

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Termodinamika merupakan salah satu mata kuliah fundamental dalam Program Studi Pendidikan Fisika yang mengkaji hubungan antara energi, kalor, suhu, dan kerja sebagai besaran fisis utama dalam sistem makroskopik (Lee & Ramamurthi, 2022). Penguasaan konsep termodinamika menjadi sangat krusial karena berperan sebagai landasan dalam memahami berbagai fenomena alam serta prinsip kerja teknologi konversi energi yang berkembang pesat saat ini (Castañeda *et al.*, 2022).

Karakteristik materi termodinamika yang bersifat makroskopis dan abstrak sering kali menimbulkan hambatan bagi mahasiswa dalam membangun pemahaman konseptual yang mendalam. Kesulitan tersebut umumnya muncul ketika pembelajaran tidak didukung oleh representasi fisis yang nyata dan kontekstual. Akibatnya, mahasiswa cenderung memahami konsep secara matematis tanpa mampu mengaitkannya dengan fenomena fisis yang sebenarnya (Lee & Ramamurthi, 2022).

Dalam praktik pembelajaran di perguruan tinggi, materi termodinamika masih sering disampaikan melalui pendekatan yang menekankan aspek teoritis. Hal ini menyebabkan mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep karena tingginya tuntutan matematis dan ketidakmampuan dalam mengintegrasikan konsep fisika secara menyeluruh (Sutarja & Wulandari, 2021). Menurut Haryadi *et al.* (2026), Pembelajaran yang terlalu berfokus pada penyelesaian matematis tanpa disertai eksplorasi fenomena fisis dapat menghambat kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa, karena mahasiswa cenderung hanya memahami representasi simbolik tanpa mengaitkannya dengan makna konsep secara mendalam.

Kondisi ini sejalan dengan temuan Kilde Löfgren *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa keterlibatan mahasiswa dalam aktivitas laboratorium, khususnya yang melibatkan penggunaan model fisik dan simulasi, berperan penting dalam membantu mahasiswa menghubungkan model teoretis dengan fenomena nyata yang mendasarinya. Oleh karena itu, diperlukan media

pembelajaran yang mampu memfasilitasi mahasiswa dalam menghubungkan konsep-konsep matematis dengan fenomena fisis sehingga pembelajaran termodinamika tidak hanya berorientasi pada penyelesaian persamaan, tetapi juga pada pemahaman konsep secara menyeluruh.

Pembelajaran termodinamika perlu didukung oleh kegiatan yang mampu menghadirkan pengalaman fisis secara konkret. Walsh *et al.* (2022) menunjukkan bahwa kegiatan laboratorium yang difokuskan pada keterampilan eksperimen dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta pemahaman terhadap praktik ilmiah. Dalam konteks ini, media pembelajaran berperan strategis untuk menjembatani konsep abstrak tersebut. Arsyad (2014) mendefinisikan media pembelajaran sebagai sarana untuk menyalurkan pesan dan merangsang aktivitas kognitif peserta didik. Media berbasis eksperimen berfungsi sebagai sarana eksplorasi fenomena fisis yang mendukung terbentuknya pemahaman konseptual yang lebih komprehensif.

Salah satu konsep penting dalam termodinamika adalah efek Seebeck, yaitu munculnya beda potensial listrik akibat adanya perbedaan suhu pada suatu material. Prinsip ini merupakan dasar dalam teknologi termoelektrik modern yang menghubungkan konversi energi panas menjadi energi listrik (Yazawa *et al.*, 2021). Secara luas, prinsip ini diaplikasikan dalam perangkat termokopel sebagai sensor suhu yang andal.

Secara fisis, fenomena efek Seebeck tidak hanya dapat diamati sebagai gejala makroskopik berupa munculnya beda potensial listrik akibat perbedaan temperatur, tetapi juga berkaitan dengan mekanisme mikroskopik di dalam material. Perbedaan temperatur menyebabkan distribusi energi pembawa muatan menjadi tidak merata sehingga pembawa muatan berdifusi dari daerah bersuhu tinggi menuju daerah bersuhu rendah. Perpindahan tersebut menghasilkan akumulasi muatan yang kemudian membentuk beda potensial listrik (Goldsmid, 2016; Rowe, 2018). Pemahaman mengenai keterkaitan antara mekanisme mikroskopik dan fenomena makroskopik ini penting agar mahasiswa tidak hanya memahami hubungan matematis antara suhu dan tegangan, tetapi juga mampu menjelaskan mekanisme fisis yang mendasari proses konversi energi panas menjadi energi listrik.

Salah satu penerapan efek Seebeck yang banyak digunakan adalah termokopel, yaitu sensor suhu yang bekerja dengan memanfaatkan beda potensial listrik akibat adanya perbedaan temperatur pada dua material yang berbeda (Yazawa et al., 2021). Dalam konteks pembelajaran, prinsip kerja termokopel memiliki potensi untuk digunakan sebagai media pembelajaran karena memungkinkan mahasiswa mengamati secara langsung hubungan antara perbedaan suhu dengan tegangan listrik yang dihasilkan. Namun, media pembelajaran yang tersedia umumnya masih menggunakan perangkat yang bersifat komersial atau tertutup sehingga mahasiswa lebih banyak berperan sebagai pengguna alat daripada memahami prinsip kerja sensor yang mendasarinya. Kondisi tersebut menyebabkan proses eksplorasi dan konstruksi konsep oleh mahasiswa menjadi kurang optimal (Söderström, 2022).

Salah satu material yang berpotensi digunakan dalam pengembangan sensor suhu berbasis efek Seebeck adalah grafit. Grafit merupakan salah satu bentuk alotrop karbon yang memiliki struktur kristal berlapis (layered structure) dengan konduktivitas listrik dan konduktivitas termal yang baik, sehingga mampu menghantarkan panas sekaligus memfasilitasi perpindahan pembawa muatan listrik (Yazawa et al., 2021). Selain memiliki sifat konduktif, grafit juga mudah diperoleh, relatif murah, mudah dibentuk, serta dapat diaplikasikan pada media sederhana, misalnya melalui goresan pensil pada kertas. Karakteristik tersebut menjadikan grafit berpotensi dimanfaatkan sebagai material termoelektrik sederhana yang mampu menghasilkan beda potensial listrik ketika terjadi gradien temperatur sesuai dengan prinsip efek Seebeck (Goldsmid, 2016).

Penelitian Mulla dan Dunnill (2021) menunjukkan bahwa grafit pada substrat kertas dapat dimanfaatkan sebagai material termoelektrik berbiaya rendah yang menghasilkan tegangan listrik akibat perbedaan suhu. Oleh karena itu, grafit dipilih sebagai material utama dalam pengembangan sensor suhu pada penelitian ini karena memiliki karakteristik fisis yang mendukung fenomena termoelektrik, mudah difabrikasi, serta sesuai digunakan sebagai media pembelajaran berbasis eksperimen sederhana.

Oleh karena itu, pembelajaran termodinamika perlu melibatkan mahasiswa secara aktif melalui kegiatan eksperimen (Panuluh, 2022). Keterlibatan ini membantu mahasiswa memahami konsep secara lebih mendalam dan tidak hanya mengikuti prosedur penggunaan alat tanpa memahami prinsip fisis yang mendasarinya (Walsh *et al.*, 2022). Selain itu, kegiatan pembelajaran perlu dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang bermakna (Wörner *et al.*, 2022). Pengalaman eksperimen memungkinkan mahasiswa menghubungkan konsep fisika dengan fenomena nyata sehingga meningkatkan pemahaman konseptual secara lebih mendalam.

Sebagai solusi untuk menghadirkan alat yang dapat dikonstruksi secara mandiri, perkembangan riset material menunjukkan bahwa grafit memiliki sifat termoelektrik yang mendukung terjadinya efek Seebeck. Material berbasis karbon seperti grafit memiliki sifat konduktif yang memungkinkan munculnya efek Seebeck, sehingga dapat digunakan dalam eksperimen sederhana untuk mengamati konversi energi panas menjadi energi listrik (Yazawa *et al.*, 2021). Karakteristik ini berpotensi dimanfaatkan sebagai sensor suhu buatan sendiri (Self-made sensor) yang terjangkau dan mudah dikembangkan (Aqra *et al.*, 2022). Pemanfaatan material lokal ini membuka peluang bagi mahasiswa untuk mengonstruksi sendiri alat ukurnya melalui proses fabrikasi yang transparan.

Selain menguatkan pemahaman konsep, pengembangan alat ini memiliki implikasi penting terhadap kompetensi profesional mahasiswa sebagai calon pendidik. Astra *et al.* (2020) menekankan bahwa penerapan model pembelajaran aktif merupakan bagian integral dalam mengasah kemampuan berpikir kritis. Pengalaman pembelajaran berbasis eksperimen dengan pendekatan inkuiri terbimbing berperan dalam melatih keterampilan proses sains serta membekali mahasiswa dalam mengelola pembelajaran di masa depan (Faizin *et al.*, 2024). Melalui pendekatan pembelajaran berbasis laboratorium, mahasiswa dapat meningkatkan pemahaman konseptual secara lebih mendalam dibandingkan dengan pembelajaran konvensional (Rianti *et al.*, 2024).

Pengembangan media pembelajaran berbasis eksperimen menjadi solusi relevan dalam pembelajaran termodinamika bagi mahasiswa Pendidikan

Fisika, karena pendekatan *experiential learning* berbasis fenomena terbukti efektif memperdalam pemahaman konsep fisika melalui keterlibatan langsung dengan fenomena nyata (Santhalia & Yuliati, 2021). Selain itu, pengembangan bahan ajar berbasis eksperimen yang dirancang untuk mahasiswa calon guru fisika terbukti dapat meningkatkan penguasaan scientific method sebagai bagian dari kompetensi pedagogis yang dibutuhkan (Sutrio *et al.*, 2021).

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, pembelajaran termodinamika masih menghadapi berbagai kendala. Mahasiswa calon guru fisika masih mengalami miskonsepsi pada beberapa subtopik termodinamika, khususnya hukum gas ideal, Hukum Pertama Termodinamika, dan entropi (Yuliana *et al.*, 2026)

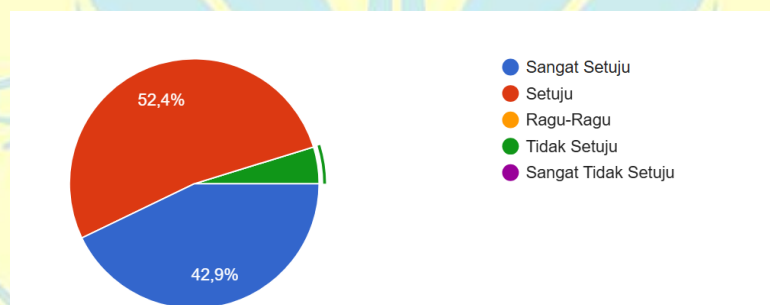
Mahasiswa juga mengalami kesulitan dalam menghubungkan fenomena fisis dengan representasi matematis, seperti ketidakmampuan membedakan besaran mikroskopik dengan proses makroskopik serta pemahaman yang masih tertukar antara konsep energi, usaha, dan kalor dalam proses konversi energi (Adila *et al.*, 2017). Adapun hasil penelitian terdahulu yang mendukung analisis kebutuhan penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

Berbagai penelitian terdahulu turut mendukung analisis kebutuhan pada penelitian ini. Maulida, Alatas, dan Solehat (2024) melalui studi literatur mengenai miskonsepsi pembelajaran Hukum I Termodinamika menemukan bahwa mahasiswa mengalami miskonsepsi pada konsep kekekalan energi, perubahan energi, dan diagram P-V dalam pembelajaran termodinamika. Sejalan dengan hal tersebut, Sinensis *et al.* (2018) menunjukkan bahwa konsep-konsep termodinamika yang bersifat abstrak sulit dipahami mahasiswa sehingga memerlukan simulasi interaktif sebagai media pembelajaran, sebagaimana dikembangkan melalui lembar kerja mahasiswa berbasis pemecahan masalah kolaboratif berbantuan simulasi interaktif. Parinduri dan Parinduri (2024) melaporkan bahwa kemampuan matematika mahasiswa memiliki hubungan erat dengan kemampuannya dalam menyelesaikan masalah termodinamika, sedangkan Handayani *et al.* (2025) menemukan bahwa mahasiswa Pendidikan Fisika mengalami kesulitan memahami konsep

termodinamika yang kompleks dan abstrak akibat metode pembelajaran yang kurang efektif serta lemahnya pemahaman dasar.

Permasalahan serupa juga ditemukan pada konteks internasional. Brown dan Singh (2021) melaporkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan memahami prinsip dasar Hukum I dan Hukum II Termodinamika, serta cenderung menggunakan penalaran yang tidak sesuai dengan konsep ilmiah dalam menyelesaikan permasalahan. Selanjutnya, Foroushani (2019) melalui kajian literatur mengenai miskonsepsi dalam termodinamika teknik menemukan bahwa mahasiswa banyak mengalami miskonsepsi pada konsep entropi, Hukum II Termodinamika, dan efisiensi sistem termal.

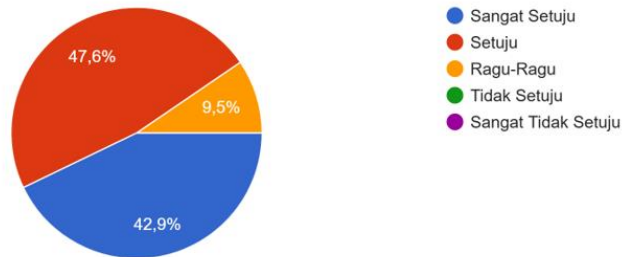
Berdasarkan uraian penelitian-penelitian terdahulu di atas, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran termodinamika pada mahasiswa masih sulit dipahami, terutama dalam memahami konsep-konsep abstrak dan menghubungkan fenomena fisis dengan representasi matematis. Hal tersebut juga diperkuat oleh hasil survei kebutuhan pembelajaran yang dilakukan peneliti terhadap 21 mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Negeri Jakarta.



Gambar 1.1 Hasil Survei Persepsi Mahasiswa terhadap Tingkat Kesulitan Materi Termodinamika

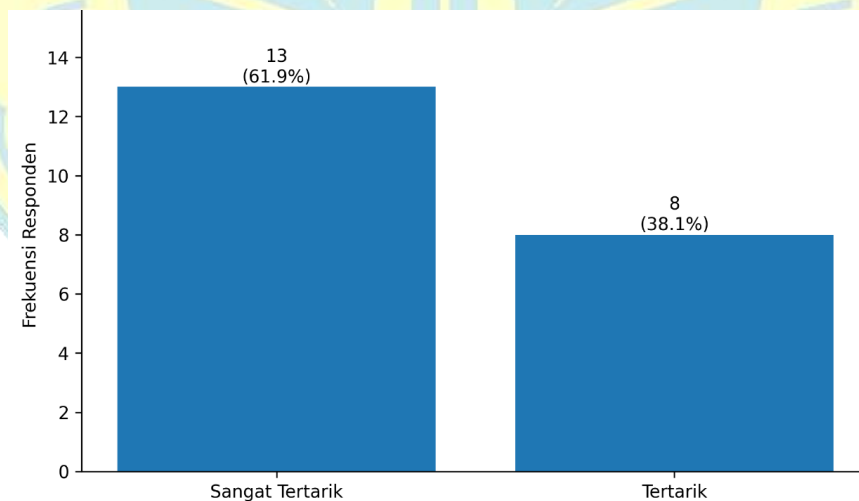
Hasil survei pada Gambar 1.1 menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam memahami materi pada mata kuliah Termodinamika. Sebanyak 52,4% responden menyatakan setuju dan 42,9% responden menyatakan sangat setuju bahwa materi Termodinamika sulit dipahami karena banyak konsepnya yang bersifat abstrak, sedangkan hanya 4,8% responden yang menyatakan tidak setuju. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi Termodinamika masih dianggap sebagai salah satu mata kuliah yang sulit oleh sebagian besar mahasiswa. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang mampu membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep-

konsep termodinamika sehingga lebih mudah dipahami secara konkret dan kontekstual.



Gambar 1.2 Hasil Survei Kebutuhan Media Pembelajaran Sensor Suhu Berbasis Efek Seebeck Menggunakan Grafit

Berdasarkan gambar 1.2 hasil survei kebutuhan yang dilakukan terhadap 21 mahasiswa Pendidikan Fisika, diperoleh bahwa sebagian besar mahasiswa membutuhkan media pembelajaran berupa sensor suhu berbasis efek Seebeck menggunakan grafit yang sederhana, ekonomis, dan dapat digunakan secara mandiri dalam memahami konsep termodinamika. Sebanyak 47,6% responden menyatakan setuju dan 42,9% responden menyatakan sangat setuju terhadap kebutuhan media pembelajaran tersebut.



Gambar 1.3 Respons Mahasiswa terhadap Penggunaan Panduan Pembelajaran Sederhana Berbasis Alat dan Bahan Sehari-hari dalam Pembelajaran Termodinamika

Selain itu, Gambar 1.3 menunjukkan hasil survei mengenai ketertarikan mahasiswa terhadap penggunaan panduan kegiatan pembelajaran sederhana berbasis alat dan bahan sehari-hari, seperti pensil dan kertas, untuk mengamati

fenomena efek Seebeck dalam memahami konsep suhu dan energi. Berdasarkan hasil kategorisasi jawaban, sebagian besar mahasiswa berada pada kategori *sangat tertarik*, sedangkan sisanya berada pada kategori *tertarik*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran sederhana berbasis eksperimen memiliki potensi untuk meningkatkan minat mahasiswa dalam mempelajari konsep-konsep termodinamika.

Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sensor suhu termokopel grafit berbasis efek Seebeck sebagai media pembelajaran konsep termodinamika bagi mahasiswa. Pengembangan ini bertujuan untuk menjawab permasalahan pembelajaran termodinamika secara pedagogis dan kontekstual melalui pemanfaatan media yang dapat dikonstruksi dan digunakan secara mandiri oleh mahasiswa.

## **B. Fokus Penelitian**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, fokus penelitian ini adalah mengembangkan dan menguji kelayakan sensor suhu termokopel grafit berbasis efek Seebeck sebagai media pembelajaran termodinamika bagi mahasiswa berdasarkan penilaian ahli materi, ahli media, dan uji coba terbatas kepada mahasiswa Pendidikan Fisika.

## **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan fokus penelitian tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: "Apakah sensor suhu termokopel grafit berbasis efek Seebeck yang dikembangkan layak digunakan sebagai media pembelajaran termodinamika bagi mahasiswa?"

## **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian dan pengembangan ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

### **1. Manfaat Teoretis**

Hasil penelitian dan pengembangan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu Pendidikan Fisika, khususnya dalam pengembangan media pembelajaran berbasis eksperimen pada materi

termodinamika. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pemanfaatan fenomena efek Seebeck dan sensor berbasis grafit sebagai media pembelajaran fisika.

## **2. Manfaat Praktis**

Hasil penelitian dan pengembangan ini diharapkan dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang membantu mahasiswa memahami konsep termodinamika melalui eksperimen sederhana berbasis efek Seebeck. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi dosen dalam mengembangkan pembelajaran yang lebih inovatif serta bagi peneliti selanjutnya dalam pengembangan media pembelajaran fisika.

