

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR TERMODINAMIKA BERBASIS STCW UNTUK MENINGKATKAN KOMPETENSI TARUNA PERMESINAN KAPAL

DEVELOPMENT OF STCW-BASED THERMODYNAMICS TEACHING MATERIALS TO IMPROVE THE COMPETENCY OF SHIP MACHINERY CADETS

Nur Fadhillah^{1*}, Andi Fiardi¹, Salfauqi Nurman¹

¹Program Studi Permesinan Kapal, Politeknik Pelayaran Malahayati, Aceh Besar, Indonesia

*email: nurfadhillah@poltekpelaceh.ac.id

ABSTRAK

Pembelajaran termodinamika pada pendidikan vokasi pelayaran menuntut bahan ajar yang selaras dengan standar kompetensi internasional dan kebutuhan operasional di atas kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan ajar termodinamika berbasis *Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers* (STCW) guna meningkatkan kompetensi taruna permesinan kapal. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Subjek penelitian terdiri atas ahli materi, ahli media, dan taruna permesinan kapal. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi ahli, angket respons taruna, dan tes kompetensi. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar termodinamika berbasis STCW berada pada kategori sangat layak berdasarkan penilaian ahli dan memperoleh respons sangat baik dari taruna. Penerapan bahan ajar tersebut juga menunjukkan adanya peningkatan kompetensi taruna setelah proses pembelajaran. Dengan demikian, bahan ajar termodinamika berbasis STCW efektif digunakan untuk mendukung pembelajaran fisika terapan yang kontekstual dan berbasis kompetensi pada pendidikan vokasi pelayaran.

Kata kunci: Bahan Ajar, Termodinamika, STCW, Fisika Terapan, Pendidikan Vokasi Pelayaran

ABSTRACT

Thermodynamics learning in maritime vocational education requires instructional materials that are aligned with international competency standards and operational demands on board ships. This study aimed to develop STCW-based thermodynamics instructional materials to enhance the competency of marine engineering cadets. The research employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE model, which consists of analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The research subjects included subject-matter experts, instructional media experts, and marine engineering cadets. Data were collected using expert validation sheets, cadet response questionnaires, and competency tests, and were analyzed using descriptive quantitative methods. The results indicated that the developed STCW-based thermodynamics instructional materials were categorized as highly feasible based on expert validation and received very positive responses from the cadets. Furthermore, the implementation of the instructional materials led to an improvement in cadets' competencies, particularly in conceptual understanding and the application of thermodynamics in marine engineering systems. Therefore, the developed instructional materials are effective in supporting contextual and competency-based applied physics learning in maritime vocational education..

Keywords: Instructional Materials, Thermodynamics, STCW, Applied Physics, Maritime Vocational Education

1. Pendahuluan

Pendidikan vokasi maritim memiliki peran strategis dalam menyiapkan sumber daya manusia yang kompeten, profesional, dan siap bekerja sesuai dengan standar internasional. Dalam konteks pendidikan pelayaran, *Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers* (STCW) menjadi acuan utama dalam penyelenggaraan pendidikan dan pelatihan pelaut, termasuk bagi taruna permesinan kapal. STCW menekankan pencapaian kompetensi yang mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap profesional guna menjamin keselamatan serta efisiensi operasional kapal (IMO, 2017; Riyanto et al., 2025).

Termodinamika merupakan bagian penting dari fisika terapan yang menjadi dasar pemahaman berbagai sistem kerja mesin kapal, seperti proses pembakaran, sistem pendingin, pengubah kalor, dan efisiensi energi. Penguasaan konsep termodinamika sangat dibutuhkan oleh taruna permesinan kapal untuk menganalisis kinerja mesin serta mengambil keputusan teknis dalam kondisi operasional nyata. Penelitian menunjukkan bahwa pemahaman konsep termodinamika yang baik berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan analitis dan pemecahan masalah pada bidang teknik (Alam & Mahardika, 2024).

Namun demikian, pembelajaran termodinamika di pendidikan vokasi masih menghadapi sejumlah tantangan. Beberapa studi melaporkan bahwa pembelajaran termodinamika cenderung bersifat teoretis, kurang kontekstual, dan belum sepenuhnya dikaitkan dengan kebutuhan kompetensi kerja di industri (Riyasni et al., 2024). Kondisi ini berdampak pada rendahnya kemampuan peserta didik dalam mengaplikasikan konsep termodinamika pada permasalahan teknis nyata, khususnya pada lingkungan kerja permesinan kapal.

Di sisi lain, bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan pencapaian kompetensi peserta didik. Bahan ajar yang tidak disusun berdasarkan kebutuhan kompetensi dan karakteristik pendidikan vokasi berpotensi menyebabkan kesenjangan antara capaian pembelajaran di kelas dengan tuntutan dunia kerja (Guntoro & Simanjuntak, 2025). Oleh karena itu, pengembangan bahan ajar yang kontekstual,

aplikatif, dan berbasis standar kompetensi menjadi kebutuhan mendesak dalam pendidikan pelayaran.

Pendekatan pembelajaran berbasis kompetensi dan kontekstual telah terbukti mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik serta hasil belajar pada mata pelajaran sains dan teknik. Integrasi konteks aplikasi nyata ke dalam bahan ajar fisika terapan dapat membantu peserta didik memahami konsep secara lebih bermakna dan aplikatif (Senopati & Mahardika, 2024). Dalam pendidikan maritim, pengembangan bahan ajar yang selaras dengan STCW diharapkan mampu menjembatani konsep teoritis dengan praktik operasional di atas kapal.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bahan ajar termodinamika berbasis STCW guna meningkatkan kompetensi taruna permesinan kapal. Pengembangan bahan ajar ini diharapkan dapat mendukung proses pembelajaran fisika terapan yang lebih efektif, relevan dengan kebutuhan dunia kerja maritim, serta berkontribusi terhadap peningkatan kualitas lulusan pendidikan vokasi pelayaran.

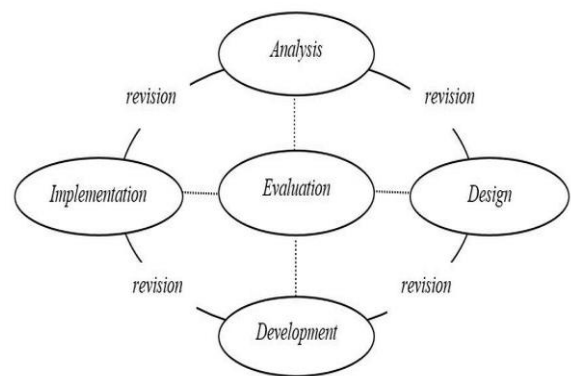
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan tujuan mengembangkan bahan ajar termodinamika berbasis *Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers* (STCW) untuk meningkatkan kompetensi taruna permesinan kapal. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE yang meliputi tahapan *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation* (Nadia Alima, et al., 2022). Model ADDIE dipilih karena memiliki alur sistematis dan fleksibel serta banyak diterapkan dalam pengembangan bahan ajar pada pendidikan vokasi dan teknik (Molenda, 2020; Aldoobie, 2022).

Penelitian dilaksanakan di Program Studi Permesinan Kapal Politeknik Pelayaran Malahayati. Subjek penelitian meliputi dosen ahli materi berjumlah 2 orang, dosen ahli media pembelajaran berjumlah 5 orang, serta taruna permesinan kapal berjumlah 52 orang sebagai pengguna bahan ajar. Pemilihan subjek dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan kesesuaian kompetensi dan pengalaman terhadap tujuan penelitian (Sugiyono, 2021).

- (1) Tahap analysis dilakukan melalui studi dokumen STCW, analisis Rencana Pembelajaran Semester (RPS), observasi proses pembelajaran, serta wawancara dengan dosen dan taruna. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara bahan ajar yang digunakan dengan kompetensi STCW yang harus dicapai oleh taruna permesinan kapal (Riyanto et al., 2025).
- (2) Pada tahap design, dilakukan perancangan struktur bahan ajar yang mencakup capaian pembelajaran berbasis STCW, materi pokok termodinamika, contoh aplikasi pada sistem permesinan kapal, serta evaluasi pembelajaran. Perancangan bahan ajar disesuaikan dengan karakteristik pendidikan vokasi yang menekankan keterkaitan antara teori dan praktik (Sudira, 2020).
- (3) Tahap development meliputi penyusunan dan pengembangan bahan ajar termodinamika berbasis STCW yang mencakup materi tertulis, ilustrasi teknis, studi kasus permesinan kapal, serta latihan soal kontekstual. Produk bahan ajar yang dikembangkan kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media untuk menilai kelayakan isi, kebahasaan, dan penyajian. Hasil validasi digunakan sebagai dasar revisi bahan ajar sebelum diimplementasikan (Riyasni et al., 2024).
- (4) Tahap implementation dilakukan dengan menerapkan bahan ajar yang telah direvisi pada proses pembelajaran termodinamika di kelas taruna permesinan kapal. Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap keterlaksanaan pembelajaran serta pengumpulan data respons taruna terhadap penggunaan bahan ajar.
- (5) Tahap evaluation bertujuan untuk mengetahui efektivitas bahan ajar dalam meningkatkan kompetensi taruna. Evaluasi dilakukan melalui analisis hasil tes kompetensi serta angket respons taruna. Hasil evaluasi digunakan untuk menentukan kelayakan akhir bahan ajar dan pencapaian tujuan penelitian (Senopati &

Mahardika, 2024). Berikut bahan pengembangan bahan ajar dengan menggunakan ADDIE



Gambar 1. Tahap Pengembangan Model ADDIE (Sugiyono, 2015)

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar validasi ahli, angket respons taruna, dan tes kompetensi. Lembar validasi ahli digunakan untuk menilai kesesuaian materi dengan STCW, keakuratan konsep termodinamika, dan kualitas penyajian bahan ajar. Angket respons taruna digunakan untuk mengetahui persepsi taruna terhadap kejelasan, kemudahan, dan relevansi bahan ajar dengan praktik permesinan kapal. Tes kompetensi digunakan untuk mengukur penguasaan konsep dan kemampuan aplikatif taruna setelah menggunakan bahan ajar.

Data hasil validasi ahli dan angket respons taruna dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung skor rata-rata dan persentase kelayakan. Data hasil tes kompetensi dianalisis secara deskriptif untuk melihat peningkatan kompetensi taruna setelah penggunaan bahan ajar berbasis STCW

3. Hasil dan Pembahasan

Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa bahan ajar termodinamika berbasis STCW untuk taruna permesinan kapal. Bahan ajar disusun berdasarkan kompetensi yang tercantum dalam STCW, khususnya pada aspek pemahaman sistem mesin, perpindahan panas, dan efisiensi energi. Materi dilengkapi dengan ilustrasi teknis, contoh kasus permesinan kapal, serta latihan soal kontekstual yang mengaitkan konsep

termodinamika dengan kondisi operasional di atas kapal.

A. Hasil validasi Ahli

Validasi bahan ajar dilakukan oleh ahli materi dan ahli media untuk menilai kelayakan produk sebelum diimplementasikan. Rekapitulasi hasil validasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Validasi Ahli Bahan Ajar (Sumber: Data yang diolah dari *Googleform*)

Aspek Penilaian	Skor Rata-rata	Persentase (%)	Kategori
Kesesuaian materi dengan STCW	4,50	90,0	Sangat Layak
Keakuratan konsep termodinamika	4,30	86,0	Layak
Keterkaitan dengan aplikasi permesinan kapal	4,51	90,0	Sangat Layak
Bahasa dan penyajian	4,30	86,0	Layak
Rata-rata keseluruhan	4,45	88,0	Sangat Layak

Hasil validasi menunjukkan bahwa bahan ajar berada pada kategori sangat layak dengan rata-rata keseluruhan 88%. Aspek keterkaitan materi dan aplikasi permesinan kapal memperoleh skor tertinggi, yang menunjukkan bahwa bahan ajar telah disusun secara kontekstual dan sesuai dengan karakteristik pendidikan vokasi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Riyasni et al. (2024) yang menyatakan bahwa bahan ajar kontekstual mampu meningkatkan relevansi pembelajaran fisika terapan.

B. Respon Taruna terhadap Bahan Ajar

Respon taruna terhadap penggunaan bahan ajar dikumpulkan melalui angket setelah proses pembelajaran. Hasil analisis respon taruna disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Respons Taruna terhadap Bahan Ajar (Sumber: Data yang diolah dari *Googleform*)

Aspek Penilaian	Skor Rata-rata	Persentase (%)	Kategori
Kejelasan materi	4,35	87,0	Sangat Baik
Kemudahan penggunaan	4,20	84,0	Baik
Keterkaitan dengan praktik mesin kapal	4,50	90,0	Sangat Baik
Daya tarik bahan ajar	4,10	82,0	Baik
Rata-rata keseluruhan	4,29	85,8	Sangat Baik

Hasil ini menunjukkan bahwa taruna memberikan respons positif terhadap bahan ajar yang dikembangkan. Aspek keterkaitan dengan praktik mesin kapal memperoleh nilai tertinggi, yang mengindikasikan bahwa bahan ajar membantu taruna memahami konsep termodinamika secara lebih aplikatif. Hal ini mendukung temuan (Aghisni et al, 2025) bahwa pembelajaran kontekstual meningkatkan pemahaman dan motivasi belajar peserta didik.

C. Hasil Tes Kompetensi Taruna

Untuk mengetahui efektivitas bahan ajar, dilakukan tes kompetensi sebelum dan sesudah penggunaan bahan ajar. Rekapitulasi hasil tes disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Tes Kompetensi Taruna

Keterangan	Nilai Rata-rata
Sebelum menggunakan bahan ajar	68,2
Sesudah menggunakan bahan ajar	82,5
Peningkatan nilai	14,3

Terjadi peningkatan nilai rata-rata kompetensi taruna setelah menggunakan bahan ajar berbasis STCW. Peningkatan ini menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep termodinamika

dan kemampuan aplikatif taruna permesinan kapal. Hasil ini sejalan dengan Riyanto et al. (2025) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis kompetensi berkontribusi positif terhadap peningkatan kesiapan kerja taruna maritim.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar termodinamika berbasis STCW yang dikembangkan memiliki tingkat kelayakan tinggi dan diterima dengan baik oleh taruna. Integrasi standar STCW ke dalam bahan ajar terbukti mampu menghubungkan konsep termodinamika dengan kebutuhan kompetensi permesinan kapal. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa bahan ajar berbasis kompetensi dan standar industri mampu meningkatkan relevansi pembelajaran vokasi terhadap kebutuhan dunia kerja serta kesiapan lulusan (Billett, 2020; Sutopo & Waluyo, 2022; Yusof & Jamaludin, 2021).

Peningkatan kompetensi taruna setelah penggunaan bahan ajar menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran kontekstual dan berbasis kompetensi efektif diterapkan pada mata kuliah termodinamika. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa bahan ajar berbasis kompetensi mampu meningkatkan hasil belajar dan kesiapan kerja peserta didik vokasi (Urrofik, et al., 2025).

Dengan demikian, bahan ajar termodinamika berbasis STCW yang dikembangkan tidak hanya layak digunakan dalam pembelajaran, tetapi juga berpotensi menjadi model pengembangan bahan ajar fisika terapan di pendidikan pelayaran.

4. Simpulan

Penelitian ini menghasilkan bahan ajar termodinamika berbasis STCW yang layak digunakan dalam pembelajaran taruna permesinan kapal. Hasil validasi ahli dan respons taruna menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan memenuhi aspek kelayakan isi, penyajian, dan keterkaitan dengan kompetensi permesinan kapal.

Penerapan bahan ajar termodinamika berbasis STCW terbukti mampu meningkatkan kompetensi taruna, khususnya dalam pemahaman konsep dan kemampuan aplikatif pada sistem permesinan kapal. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran kontekstual dan berbasis kompetensi efektif diterapkan pada mata kuliah termodinamika di pendidikan vokasi

pelayaran. Dengan demikian, bahan ajar yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alternatif sumber belajar untuk mendukung pembelajaran fisika terapan yang relevan dengan standar kompetensi internasional serta kebutuhan dunia kerja maritim.

Daftar Pustaka

- Aghisni, dkk. 2025. Peningkatan Metode Pembelajaran Kontekstual untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Anak Slow Learner di Sekolah Dasar Kelas 5 SDN 1 Jamblang. *Journal on Education*. Volume 07, No. 02, hal. 12179-12191
- Alam, S., & Mahardika, A. (2024). *Model Pembelajaran Berbasis STEM untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Termodinamika dalam Fisika*. Jurnal Pendidikan Kimia, Fisika dan Biologi, 1(1), 1–7.
- Billett, S. (2020). Learning in vocational education: The importance of practice-based experiences. *Journal of Vocational Education & Training*, 72(2), 195–213. <https://doi.org/10.1080/13636820.2019.1685981>
- Branch, R. M. (2009). Instructional design: the ADDIE approach. University of Georgia.
- Depdiknas. (2008). Panduan Pengembangan Bahan Ajar. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Deviana, T., & Sulistyani, N. (2021). Analisis Kebutuhan Pengembangan E-Modul Matematika HOTS Beroerintasi Kearifan Lokal Daerah di Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Sekolah Dasar (JP2SD)*, 9(2), 158-172.
- Gunadharma, A. (2011). Pengembangan Modul Ajar Sebagai Sumber Belajar Untuk Mata Kuliah Multimedia Design.
- Guntoro, R. H., & Simanjuntak, P. D. (2025). *Enhancing Technical Competency in Naval Engine Systems through Industry-Based Learning in Maritime Vocational Education*. DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 4(2), 300–307.
- Hidayat, T., & Rahman, A. (2021). Pengembangan bahan ajar berbasis kompetensi pada pendidikan vokasi. *Jurnal*

- Pendidikan Vokasi*, 11(2), 145–154.
<https://doi.org/10.21831/jpv.v11i2.39245>
- IMO. (2017). *STCW Convention and STCW Code (2010 Manila Amendments)*. London: International Maritime Organization.
- Lase, D. (2021). Education and industrial revolution 4.0: Challenges and opportunities. *Journal of Education and Learning*, 15(3), 394–402.
<https://doi.org/10.11591/edulearn.v15i3.18437>
- Mulyasa, E. (2008). *Kurikulum Berbasis Kompetensi*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Nadia, dkk. 2022. Pengembangan Bahan Ajar Menggunakan Model Addie Pada Materi Struktur Dan Fungsi Jaringan Tumbuhan Sma Kurikulum 2013. *BIOEDUKASI Jurnal Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Metro*. Vol.13 No.1
- Nurohman, S. (2011). Pengembangan Modul Ajar Berbahasa Inggris Menggunakan ADDIEMODEL Sebagai Alat Bantu Pembelajaran Berbasis STUDENT-CENTERED LEARNING pada Kelas Bertaraf Internasional. P2M, T. Pengembangan E - module. LPPM UNS, Surakarta.
- Nugroho, R., & Setiawan, D. (2022). Contextual learning approach to improve vocational students' competence. *Journal of Technical Education and Training*, 14(1), 78–87.
- OECD. (2020). *Vocational education and training in the age of digital transformation*. Paris: OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/edb3c63b-en>
- Prasetyo, Z. K., & Widodo, A. (2020). Applied physics learning in vocational education: A contextual approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 012045.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012045>
- Putra, R. A., & Sudira, P. (2023). Pengembangan bahan ajar kontekstual berbasis kebutuhan industri pada pendidikan vokasi. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 29(1), 55–66.
<https://doi.org/10.21831/jptk.v29i1.51234>
- Riyanto, R., Tampubolon, B. M., & Herawati, S. (2025). *Transforming maritime education through a competency-based framework for marine engineering technicians*. Research and Development in Education (RaDEn), 5(1), 593–604.
- Riyasni, dkk. (2024). *Analisis kebutuhan pengembangan bahan ajar digital fisika berbasis Project Based Learning terintegrasi pendekatan STEM*. Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika (JPIF).
- Senopati, R., & Mahardika, A. (2024). Pembelajaran kontekstual berbasis STEM pada pendidikan sains terapan. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 6(1), 45–53.
- Setyaningrum, Y. dan H. (2013). *Desain Pembelajaran Berbasis Pencapaian Kompetensi*. Prestasi Pustaka.
- Sukiman. (2012). *Pengembangan Media Pembelajaran*. Yogyakarta: Pedagogia.
- Susilana, R., & Riyana, C. (2008). *Media Pembelajaran*. Bandung: Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sutanto, H., Endasah, N. T., & Sunusi, M. U. H. S. (2021). Pengembangan Modul Ajar Permesinan Bantu Program Diploma Iii Teknik Politeknik Pelayaran Sorong. *JPB: Jurnal Patria Bahari*, 1(1), 24–41.
- Sutopo, H., & Waluyo, B. (2022). Competency-based learning materials to improve vocational students' work readiness. *International Journal of Instruction*, 15(4), 467–482.
- Urrofik, S. A. A., Arbarini, M., Suminar, T., & Cahyani, A. D. (2025). *Competency-Based Training and Self-Efficacy on Work Readiness Through Employability Skills*. Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran, 9(1), 129–140
<https://doi.org/10.29333/iji.2022.15426a>
- Widodo, C. S., & Jasmadi, S. T. P. (2008). *Panduan menyusun bahan ajar berbasis kompetensi*. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Yusof, N., & Jamaludin, R. (2021). Competency-based curriculum implementation in maritime education. *Maritime Education and Training Journal*, 13(2), 89–98.