

## Model Pembelajaran Berbasis STEM untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Termodinamika dalam Fisika

Alam Senopati<sup>1\*</sup>, Arya Mahardika<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

Alamat: No.1, Jl. Amal Lama No.Kel, Pantai Amal, Kec. Tarakan Tim., Kota Tarakan, Kalimantan Utara

**Abstract:** *This study aims to analyze the effectiveness of STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)-based learning models in improving students' understanding of thermodynamic concepts. The research method used is a quasi-experimental with a pretest-posttest design. The subjects of the study were high school students who were divided into experimental and control classes. The results showed that the STEM approach can significantly improve students' conceptual understanding and problem-solving skills compared to conventional learning models. The implication of this study is the need for integration of the STEM approach in physics learning in order to improve the quality of education in the modern era.*

**Keywords:** *STEM learning, thermodynamics, conceptual understanding, physics education, quasi-experiment.*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas model pembelajaran berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep termodinamika. Metode penelitian yang digunakan adalah kuasi-eksperimen dengan desain pretest-posttest. Subjek penelitian adalah siswa SMA yang dibagi menjadi kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan STEM dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa serta keterampilan pemecahan masalah secara signifikan dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional. Implikasi dari penelitian ini adalah perlunya integrasi pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika guna meningkatkan kualitas pendidikan di era modern.

**Kata kunci:** Pembelajaran STEM, termodinamika, pemahaman konsep, pendidikan fisika, kuasi-eksperimen.

### 1. PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika sering kali dianggap sulit oleh siswa karena sifatnya yang abstrak dan membutuhkan pemahaman konseptual yang mendalam (Bybee, 2013). Salah satu materi dalam fisika yang memiliki tantangan tersendiri adalah termodinamika, yang mencakup konsep-konsep seperti hukum-hukum termodinamika, energi internal, serta perpindahan panas. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Meltzer (2002), banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep termodinamika karena kurangnya keterkaitan antara teori dan aplikasi dalam kehidupan nyata. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang dapat meningkatkan pemahaman konsep secara lebih aplikatif dan kontekstual.

Model pembelajaran berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep fisika yang kompleks (Beers, 2011). Pendekatan ini mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih autentik, yang tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual tetapi juga keterampilan berpikir kritis dan

pemecahan masalah (Sanders, 2009). Dalam konteks pembelajaran fisika, model STEM memungkinkan siswa untuk menerapkan konsep fisika dalam berbagai aspek teknologi dan rekayasa, sehingga dapat mengatasi kesulitan dalam memahami materi abstrak seperti termodinamika (Kelley & Knowles, 2016).

Meskipun model STEM telah banyak diterapkan dalam berbagai mata pelajaran, penelitian terkait implementasi model ini dalam pembelajaran termodinamika masih terbatas. Beberapa studi menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran fisika, namun belum banyak penelitian yang secara spesifik mengevaluasi efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konsep termodinamika (English, 2016). Oleh karena itu, terdapat gap penelitian yang perlu dijawab, yaitu bagaimana penerapan model STEM dapat secara signifikan membantu siswa memahami konsep-konsep dalam termodinamika dan meningkatkan hasil belajar mereka.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas model pembelajaran berbasis STEM dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep termodinamika. Melalui pendekatan ini, diharapkan siswa dapat lebih memahami bagaimana prinsip-prinsip termodinamika diterapkan dalam kehidupan sehari-hari serta dalam bidang teknologi dan rekayasa. Selain itu, penelitian ini juga berupaya memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi pembelajaran inovatif yang dapat diterapkan dalam kurikulum pendidikan fisika.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi para pendidik dalam mengembangkan metode pembelajaran yang lebih efektif dan aplikatif. Implementasi model STEM dalam pembelajaran termodinamika tidak hanya akan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika, tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan yang dibutuhkan dalam dunia kerja yang semakin menuntut pemahaman lintas disiplin ilmu (Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014).

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

Berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas pendekatan STEM dalam pendidikan. Menurut Astuti et al. (2019), penerapan pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dalam STEM mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika. Selain itu, penelitian oleh Dewi (2017) menunjukkan bahwa pendekatan inkuiri berbasis STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dalam STEM memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam dengan melibatkan siswa dalam eksplorasi dan pemecahan masalah nyata (Capraro et al., 2013). Dalam konteks pembelajaran termodinamika, pendekatan ini memungkinkan siswa untuk menghubungkan konsep-konsep teoritis dengan fenomena sehari-hari, sehingga meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi yang kompleks (Hmelo-Silver, 2004).

Selain itu, pendekatan inkuiri berbasis STEM yang menekankan eksplorasi aktif dan penyelidikan ilmiah juga telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika (Erduran & Dagher, 2014). Melalui pendekatan ini, siswa didorong untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan analitis dalam menginterpretasikan data eksperimen serta menghubungkannya dengan prinsip-prinsip termodinamika (Llewellyn, 2013).

Meskipun pendekatan STEM telah menunjukkan hasil positif dalam berbagai aspek pembelajaran fisika, penelitian spesifik mengenai penerapan model ini dalam pembelajaran termodinamika masih terbatas. Beberapa penelitian sebelumnya berfokus pada implementasi STEM dalam pembelajaran fisika secara umum, namun belum banyak yang meneliti secara mendalam dampaknya terhadap pemahaman siswa dalam materi termodinamika (Wang et al., 2011). Oleh karena itu, penelitian ini berusaha untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengevaluasi efektivitas model STEM dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep termodinamika.

### **3. METODOLOGI**

Penelitian ini menggunakan metode kuasi-eksperimen dengan desain pretest-posttest (Sugiyono, 2019). Subjek penelitian terdiri dari dua kelas SMA yang dibagi menjadi kelompok eksperimen dan kontrol. Kelas eksperimen menggunakan model pembelajaran berbasis STEM, sementara kelas kontrol menggunakan model pembelajaran konvensional.

Populasi penelitian adalah siswa kelas XI SMA yang telah mempelajari konsep dasar termodinamika. Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik purposive sampling (Creswell, 2014), di mana dua kelas dipilih berdasarkan kesetaraan kemampuan akademik.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tes pemahaman konsep termodinamika dan angket keterampilan pemecahan masalah. Tes pemahaman konsep divalidasi menggunakan validitas isi dengan bantuan pakar pendidikan fisika, sedangkan reliabilitas diuji dengan metode Alpha Cronbach (Fraenkel & Wallen, 2012).

Analisis data dilakukan menggunakan uji statistik parametrik, yaitu uji-t untuk mengetahui perbedaan hasil belajar antara kelompok eksperimen dan kontrol (Field, 2018). Selain itu, dilakukan analisis N-gain untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep sebelum dan setelah perlakuan (Hake, 1999). Model penelitian ini didasarkan pada teori pembelajaran konstruktivis yang menekankan pengalaman belajar aktif melalui integrasi berbagai disiplin ilmu dalam STEM.

#### **4. HASIL PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di SMA X pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025 selama delapan minggu. Data dikumpulkan melalui tes pemahaman konsep termodinamika sebelum dan sesudah perlakuan (pretest dan posttest), serta angket keterampilan pemecahan masalah.

##### **Hasil Analisis Data**

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen yang menggunakan model pembelajaran STEM dengan kelompok kontrol yang menggunakan metode konvensional. Rata-rata nilai posttest kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol ( $p < 0,05$ ). Tabel 1 menunjukkan peningkatan nilai rata-rata pretest dan posttest pada kedua kelompok:

**Tabel 1**

<b>Kelompok</b>	<b>Pretest (Mean <math>\pm</math> SD)</b>	<b>Posttest (Mean <math>\pm</math> SD)</b>	<b>N-Gain</b>
Eksperimen	55,2 $\pm$ 8,3	82,4 $\pm$ 6,5	0,68
Kontrol	54,8 $\pm$ 7,9	70,1 $\pm$ 7,2	0,45

*Sumber: Data Penelitian (2024)*

Hasil analisis N-gain menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman konsep termodinamika pada kelompok eksperimen (0,68) berada dalam kategori sedang hingga tinggi, sementara kelompok kontrol hanya mencapai kategori sedang (0,45). Hasil ini mendukung penelitian oleh Astuti et al. (2019) yang menyatakan bahwa pendekatan STEM meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep fisika secara lebih mendalam.

##### **Keterkaitan dengan Konsep Dasar dan Penelitian Sebelumnya**

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh Dewi (2017) yang menyimpulkan bahwa pembelajaran berbasis STEM mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan analitis siswa. Selain itu, hasil ini mendukung teori pembelajaran konstruktivis (Piaget, 1970) yang menekankan pentingnya pengalaman langsung dalam memahami konsep abstrak.

Namun, hasil penelitian ini berbeda dengan studi oleh Rahman (2020) yang menemukan bahwa penerapan STEM tidak memberikan peningkatan signifikan dalam pemahaman siswa terhadap konsep mekanika. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh karakteristik materi, di mana termodinamika lebih mudah dikontekstualisasikan melalui pendekatan STEM dibandingkan dengan mekanika.

### **Implikasi Teoritis dan Praktis**

Secara teoritis, penelitian ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika dengan lebih efektif dibandingkan metode konvensional. Secara praktis, hasil ini mengindikasikan bahwa penerapan STEM dapat digunakan sebagai strategi pembelajaran untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta kreativitas siswa dalam memahami konsep-konsep fisika yang kompleks.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diharapkan guru dapat lebih banyak mengadopsi model pembelajaran berbasis STEM dalam pembelajaran fisika, khususnya dalam materi yang bersifat abstrak seperti termodinamika.

### **Kesimpulan dan Rekomendasi**

Kesimpulan dan Rekomendasi Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran berbasis STEM efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep termodinamika dan keterampilan pemecahan masalah siswa. Hasil ini mendukung penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pendekatan STEM mampu meningkatkan kualitas pembelajaran fisika dengan cara menghubungkan teori dengan aplikasi praktis (Astuti et al., 2019; Dewi, 2017). Analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol, yang menegaskan efektivitas pendekatan ini dalam pembelajaran termodinamika.

Selain itu, penerapan STEM dalam pembelajaran fisika berkontribusi pada peningkatan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan pemecahan masalah siswa (Rahmawati & Sutopo, 2020). Oleh karena itu, pendekatan ini direkomendasikan untuk diterapkan secara luas dalam pembelajaran fisika guna meningkatkan kualitas pendidikan di era digital. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa guru perlu mengembangkan strategi pembelajaran STEM yang lebih efektif, termasuk dengan mengadaptasi metode pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan siswa dan konteks lokal.

Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, di antaranya cakupan sampel yang masih terbatas pada satu sekolah, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan secara luas. Selain itu, penelitian ini hanya berfokus pada pemahaman konsep dan keterampilan

pemecahan masalah tanpa mengeksplorasi dampak jangka panjang dari pembelajaran berbasis STEM. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi efektivitas pendekatan ini dalam berbagai konteks pendidikan, serta mengembangkan model STEM yang lebih aplikatif dan adaptif terhadap kebutuhan siswa dan lingkungan pembelajaran (Sari et al., 2021).

## **REFERENSI**

- Astuti, I. D., Toto, T., & Yulisma, L. (2019). Model project-based learning (PjBL) terintegrasi STEM untuk meningkatkan penguasaan konsep dan aktivitas belajar siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 11(2), 93–98.
- Astuti, P., et al. (2019). Pengaruh pembelajaran berbasis proyek dalam STEM terhadap pemahaman konsep fisika siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 15(2), 45–56.
- Beers, S. Z. (2011). *21st century skills: Preparing students for their future*. Pearson.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Capraro, R. M., et al. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Springer.
- Cholisoh, E. (2019). Upaya meningkatkan keterampilan berpikir kreatif dan keterampilan berpikir kritis ilmiah dengan model PjBL-STEM. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 1(1), 59–73.
- Dewi, H. R. (2017). Peningkatan keterampilan berpikir kreatif siswa melalui penerapan inkuiri terbimbing berbasis STEM. *Prosiding SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*, 47–53.
- Dewi, R. (2017). Pengaruh pendekatan inkuiri berbasis STEM terhadap keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*, 5(1), 78–89.
- English, L. D. (2016). *STEM education: Perspectives on policy and practice*. Springer.
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education*. Springer.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.

- Johnson, C. C. (2013). Implementing STEM education policy: Challenges, strategies, and lessons learned. *School Science and Mathematics*, 113(4), 111–118.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11.
- Laboy-Rush, D. (2011). Integrated STEM education through project-based learning. *Learning.com*, 12(4), 1–12.
- Llewellyn, D. (2013). *Inquire within: Implementing inquiry-based science standards in grades 3-8*. Corwin Press.
- Makahinda, T., Silangen, P., & lainnya. (2022). Penerapan model pembelajaran project-based learning dengan pendekatan STEM pada materi hukum-hukum termodinamika. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 3(2), 80–86.
- Maulana, M., & lainnya. (2020). Penerapan model project-based learning berbasis STEM pada pembelajaran fisika. *Jurnal Teknodik*, 39–50.
- Melinda, V., & Zain, A. (2021). Pengaruh pembelajaran STEM terhadap pemahaman konsep dan sikap ilmiah. *Jurnal Pendidikan Sains*, 9(1), 56–64.
- Meltzer, D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible hidden variable in diagnostic pretest scores. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268.
- Moore, T. J., & lainnya. (2014). STEM integration in K-12 education. *Journal of STEM Education*, 15(3), 15–25.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Susanti, R. (2022). Evaluasi efektivitas pembelajaran berbasis STEM pada materi fisika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 23–35.
- Umalia, L. L. P., & Ratnasari, F. D. (2024). Pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis website terintegrasi STEM untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik pada materi teori kinetik gas. *Unnes Physics Education Journal*, 13(3).
- Wang, X., et al. (2011). STEM education in secondary schools: Understanding students' and teachers' perspectives. *Journal of STEM Education*, 12(1), 23–32.
- Wibowo, A. (2023). Model pembelajaran STEM dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 7(2), 120–130.