

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Entropi pertama kali diperkenalkan dalam konteks termodinamika. Entropi adalah fungsi keadaan, dan dapat dipandang sebagai ukuran keteraturan atau ketidakteraturan suatu sistem. Seluruh alam semesta akan bergerak menuju keadaan yang semakin tidak teratur, tidak terencana, dan tidak terorganisir (Giancoli, 1998). Entropi mulai diperkenalkan sebagai istilah ilmiah pada paruh kedua abad ke-19, pada abad ke-20 istilah ini menjadi lebih umum digunakan dalam percakapan sehari-hari. Entropi dianggap memiliki konotasi negatif dan dikaitkan dengan istilah kekacauan dan ketidakteraturan di alam semesta, kehidupan, dan masyarakat. Namun, melalui eksplorasi sejarah istilah ini dan berbagai pendekatan yang berbeda, kita dapat melihat bahwa entropi sebenarnya memiliki definisi yang lebih luas dan tidak selalu mengacu pada ketidakteraturan (Koutsoyiannis & Sargentis, 2021). Entropi dalam Termodinamika sendiri berawal dari Clausius. Rudolf Clausius menciptakan istilah entropi dari bahasa Yunani yaitu *Entropein* yang berarti transformasi dan perubahan (Greven et al, 2003). Boltzmann merumuskan entropi dengan merujuk pada jumlah total keadaan mikro yang dapat diakses oleh suatu sistem yang terdiri dari sejumlah besar partikel, tetapi yang ditentukan oleh parameter makroskopik, yaitu energi ( $E$ ), volume ( $V$ ), dan jumlah partikel ( $N$ ) (Ben-Naim, 2019).

Konsep panah waktu sering kali terkait dengan hukum kedua termodinamika, yaitu entropi yang merupakan ukuran ketidakteraturan atau kekacauan dalam suatu sistem, cenderung meningkat seiring berjalannya waktu. Panah waktu merupakan suatu pandangan asimetris terhadap waktu dimana waktu hanya punya satu arah saja (Marfuatun, 2023). Peningkatan entropi dan kompleksitas dari waktu ke waktu dipandang sebagai aspek fundamental dari panah waktu (Mikhailovsky & Levich, 2015). Konsep panah waktu juga terlibat dalam pemikiran filosofis dan kosmologi. Diskusi tentang arah waktu seringkali melibatkan pertanyaan fundamental tentang sifat waktu dan apakah waktu bisa berjalan mundur. Ciri paling mendasar dari dunia ini adalah bahwa dunia sangat asimetris secara temporal, seperti yang ditunjukkan oleh pengalaman yang kita alami, manusia memiliki jejak masa lalu dalam ingatan dan tidak adanya jejak pada masa depan. Manusia dapat memiliki dampak pada kejadian-kejadian di masa depan tanpa ada kemungkinan untuk memiliki dampak yang sama di masa lalu. Sementara itu masa depan tampaknya terbuka, sementara masa lalu tetap dan tidak dapat diubah (Gołosz, 2021).

Adanya kontroversi dari berbagai pendapat mengenai hubungan entropi dan panah waktu menjadi sebuah perdebatan. Apakah entropi terkait dengan panah waktu atau tidak, masih menjadi diskusi panjang hingga hari ini. Beberapa pendapat mengatakan bahwa entropi memiliki hubungan dengan waktu, karena keduanya memiliki sifat yang sama, yaitu irreversibel. Pendapat yang lain mengatakan bahwa entropi tidak memiliki hubungan dengan waktu, karena entropi sendiri adalah fungsi keadaan dan bukan fungsi dari waktu. Semua itu menimbulkan perdebatan di dunia fisika ataupun filsafat (Ben-Naim, 2020). Dengan metode penelitian *Systematic Literature Review* (SLR), menggunakan berbagai referensi dan dan pandangan yang berbeda mengenai entropi dan panah waktu. SLR merupakan tinjauan metodologis yang ketat terhadap hasil-hasil penelitian. Tujuan dari SLR tidak hanya untuk mengumpulkan semua bukti yang ada pada pertanyaan penelitian, tetapi juga dimaksudkan untuk mendukung pengembangan pedoman berbasis bukti bagi para praktisi. Penulis akan membandingkan dan menganalisis, hasil dari tiap referensi yang telah didapatkan (Hadi el al., 2020). Penelitian ini akan mencoba memberikan kontribusi pada pemahaman tentang entropi yang merupakan konsep dasar yang fundamental dalam fisika. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis hubungan entropi terhadap panah waktu dan merumuskan persamaan entropi dalam konteks entropi termodinamika dan entropi Boltzmann, serta menerapkan konsep entropi dalam simulasi 2 dimensi menggunakan distribusi Maxwell-Boltzmann pada program Python.

## **1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah**

### **Identifikasi Masalah**

Konsep fisika, seperti entropi dan panah waktu, mungkin sulit dipahami secara menyeluruh. Panah waktu adalah konsep yang mengacu pada sifat waktu yang hanya memiliki satu arah, yaitu dari masa lalu ke masa depan. Konsep ini telah menjadi salah satu misteri terbesar dalam fisika dan filsafat. Entropi selalu menuju ketidakteraturan atau kekacauan, entropi tidak dapat dibalik, sehingga prosesnya disebut irreversibel. Begitu pula dengan konsep waktu, dimana waktu tidak dapat dibalik atau selalu menuju masa depan. Tetapi penjelasan ini tidak serta-merta bisa mengaitkan dan menghubungkan entropi dan panah waktu secara eksplisit. Terdapat perbedaan pendapat dikalangan ilmuwan terkait hubungan antara entropi dan panah waktu. Identifikasi masalah dapat mencakup perbedaan sudut pandang dan teori yang ada. Tujuan utamanya adalah menganalisis hubungan entropi dan panah waktu menggunakan metode

*Systematic Literature Review* (SLR). Identifikasi masalah ini melibatkan entropi dan panah waktu sebagai dua variabel yang akan didapatkan kesimpulannya.

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan penjelasan identifikasi masalah diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah entropi memiliki hubungan terhadap panah waktu?
2. Bagaimana perumusan persamaan entropi dalam konteks entropi termodinamika dan entropi Boltzmann?
3. Bagaimana penerapan konsep entropi dalam simulasi 2 dimensi menggunakan distribusi Maxwell-Boltzmann pada program python?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis hubungan entropi terhadap panah waktu.
2. Menurunkan perumusan persamaan entropi dalam konteks entropi termodinamika dan entropi Boltzmann
3. Melakukan penerapan konsep entropi dalam simulasi 2 dimensi menggunakan distribusi Maxwell-Boltzmann pada program Python.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### **Manfaat Bagi Mahasiswa**

1. Mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep entropi dan panah waktu dalam konteks fisika dan bidang yang terkait didalamnya.
2. Mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan analisis kritis yang diperlukan dalam dunia akademis.
3. Mahasiswa dapat memproses dan menyusun kajian literatur yang akan membantu dalam memperbaiki keterampilan penulisan ilmiah, seperti merumuskan argumen yang konsisten, mempresentasikan ide dengan jelas, dan merujuk pada sumber-sumber secara tepat.

#### **Manfaat Bagi Masyarakat**

1. Penelitian ini dapat membantu masyarakat untuk memahami konsep-konsep fundamental dalam fisika, termodinamika, dan teori informasi yang mendasari banyak aspek dalam kehidupan sehari-hari.
2. Pemahaman lebih baik tentang hubungan antara entropi dan waktu dapat memengaruhi bidang teknologi, terutama dalam

pengembangan sistem informasi, teknologi energi, dan pemahaman tentang alam semesta.

3. Penelitian ini dapat memperkenalkan konsep entropi dan panah waktu yang memiliki implikasi dalam berbagai bidang. Pemahaman yang lebih baik dapat memberikan wawasan bagi pengambilan keputusan yang lebih baik dalam bidang-bidang tersebut.