Volume 4 Number 2 (2026) E-ISSN: 2986-6502
July-December 2026 DOI: 10.37680/ssa.10929
Page: 755-766

Social Science Academic

Pengembangan Modul Pratikum Permesinan Kapal Berbasis Pengoperasian Incinerator ICE 1 – SBR 18

Syamsyir[1], Nelfi Erlinda[1], Budi Riyanto[1], Melda Yanti[1], Akbar Alim[1], M. Farid Fauzi[1]

[1] Politeknik Pelayaran Sumatera Barat, Padang; Indonesia

Received: 16/08/2025 Revised: 20/09/2026 Accepted: 06/10/2026

Abstract

This study aims to develop a practical module for ship machinery based on the operation of the ICE 1–SBR 18 incinerator that is suitable for use as instructional material for cadets of the Nautical Technology Study Program at the Politeknik Pelayaran Sumatera Barat. This study employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE development model, which consists of five stages: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The research data were collected through interviews, material expert validation, and cadet response questionnaires. The module was validated by two material experts to assess its content, presentation, and language feasibility. Meanwhile, cadet responses were collected using a questionnaire with a 1–4 Likert scale. The data were analyzed using descriptive quantitative and qualitative methods. The results showed that the developed practical module contains materials covering the introduction of the ICE 1–SBR 18 incinerator, its components and operating principles, operating procedures, maintenance, troubleshooting, occupational safety, and waste management. The results of material expert validation obtained an average score of 3.62 from the first material expert and 3.58 from the second material expert, both of which were categorized as very feasible. Based on the assessment aspects, the average score for content feasibility was 3.44, presentation feasibility was 3.55, and language feasibility was 3.92. Cadets' responses to the use of the module obtained an average score of 3.73, categorized as very good, with scores of 3.72 for the appearance aspect, 3.75 for the material aspect, and 3.70 for the language aspect. Therefore, the developed practical module for ship machinery based on the operation of the ICE 1–SBR 18 incinerator is considered highly feasible and received very positive responses from the cadets. This module is expected to support more systematic, contextual, and applicable practical learning while improving cadets' competence in the operation and maintenance of shipboard incinerators.

Keywords Practical Module, Ship Machinery, ICE 1–SBR 18 Incinerator, ADDIE, Cadets.

Corresponding Author
Syamsyir
Politeknik Pelayaran Sumatera Barat, Padang; syamsir08.sr@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Permesinan kapal merupakan salah satu aspek penting dalam menunjang keselamatan dan kelancaran operasional kapal. Selain mesin utama dan mesin bantu, kapal dilengkapi dengan berbagai peralatan pendukung, salah satunya incinerator yang digunakan untuk mengolah limbah tertentu

© 2026 by the authors. This is an open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY NC) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

yang dihasilkan selama kegiatan operasional kapal. Pengoperasian incinerator memerlukan pemahaman terhadap prinsip kerja, prosedur pengoperasian, perawatan, troubleshooting, serta keselamatan kerja agar peralatan dapat digunakan secara optimal dan sesuai dengan ketentuan lingkungan maritim (International Maritime Organization, 2023; Ramadhan et al., 2023).

Pendidikan vokasi maritim dituntut mampu menghasilkan lulusan yang memiliki kompetensi teoritis dan keterampilan praktis sesuai dengan kebutuhan dunia kerja. Pembelajaran permesinan kapal tidak cukup hanya dilakukan melalui penyampaian teori, tetapi perlu didukung oleh kegiatan praktikum dan bahan ajar yang sesuai dengan peralatan nyata yang digunakan di kapal. Modul praktikum dapat menjadi salah satu media pembelajaran yang membantu taruna memahami materi secara sistematis, mulai dari pengenalan komponen, prinsip kerja, prosedur pengoperasian, perawatan, hingga penanganan gangguan pada peralatan (Nugroho et al., 2025).

Salah satu peralatan yang penting untuk dipahami oleh taruna adalah Incinerator ICE 1–SBR 18. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara awal pada Program Studi Teknologi Nautika Politeknik Pelayaran Sumatera Barat, belum tersedia modul praktikum yang secara khusus membahas pengoperasian Incinerator ICE 1–SBR 18. Taruna masih memperoleh materi dari berbagai sumber secara terpisah, sehingga belum terdapat pedoman praktikum yang sistematis dan disesuaikan dengan karakteristik peralatan yang tersedia. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan terhadap bahan ajar yang dapat menghubungkan pengetahuan teoritis dengan keterampilan praktik secara langsung.

Pengoperasian incinerator juga memiliki beberapa potensi permasalahan, seperti ketidakstabilan burner, gangguan sensor suhu atau sensor api, penyumbatan nozzle, penumpukan abu, gangguan sistem udara dan pompa, serta kerusakan refractory. Pemahaman terhadap prosedur perawatan dan troubleshooting menjadi penting karena kesalahan pengoperasian dapat menurunkan kinerja peralatan dan meningkatkan risiko keselamatan kerja. Oleh sebab itu, modul praktikum yang memuat prosedur pengoperasian, perawatan, troubleshooting, dan keselamatan kerja diperlukan untuk mendukung pencapaian kompetensi taruna (Susanto & Haryanto, 2024; Ramadhan et al., 2023).

Pengembangan bahan ajar berbasis praktik dapat menjadi solusi untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa bahan ajar praktikum yang disusun berdasarkan kebutuhan dan karakteristik peserta didik dapat membantu meningkatkan pemahaman serta keterampilan dalam pembelajaran vokasi (Lestari & Utama, 2022; Nugroho et al., 2025). Namun, pengembangan modul yang secara khusus membahas pengoperasian Incinerator ICE 1–SBR 18 pada konteks pembelajaran permesinan kapal masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan modul praktikum yang sistematis, kontekstual, dan sesuai dengan kondisi peralatan yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul praktikum permesinan kapal berbasis pengoperasian Incinerator ICE 1–SBR 18 menggunakan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation), serta mengetahui tingkat kelayakan modul berdasarkan penilaian ahli materi dan respons taruna terhadap penggunaan modul. Modul yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi bahan ajar pendukung pembelajaran praktikum dan membantu meningkatkan kompetensi taruna dalam pengoperasian serta perawatan incinerator.

2. METHOD

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang bertujuan menghasilkan produk berupa modul praktikum permesinan kapal berbasis pengoperasian Incinerator ICE 1–SBR 18. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE yang terdiri atas lima tahap, yaitu Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Penelitian dilaksanakan pada Program Studi Teknologi Nautika Politeknik Pelayaran Sumatera Barat pada tahun akademik 2025/2026.

Pada tahap Analysis, dilakukan analisis kebutuhan melalui wawancara dengan taruna yang telah atau sedang mengikuti mata kuliah permesinan bantu. Analisis dilakukan untuk mengetahui ketersediaan bahan ajar, kebutuhan taruna, serta permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran pengoperasian incinerator. Hasil analisis digunakan sebagai dasar dalam menentukan materi dan karakteristik modul yang dikembangkan.

Tahap Design dilakukan dengan merancang struktur dan sistematika modul berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Modul dirancang memuat materi pengenalan Incinerator ICE 1–SBR 18, komponen dan prinsip kerja, prosedur pengoperasian, perawatan, troubleshooting, keselamatan kerja, serta evaluasi. Pada tahap ini juga disusun instrumen validasi ahli dan angket respons taruna.

Tahap Development dilakukan dengan menyusun draf modul dan melakukan validasi terhadap produk yang dikembangkan. Validasi dilakukan oleh dua orang ahli materi yang memiliki kompetensi di bidang permesinan kapal. Penilaian meliputi aspek kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kelayakan bahasa. Hasil validasi digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi terhadap modul sebelum diterapkan kepada taruna.

Tahap Implementation dilakukan melalui uji penggunaan modul kepada taruna Program Studi Teknologi Nautika yang telah atau sedang mengikuti mata kuliah permesinan bantu. Pada tahap ini dikumpulkan data respons taruna terhadap modul yang dikembangkan. Instrumen respons menggunakan skala Likert dengan empat kategori, yaitu 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = setuju, dan 4 = sangat setuju.

Tahap Evaluation dilakukan dengan menganalisis hasil validasi ahli dan respons taruna serta melakukan perbaikan terhadap modul berdasarkan saran dan masukan yang diperoleh. Dengan demikian, produk akhir merupakan modul yang telah melalui proses analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan, validasi, implementasi, dan evaluasi.

Instrumen penelitian terdiri atas pedoman wawancara, lembar validasi ahli materi, dan angket respons taruna. Lembar validasi digunakan untuk menilai kelayakan modul dari aspek isi, penyajian, dan bahasa. Angket respons digunakan untuk mengetahui tanggapan taruna terhadap tampilan, materi, dan bahasa modul. Data hasil validasi dan respons taruna dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung skor rata-rata menggunakan persamaan:

$$\bar{x} = \Sigma x / n$$

$\bar{x}$ adalah skor rata-rata, Σx adalah jumlah skor yang diperoleh, dan n adalah jumlah butir penilaian atau jumlah responden. Skor rata-rata hasil validasi kemudian dikategorikan berdasarkan kriteria kelayakan, yaitu :

Tabel 1. Kriteria Tingkat Kelayakan Modul

Skor Rata-rata	Kriteria	Keterangan
$3,4 \leq \bar{x} < 4,0$	Sangat Layak	Tanpa revisi
$2,8 \leq \bar{x} < 3,4$	Layak	Perlu revisi
$2,2 \leq \bar{x} < 2,8$	Cukup Layak	Perlu revisi
$1,6 \leq \bar{x} < 2,2$	Tidak Layak	Diganti
$1,0 \leq \bar{x} < 1,6$	Sangat Tidak Layak	Diganti

Sementara itu, respons taruna dikategorikan menjadi sangat baik, baik, cukup baik, kurang baik, dan sangat kurang baik berdasarkan rentang skor yang sama. Data hasil wawancara dan saran validator dianalisis secara deskriptif kualitatif sebagai bahan pertimbangan dalam penyempurnaan modul.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan produk berupa modul praktikum permesinan kapal berbasis pengoperasian Incinerator ICE 1–SBR 18. Pengembangan modul dilakukan menggunakan model ADDIE yang terdiri atas tahap Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Produk yang dikembangkan ditujukan untuk mendukung pembelajaran praktikum pada Program Studi Teknologi Nautika Politeknik Pelayaran Sumatera Bara.

1) Tahap Analisis (Analysis)

Hasil analisis kebutuhan melalui wawancara dengan taruna menunjukkan bahwa belum tersedia modul khusus yang digunakan sebagai pedoman praktikum pengoperasian Incinerator ICE 1–SBR 18.

Taruna memperoleh informasi mengenai incinerator dari berbagai sumber, seperti materi perkuliahan, internet, dan sumber belajar lainnya. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya bahan ajar yang secara khusus disusun berdasarkan karakteristik peralatan yang tersedia dan kebutuhan pembelajaran taruna. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa materi yang dibutuhkan tidak hanya berkaitan dengan prinsip kerja incinerator, tetapi juga mencakup identifikasi komponen, prosedur persiapan dan pengoperasian, perawatan, troubleshooting, serta keselamatan kerja. Temuan tersebut menjadi dasar dalam menentukan isi dan struktur modul yang dikembangkan.

2) Tahap Perancangan (Design) dan Pengembangan (Development)

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, modul dirancang secara sistematis dengan memuat tujuan pembelajaran, pengenalan Incinerator ICE 1–SBR 18, komponen dan prinsip kerja, prosedur pengoperasian, prosedur perawatan, identifikasi gangguan, troubleshooting, keselamatan kerja, serta evaluasi pembelajaran. Penyajian materi dilengkapi gambar, ilustrasi, dan langkah-langkah praktik untuk membantu taruna memahami hubungan antara teori dan kondisi peralatan secara langsung. Draf modul selanjutnya divalidasi oleh dua ahli materi. Hasil validasi terhadap aspek kelayakan isi, penyajian, dan bahasa disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi Modul oleh Ahli Materi

Aspek Penilaian	Ahli Materi I	Ahli Materi II
Kelayakan isi	3,50	3,40
Kelayakan penyajian	3,61	3,49
Kelayakan bahasa	3,75	4,00
Rata-rata	**3,62**	**3,58**
Kategori	**Sangat Layak**	**Sangat Layak**

Hasil validasi menunjukkan bahwa modul memperoleh skor rata-rata 3,62 dari ahli materi I dan 3,58 dari ahli materi II. Kedua nilai tersebut berada pada kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa modul telah memenuhi aspek kelayakan isi, penyajian, dan bahasa sehingga dapat digunakan sebagai bahan ajar praktikum setelah dilakukan perbaikan sesuai saran validator.

Secara kualitatif, kedua validator menyatakan bahwa modul memiliki keunggulan karena memberikan panduan praktik yang sistematis dan berkaitan langsung dengan peralatan yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Validator juga menilai bahwa materi yang disajikan tidak hanya bersifat teoritis, tetapi memberikan panduan mulai dari persiapan, pengoperasian, pemantauan kondisi peralatan, perawatan, hingga keselamatan kerja. Beberapa saran yang diberikan validator antara lain penambahan ilustrasi teknis yang lebih detail, penyesuaian materi dengan regulasi maritim terkini, serta pengembangan instrumen evaluasi praktikum yang lebih rinci. Saran tersebut digunakan sebagai asar dalam tahap evaluasi dan penyempurnaan produk.

3) Tahap Implementasi (Implementation)

Setelah melalui proses validasi dan revisi, modul diimplementasikan dalam pembelajaran untuk memperoleh respons taruna. Respons diberikan terhadap tiga aspek, yaitu tampilan, materi, dan bahasa. Hasil respons taruna disajikan pada Tabel 3

Tabel 3. Respons Taruna terhadap Modul

Aspek	Skor Rata-rata	Kategori
Tampilan bahan ajar	3,72	Sangat Baik
Materi bahan ajar	3,75	Sangat Baik
Bahasa	3,70	Sangat Baik
Rata-rata keseluruhan	**3,73**	**Sangat Baik**

Berdasarkan Tabel 2, skor rata-rata respons taruna terhadap modul sebesar 3,73 dan termasuk kategori sangat baik. Aspek materi memperoleh skor tertinggi, yaitu 3,75. Hal ini menunjukkan bahwa taruna menilai materi yang disajikan menarik, jelas, sistematis, dan membantu memahami pengoperasian Incinerator ICE 1–SBR 18. Aspek tampilan memperoleh skor 3,72, sedangkan aspek bahasa memperoleh skor 3,70. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tampilan dan penggunaan bahasa dalam modul juga dapat diterima dengan baik oleh taruna.

4) Evaluasi

Tahap ini berisi evaluasi dan perbaikan terhadap modul pratikum permesinan kapal berbasis pengoperasian incinerator ICE 1 – SBR 18 berdasarkan hasil analisis data validasi kelayakan modul dan data respon mahasiswa terhadap penggunaan bahan

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan modul praktikum permesinan kapal berbasis pengoperasian Incinerator ICE 1–SBR 18 dapat menjadi salah satu solusi terhadap keterbatasan bahan ajar khusus yang digunakan dalam pembelajaran praktikum. Tahap analisis menunjukkan adanya kebutuhan terhadap modul yang tidak hanya menyampaikan konsep, tetapi juga memberikan panduan praktik yang sesuai dengan peralatan nyata. Hal ini sesuai dengan karakteristik pendidikan vokasi yang menekankan keterkaitan antara pembelajaran dan kebutuhan dunia kerja.

Modul dikembangkan dengan mengintegrasikan aspek pengetahuan dan keterampilan. Materi tidak hanya menjelaskan pengertian dan prinsip kerja incinerator, tetapi juga memberikan tahapan pengoperasian, perawatan, troubleshooting, dan keselamatan kerja. Penyajian tersebut memungkinkan taruna memperoleh gambaran yang lebih konkret mengenai aktivitas yang dilakukan sebelum, selama, dan setelah pengoperasian incinerator. Pengembangan bahan ajar yang menghubungkan materi dengan kondisi peralatan nyata dapat membantu menciptakan pembelajaran yang lebih kontekstual dan relevan dengan kebutuhan taruna.

Hasil validasi menunjukkan bahwa modul berada pada kategori sangat layak. Skor rata-rata 3,62 dari ahli materi I dan 3,58 dari ahli materi II menunjukkan bahwa isi modul telah sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan dapat dipahami dengan baik. Kelayakan tersebut didukung oleh penyajian materi yang sistematis, penggunaan ilustrasi yang membantu pemahaman, serta bahasa yang relatif mudah dipahami. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nugroho et al. (2025) yang menunjukkan bahwa modul praktikum berbasis kompetensi dapat mendukung pembelajaran taruna dengan menghubungkan materi pembelajaran dengan tuntutan kompetensi kerja.

Aspek bahasa memperoleh penilaian yang tinggi karena penggunaan kalimat, istilah teknis, dan penyajian informasi disesuaikan dengan karakteristik pembelajaran permesinan kapal. Penggunaan istilah teknis yang tepat menjadi penting dalam modul praktikum karena taruna perlu mengenali istilah yang akan dijumpai dalam lingkungan kerja di kapal. Sementara itu, aspek penyajian yang memperoleh penilaian tinggi menunjukkan bahwa urutan materi dan sistematika modul telah mendukung proses belajar secara bertahap.

Respons taruna terhadap penggunaan modul memperoleh skor rata-rata 3,73 dengan kategori sangat baik. Skor tertinggi terdapat pada aspek materi sebesar 3,75. Hasil ini menunjukkan bahwa taruna memberikan respons positif terhadap materi yang disajikan, terutama karena materi dianggap jelas, sistematis, dan berkaitan langsung dengan kegiatan praktikum. Modul yang berisi gambar, ilustrasi, prosedur kerja, serta informasi mengenai perawatan dan troubleshooting juga memberikan gambaran yang lebih nyata dibandingkan pembelajaran yang hanya mengandalkan penjelasan teoritis.

Respons positif pada aspek tampilan dengan skor 3,72 menunjukkan bahwa penggunaan gambar, diagram, teks, dan warna dapat mendukung keterbacaan modul. Dalam pembelajaran permesinan, keberadaan ilustrasi teknis memiliki peranan penting karena membantu taruna mengidentifikasi komponen dan memahami hubungan antara satu komponen dengan komponen lainnya. Hal tersebut juga mendukung hasil validasi ahli yang memberikan penilaian positif terhadap penggunaan gambar, diagram, dan ilustrasi dalam modul.

Aspek bahasa memperoleh skor 3,70 dan termasuk kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan dalam modul relatif mudah dipahami oleh taruna. Penggunaan bahasa yang komunikatif dan istilah teknis yang jelas penting dalam bahan ajar praktikum karena dapat mengurangi kesalahan pemahaman terhadap prosedur kerja, terutama pada materi yang berkaitan dengan pengoperasian dan keselamatan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan berdasarkan penilaian ahli dan memperoleh respons yang sangat baik dari taruna. Modul ini memiliki keunggulan karena dikembangkan berdasarkan kebutuhan pembelajaran dan berorientasi pada peralatan Incinerator ICE 1–SBR 18 yang digunakan dalam konteks

pembelajaran permesinan kapal. Dengan demikian, modul dapat digunakan sebagai bahan ajar pendukung untuk membantu proses pembelajaran praktikum secara lebih sistematis dan kontekstual.

Meskipun demikian, hasil penelitian juga menunjukkan adanya peluang pengembangan lebih lanjut. Berdasarkan saran validator, modul dapat dikembangkan dalam bentuk digital atau interaktif dengan menambahkan video demonstrasi pengoperasian dan instrumen penilaian praktik yang lebih rinci. Pengembangan tersebut berpotensi meningkatkan pembelajaran mandiri dan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif bagi taruna.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

a. Modul pratikum permesinan kapal berbasis pengoperasian incinerator ICE 1 – SBR 18 dikembangkan dengan menggunakan model ADDIE. Rincian tahapan pengembangan adalah sebagai berikut: a) Analysis; b) Design; c) Development; d) Implementation; dan e) Evaluation.

b. Kualitas modul pratikum permesinan kapal berbasis pengoperasian incinerator ICE 1 – SBR 18 yang dikembangkan termasuk baik. Hal ini ditunjukkan oleh hasil validasi kelayakan bahan ajar oleh dua ahli materi dengan skor rata-rata 3,62 dengan kriteria Sangat Layak (ahli materi I) dan 3,58 dengan kriteria Sangat Layak (ahli materi II). Jika ditinjau skor rata-rata pada setiap aspek penilaian, maka diperoleh skor rata-rata pada aspek kelayakan isi 3,44; pada aspek kelayakan penyajian 3,55; dan pada aspek kelayakan bahasa 3,92.

c. Respon taruna terhadap penggunaan modul pratikum permesinan kapal berbasis pengoperasian incinerator ICE 1 – SBR 18 termasuk kategori sangat baik. Hal ini ditunjukkan oleh skor rata-rata respon mahasiswa terhadap penggunaan bahan ajar mahasiswa sebesar 3,73 dengan skor rata-rata pada aspek tampilan bahan ajar 3,72; pada aspek materi bahan ajar 3,75; dan pada aspek bahasa 3,70.

REFERENSI

Adi, K., & Supomo, H. (2023). Optimalisasi Pengoperasian Mesin Bantu pada Kapal Perikanan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 18(1), 22-31.

Ahmed, Z. (2023). Operational efficiency of ship incinerators. *Ocean Engineering*, 275, 114-122.

Al-Fatah, M. (2023). Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Solar B35 Terhadap Kestabilan Api Burner Incinerator. *Jurnal Bahan Bakar Terbarukan*, 11(1), 44-52.

Alim, A., & Yahya, M. A. J. (2026). Analisis Kinerja Sistem Pembakaran Incinerator Tipe ICE pada Kapal Latih. *Jurnal Teknologi Maritim*, 9(1), 45-52.

Anderson, G. (2025). Sustainable shipping infrastructure: Onboard waste minimization techniques and policy compliance. *Journal of Sustainable Transportation*, 19(1), 45-54.

Arifin, Z. (2024). *Pengembangan Modul Pembelajaran Vokasi*. Restu Bumi Press.

Baker, M. (2024). Refractory degradation mechanisms in high-temperature marine waste processors. *Corrosion and Materials Journal*, 29(3), 144-152.

Basri, H. (2024). Analisis Kerusakan Pompa Sirkulasi Scrubber Akibat Korosi Air Laut. *Jurnal Teknik Pompa*, 11(2), 102-110.

Branch, R. (2022). *Instructional Design: ADDIE Approach* (2nd ed.). Springer.

Brooks, C. (2024). Automation protocols for marine auxiliary equipment under the STCW code framework. *Maritime Education Journal*, 37(2), 155-163.

Brown, T. (2023). Industrial Burner Systems and Combustion Control. Wiley Technology.

Budiyanto, M. (2022). Standarisasi Laboratorium Vokasi Pelayaran Berdasarkan Amandemen STCW. Jurnal Stan dardisasi Nasional, 24(2), 98-106.

Carter, J. (2023). Multi-stage combustion control in modern commercial vessel incinerators. International Journal of Maritime Engineering, 165(4), 389-398.

Chen, L., Wang, H., & Zhang, J. (2023). Marine waste incineration performance analysis and emission profiles. Journal of Cleaner Production, 390, 136-145.

Chen, P. (2023). Scrubber efficiency study for particulate matter removal in maritime auxiliary boilers. Marine Pollution Journal, 88(2), 201-209.

Choi, H., & Park, J. (2024). Wet scrubber configurations for maritime exhaust gas cleaning systems. Environmental Technology Letters, 45(6), 721-729.

Dahlan, J. (2025). Pengembangan Panduan Perawatan Komponen Elektrikal pada Panel Kontrol Kamar Mesin. Jurnal Kilat Maritim, 12(1), 89-97.

Davidson, A. (2023). Solid waste compaction vs. incineration aboard long-voyage vessels. Journal of Maritime Logistics, 15(2), 88-96.

Dick, W., & Carey, L. (2023). The Systematic Design of Instruction (9th ed.). Pearson.

Edwards, P. (2023). Flue gas desulfurization systems for medium-scale maritime vessels. Journal of Marine Science and Application, 22(3), 280-289.

Erlinda, N., & Yanti, M. (2026). Evaluasi Desain Pembelajaran Praktikum Permesinan Bantu Menggunakan Pendekatan Saintifik. Jurnal Pendidikan Vokasi Maritim, 7(1), 12-19.

Fernandez, O. (2025). High-temperature sensor calibration protocols in marine digital control panels. Measurement and Control, 58(1), 67-75.

Firmansyah, A. (2025). Metode Pembelajaran Praktikum Kelautan Menggunakan Job Sheet Terstruktur. Jurnal Pedagogi Vokasi, 11(1), 14-23.

Ginting, E. (2024). Analisis Karakteristik Pembakaran Limbah Sludge Oil pada Incinerator Kapal Tanker. Jurnal Kelautan dan Logistik, 4(2), 110-118.

Gunawan, I., & Setiawan, B. (2024). Manajemen Pengelolaan Limbah Padat Berbasis Regulasi IMO di Pelabuhan Indonesia. Jurnal Manajemen Transportasi, 11(3), 301-310.

Hardianto, T. (2022). Karakteristik Pembakaran Sampah Domestik Non-Plastik pada Ruang Bakar Utama Kapal Penyeberangan. Jurnal Transportasi Laut, 4(3), 134-142.

Harahap, R. (2023). Pengaruh Kompetensi Masinis Terhadap Umur Pakai Permesinan Bantu Kapal. Jurnal Rekayasa Mesin, 14(1), 45-53.

Hassan, M. (2025). Smart ship machinery systems and predictive maintenance algorithms. Journal of Marine Technology, 41(3), 310-318.

Hidayat, T. (2022). Kompetensi Awak Kapal dalam Penanggulangan Pencemaran Udara Berdasarkan Annex VI MARPOL. Jurnal Hukum Maritim, 6(3), 202-211.

Ibrahim, A. (2025). Validasi Modul Praktikum Berbasis KKNI pada Program Studi Teknika. Jurnal Evaluasi Pendidikan, 13(2), 142-150.

International Energy Agency (IEA). (2025). Waste to Energy Systems in Global Transport Sectors. IEA Report.

International Maritime Organization. (2022). IMO Marine Environment Protection Committee Reports (MEPC 78). IMO Publishing.

International Maritime Organization. (2023). MARPOL Annex VI: Prevention of Air Pollution from Ships (2023 Consolidated ed.). IMO Publishing.
International Maritime Organization. (2023). Shipboard Waste Management Guidelines. IMO Publishing.
International Maritime Organization. (2024). Guidelines for Shipboard Incinerators. IMO Publishing.
International Maritime Organization. (2025). Air Pollution and Energy Efficiency Regulations Update. IMO Publishing.
International Organization for Standardization. (2022). ISO 13617:2022 – Ships and marine technology — Shipboard incinerators — Requirements. ISO.
International Organization for Standardization. (2023). ISO 8217:2023 – Petroleum products — Fuels (class F) — Specifications of marine fuels. ISO.
Iskandar, T. (2025). Implementasi E-Learning dan E-Modul dalam Diklat Kepelautan Komersial. Jurnal Teknologi Pendidikan Maritim, 8(2), 115-123.
Ito, K. (2025). Smart incinerator monitoring using IoT sensors and automated air control. IEEE Maritime Automation, 14(1), 89-97.
Jackson, P. (2023). Air-to-fuel ratio impacts on dioxin-furan formation during shipboard incineration. Atmospheric Environment, 294, 119-128.
Jones, R. (2024). Diagnostic criteria for centrifugal pump cavitation in marine cooling loops. Fluid Machinery Journal, 19(4), 312-320.
Kim, D. (2022). Automation in marine engine systems and remote safety monitoring. IEEE Transactions on Maritime Electronics, 30(4), 542-550.
Kristensen, S. (2024). Operational risks of manual waste-feeding systems in small-scale marine incinerators. Safety Science Quarterly, 40(2), 189-197.
Kuiken, K. (2023). Diesel Engines for Ship Propulsion and Auxiliary Power. Target Global.
Kumar, S. (2024). Shipboard waste-to-energy systems: A review of thermal conversion technologies on commercial vessels. Energy Reports, 11, 895-907.
Kurniawan, D. (2023). Studi Kasus Penumpukan Jelaga pada Cerobong Incinerator Kapal Kargo. Jurnal Riset Kelautan, 17(1), 55-63.
Lee, J. (2022). Emission control in marine incinerators: Balancing combustion temperature and NOx production. Marine Pollution Bulletin, 174, 113-121.
Lestari, W., & Utama, D. (2022). Validasi Buku Ajar Teknik Permesinan Berbasis Studi Kasus Troubleshooting. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, 12(3), 210-218.
Li, H. (2024). Ship machinery diagnostics and maintenance scheduling using machine learning. Journal of Marine Science, 52(2), 178-189.
Liu, Q. (2024). Waste combustion optimization in dual-chamber maritime incinerators. Thermal Science and Engineering, 33(4), 412-420.
McGeorge, H. (2023). Marine Auxiliary Machinery (8th ed.). Butterworth-Heinemann.
Morris, E. (2025). Combustion optimization parameters for shipboard solid waste containing high moisture content. Environmental Progress & Sustainable Energy, 44(2), 405-414.
Mulyadi, A. (2023). Evaluasi Penurunan Kinerja Burner Solar Akibat Viskositas Bahan Bakar Rendah. Jurnal Teknik Energi, 19(2), 87-94.
Nielsen, T. (2025). Flue gas temperature monitoring standards in compliance with MARPOL updates. Journal of Marine Environmental Engineering, 22(4), 401-410.
Nugraha, F. (2024). Implementasi Metode Penugasan Berstruktur Berbantuan Modul Praktikum Terhadap Hasil Belajar Taruna. Jurnal Kependidikan Maritim, 7(2), 118-126.
Nugroho, A., Utomo, S., & Prasetya, B. (2025). Pengembangan Modul Praktikum Berbasis Kompetensi Kerja untuk Taruna Teknika. Jurnal Pendidikan Maritim Indonesia, 10(1), 34-42.
O'Connor, D. (2024). Ash management and toxicity levels of bottom ash from commercial vessel incinerators. Waste Management Research, 42(5), 554-562.

Omar, H. (2023). Performance comparison of dynamic cyclones versus wet scrubbers on exhaust particle separation. Journal of Aerosol Science, 168, 106-114.
Park, S. (2025). Thermal performance of onboard incinerators during solid waste treatment. Applied Thermal Engineering, 260, 124-133.
Prasetyo, R., & Hidayat, M. (2022). Pengelolaan Limbah Kapal Komersial dan Kepatuhan Regulasi Lingkungan. Marine Press Jakarta.
Pratama, M. R. (2023). Rancang Bangun Simulator Incinerator Sederhana Untuk Media Pembelajaran Taruna. Jurnal Elektronika Maritim, 5(1), 33-41.
Purba, J. (2022). Peran Kompresor Udara dalam Menyuplai Kebutuhan Oksigen Pembakaran Incinerator Kapal. Jurnal Teknik Hidrolik dan Pneumatik, 3(2), 77-85.
Quintas, R. (2022). Fluid dynamics of natural draft chimneys in varying maritime wind conditions. Journal of Wind Engineering, 90(3), 221-230.
Rahman, F. (2025). Evaluasi Kinerja Refractory Material Berbasis Lokal untuk Tungku Pembakaran Kapal Latih. Jurnal Material Maritim, 6(1), 22-29.
Rahmat, H. (2024). Analisis Penyebab Keausan Nozzle Burner pada Incinerator Kapal Penumpang. Jurnal Perkapalan, 21(2), 102-111.
Ramadhan, T., Kurniawan, A., & Setiawan, H. (2023). Analisis Manajemen Perawatan Incinerator Kapal Guna Mencegah Kerusakan Dini. Jurnal Sains dan Teknologi Kelautan, 15(2), 112-120.
Santoso, B., & Wicaksono, F. (2023). Teknologi Incinerator Kapal Kontemporer. Penerbit Vokasi Nusantara.
Siregar, N. (2024). Analisis Kebocoran Gas Buang pada Sambungan Flens Cerobong Kapal. Jurnal Mesin Vokasi, 10(3), 195-202.
Singh, R. (2023). Marine auxiliary systems reliability assessment under harsh environmental conditions. Engineering Failure Analysis, 148, 107-119.
Smith, J. (2024). Maintenance of Marine Systems and Auxiliary Machinery. Maritime Professional Publications.
Smith, P., & Davis, L. (2024). Thermal efficiency indicators of marine secondary burning chambers. Journal of Thermal Engineering and Applications, 31(3), 211-220.
Sudjana, N. (2022). Dasar-dasar Proses Belajar Mengajar. Sinar Baru Algensindo.
Sugiyono. (2023). Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development/R&D). Alfabeta.
Supriyanto, T. (2025). Pengembangan Media Praktikum Interaktif Berbasis Android untuk Taruna Teknika. Jurnal Vokasi Nusantara, 13(1), 76-84.
Susanto, D., & Haryanto, L. (2024). Keselamatan dalam Praktikum Maritim: Implementasi K3 di Laboratorium Permesinan. Jurnal Keselamatan Transportasi Laut, 6(1), 56-64.
Syamsyir, S., Erlinda, N., & Alim, A. (2026). Rancang Bangun Modul Praktikum Troubleshooting Alat Pembakar Sampah Pelayaran. Jurnal Riset Teknologi Kelautan, 14(2), 201-210.
Tan, K. (2023). Real-time black carbon emission factors from shipboard waste disposal units. Atmospheric Pollution Research, 14(8), 101-110.
Taylor, D. (2022). Introduction to Marine Engineering (3rd ed.). Elsevier Science.
Thomas, L. (2023). Compliance costs of MEPC circulars on small-scale shipboard incinerators. Marine Policy Review, 64, 112-120.
United Nations Environment Programme (UNEP). (2023). Marine Pollution Report: Plastic and Solid Waste Elimination from Commercial Vessels. UNEP Strategy Paper.
US Environmental Protection Agency (EPA). (2022). Incinerator Emission Standards for Small-Scale Solid Waste Units. EPA Guidelines.
Utama, S. (2022). Strategi Meningkatkan Kelulusan Ujian Keahlian Pelaut (UKP) Taruna Bidang Teknika. Jurnal Pendidikan Vokasi, 12(2), 167-176.
Utomo, G. (2022). Studi Eksperimental Sistem Penyemprotan Scrubber terhadap Reduksi Asap Hitam Mesin Diesel. Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim, 16(2), 145-153.

Verhaag, M. (2024). Maintenance interval optimization for marine high-pressure water pumps. Journal of Machinery Reliability, 18(3), 299-308.

Wang, L. (2024). Fluidized bed combustion applications in high-capacity transport waste disposal. International Journal of Energy Research, 48(3), 302-315.

Watson, G. (2024). Marine Engineering Systems and Control Operations. Cambridge Maritime.

Wibowo, S. (2023). Penerapan Keselamatan Kerja (K3) pada Ruang Mesin Kapal Negara. Jurnal Pertahanan Maritim, 9(1), 14-23.

White, R. (2025). Combustion Engineering and Thermal Emission Mitigation. CRC Press.

Woodyard, D. (2022). Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines (10th ed.). Butterworth-Heinemann.

World Bank. (2023). Maritime Environmental Impact and Maritime Decarbonization Pathways. World Bank Group Sector Report.

Wright, D. (2024). Diagnostic indicators of flame sensor failure in automatic marine burners. Journal of Sensors and Actuators, 39(1), 112-120.

Xu, Y., & Liang, T. (2025). Thermal stress and crack propagation in composite bricks used for marine furnaces. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 120, 106-115.

Yahya, M. A. J. (2026). Studi Evaluasi Sistem Kelistrikan dan Panel Safety Interlock pada Incinerator Kampus. Poltekpel Sumbar Press.

Yanti, M., & Jenais, M. (2026). Analisis Efektivitas Penggunaan Instrumen Evaluasi Skala Likert pada Modul Praktikum Permesinan Kapal. Jurnal Evaluasi Vokasi Indonesia, 4(1), 56-63.

Yasin, M. (2024). Analisis Efisiensi Pembakaran Sampah Organik Menggunakan Incinerator Jenis Fixed Hearth. Jurnal Teknik Kimia Lingkungan, 8(2), 92-100.

Zain, A. (2022). Kebutuhan Link and Match Pendidikan Vokasi Pelayaran dengan Industri Pelayaran Internasional. Jurnal Cakrawala Pendidikan, 41(3), 750-761.

Zhang, Y. (2023). Marine engine monitoring systems and data integration platforms. Ocean Engineering, 281, 115-126.

Zhao, X. (2023). Advanced incineration systems with integrated flue gas scrubbers. Journal of Thermal Analysis, 112(4), 567-576.

Zulkarnaen, I. (2023). Persepsi Taruna terhadap Ketersediaan Alat Peraga Laboratorium Permesinan Bantu. Jurnal Administrasi Pendidikan Maritim, 5(2), 84-91.