada efisiensi termalnya. Efisiensi pada mesin Brayton maksimum sebesar 55%, sehingga masih perlu ditingkatkan. Mesin panas kuantum menawarkan solusi atas permasalahan efisiensi mesin Brayton. Mesin ini memiliki substansi kerja yang berbeda dengan mesin panas klasik. Mesin panas klasik memiliki substansi kerja berupa gas ideal

monoatomik, sedangkan mesin panas kuantum berupa partikel tunggal. Model sistem yang dipakai dalam termodinamika klasik adalah silinder berpiston yang berisi gas ideal. Gas yang ada di dalam silinder tersebut terjebak dan tidak akan bisa keluar dari silinder. Piston yang terpasang pada silinder dapat mengompresi dan mengekspansi gas tersebut. Maka dari itu, sistem kuantum yang memiliki analogi terdekat dengan sistem termodinamika klasik adalah sumur potensial tak berhingga yang berisi partikel tunggal (Akbar, Latifah dan Wisodo, 2016). Partikel tersebut terjebak di dalam sumur potensial dan tidak bisa keluar dari sumur tersebut. Dinding sumur potensial tersebut dapat mengompresi dan mengekspansi partikel.

Berdasarkan kecepatannya, partikel terbagi menjadi dua jenis, yaitu non-relativistik dan relativistik. Partikel relativistik terbagi menjadi dua berdasarkan spin, yaitu partikel fermion dengan spin-1/2 bilangan bulat dan boson dengan spin bilangan bulat. Namun, beberapa partikel relativistik memiliki massa yang sangat kecil, seperti foton (Greiner, 2000). Penelitian mesin panas kuantum telah dilakukan oleh sebagian peneliti seperti mesin Otto kuantum (Latifah dan Purwanto, 2013; Akbar, Latifah dan Wisodo, 2016; Setyo dan Latifah, 2018), Carnot (Bender, Brody dan Meister, 2000; Latifah dan Purwanto, 2011; Eka *et al.*, 2015; Husin *et al.*, 2015; Munoz dan Pena, 2018), Diesel (Latifah dan Purwanto, 2013; Setyo *et al.*, 2018), dan Brayton (Akbar, Latifah dan Wisodo, 2018; Singh, 2019) dan hasil yang didapatkan mirip dengan sistem klasiknya. Pada mesin Brayton kuantum dilakukan oleh M.S. Akbar, (2018) dengan partikel *massless* Boson dan S. Singh, (2019) dengan partikel non-relativistik. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, yaitu menggunakan sistem kuantum berupa sumur potensial 1 dimesi, Husin dan Sutantyo menggunakan sumur potensial 2 dimensi dan 3 dimesi yang kemudian diterapkan ke mesin Carnot kuantum. Hasil yang didapat sama seperti versi klasiknya, tetapi efisiensi yang dihasilkan dengan sumur potensial 3 dimensi lebih tinggi dibandingkan dengan 1 dan 2 dimensi. Banyak penelitian yang memakai partikel non-relativistik sebagai substansi kerja. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Munoz dan Deny berbeda dari yang dikerjakan oleh banyak peneliti, yaitu menggunakan partikel fermion sebagai substansi kerjanya. Kajian mengenai

mesin panas kuantum dengan pendekatan relativistik dan dengan sistem sumur potensial yang berbeda merupakan penelitian teoritik yang jarang dilakukan sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut. Pada penelitian ini akan dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan sistem sumur potensial tak berhingga 1 hingga 3 dimensi dengan menggunakan tiga 3 jenis partikel, yaitu non-relativistik, *massless* boson, dan *massless* fermion sebagai substansi kerja.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah seperti berikut ini.

1. Bagaimana bentuk formulasi efisiensi mesin Brayton kuantum dengan partikel non-relativistik dan relativistik sebagai substansi kerja pada sumur potensial tak berhingga 1, 2, dan 3 dimensi?
2. Bagaimana perbandingan nilai efisiensi antara mesin Brayton versi klasik dengan kuantum?
3. Bagaimana perbandingan konstanta Laplace antara mesin Brayton versi klasik dengan kuantum?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. mengetahui bentuk formulasi efisiensi mesin Brayton kuantum dengan partikel non-relativistik dan relativistik sebagai substansi kerja pada sumur potensial tak berhingga 1, 2, dan 3 dimensi;
2. mengetahui perbandingan nilai efisiensi mesin Brayton versi klasik dengan kuantum;
3. mengetahui perbandingan nilai konstanta Laplace antara mesin Brayton versi klasik dengan versi kuantum.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini ialah seperti berikut ini.

1. Penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk penelitian lebih lanjut mengenai mesin panas kuantum.

2. Memenuhi tugas dan syarat untuk mendapatkan gelar sarjana strata satu (S1) di Program Studi Fisika Institut Teknologi Kalimantan.

### 1.5 Batasan Masalah

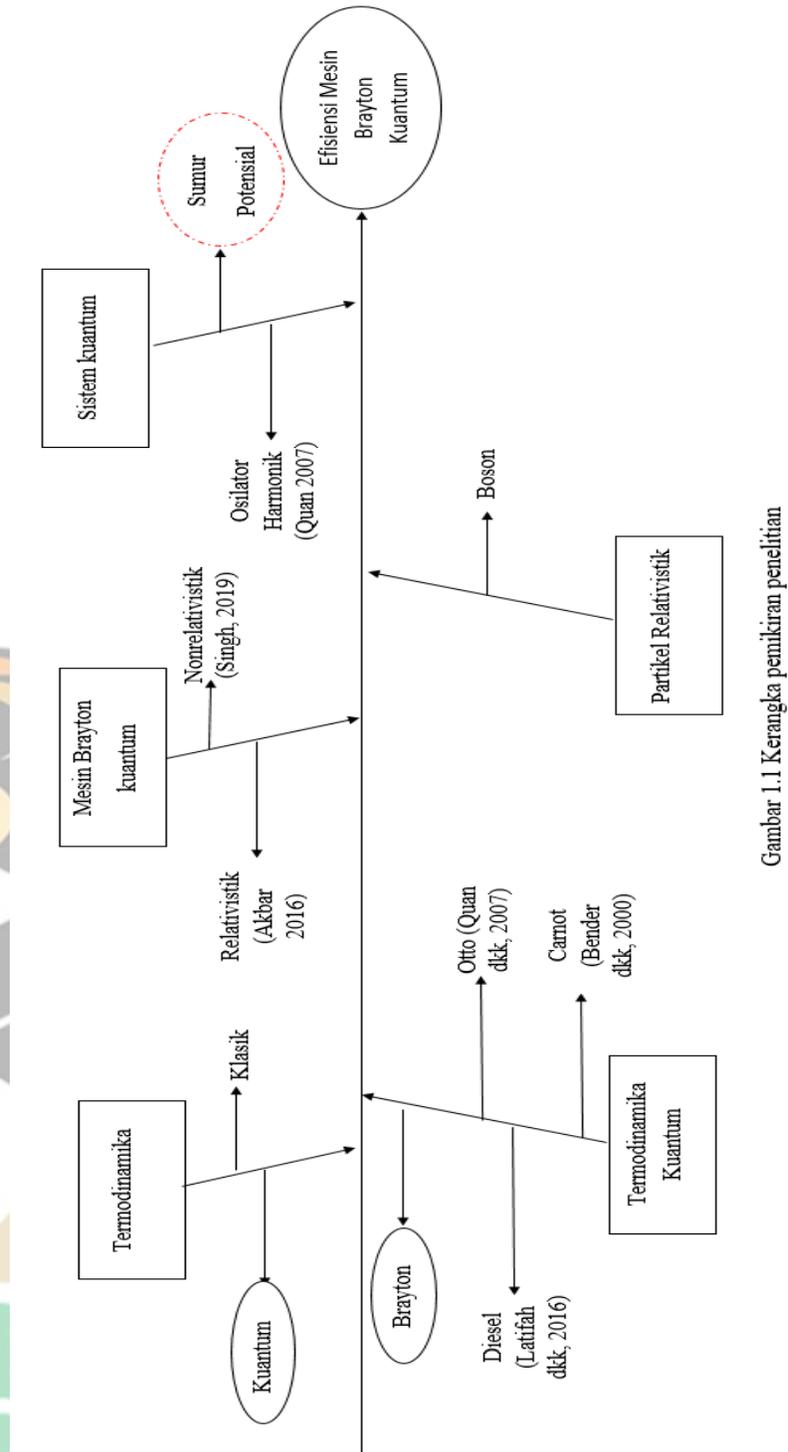
Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah seperti berikut ini.

1. Mesin klasik yang menjadi acuan ialah mesin Brayton yang memiliki substansi kerja berupa gas ideal monoatomik.
2. Sistem kuantum yang digunakan yaitu sumur potensial tak berhingga 1, 2, dan 3 dimensi yang simetris dan berisi satu partikel.
3. Hanya dua level energi berkontribusi pada fungsi gelombang di dalam sumur potensial.
4. Partikel relativistik yang digunakan berupa partikel *massless* Boson.

### 1.6 Kerangka Pemikiran Penelitian

Berikut ini merupakan diagram kerangka pemikiran penelitian.





Gambar 1.1 Kerangka pemikiran penelitian