

## Education on the Implementation of HSSEC Water Treatment and Socialization of the Manual Book for Teachers and Students at a Vocational High School of Shipping in Padang

Soleh Uddin <sup>1\*</sup>, Nelfi Erlinda <sup>1</sup>, Akbar Alim <sup>1</sup>, Firdaus Bintang Cahyanto <sup>1</sup>, Syafni Yelvi Siska <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politeknik Pelayaran Sumatera Barat, Indonesia

 [soleh\\_37@yahoo.com](mailto:soleh_37@yahoo.com)

### Abstract

This Community Service Program aimed to enhance the understanding and practical skills of teachers and students at SMK Pelayaran Padang regarding the application of HSSEC water treatment as a maritime engineering learning medium that supports sustainable environmental management. The activity was conducted on August 5<sup>th</sup>, 2026, at the Merchant Marine Polytechnic of West Sumatra through a series of educational sessions, socialization, demonstrations of the water treatment installation, interactive discussions, and participant response evaluation. The materials covered the concepts, functions, benefits, and principles of water treatment, the application of environmentally friendly technologies, and their relevance to the Humanist, Smart, Sustainable, Eco-Friendly Campus (HSSEC) principles and Net Zero Emission. Evaluation was conducted using response questionnaires administered to teachers and students to assess the relevance, understanding, perceived benefits, applicability, and acceptance of the program. The results showed that the teachers' responses reached an average of 100% across all indicators, indicating that the activity was highly relevant to supporting learning needs, strengthening competencies, and utilizing the Manual Book as supplementary teaching material. Meanwhile, the students' responses achieved an average of 98.83%, indicating increased understanding, interest, environmental awareness, and motivation to learn about water treatment and environmentally friendly technologies. The activity also generated recommendations for further development, including regular water quality monitoring, testing of physical, chemical, and microbiological parameters, improvement of safety aspects, and further investigation into solar energy integration. Thus, this Community Service contributes to strengthening the synergy among vocational education, technological innovation, and sustainable environmental management.

**Keywords:** Water Treatment; Maritime Vocational Education; Environmentally Friendly Technology; Net Zero Emission.

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received  
January 18, 2026  
Revised  
March 28, 2026  
Accepted  
April 29, 2026

Published by

ISSN

Website

This is an open access article under the CC BY SA license

CV. Creative Tugu Pena

2774-4299

<https://attractivejournal.com/index.php/bse/>

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



### PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong pendidikan vokasi untuk menghasilkan lulusan yang tidak hanya memiliki kompetensi teknis, tetapi juga mampu beradaptasi dengan kebutuhan industri dan tantangan pembangunan berkelanjutan. Pendidikan vokasi perlu mengintegrasikan teknologi terapan dan teknologi ramah lingkungan ke dalam proses pembelajaran agar peserta didik memperoleh pengalaman yang relevan dengan dunia kerja (Zhou *et al.*, 2022; Olofsson, 2025). Salah satu teknologi yang relevan untuk dikembangkan dalam pembelajaran vokasi adalah *water treatment* atau teknologi pengolahan air, karena memiliki penerapan luas pada berbagai bidang industri dan berkaitan dengan efisiensi sumber daya serta

perlindungan lingkungan (Arthars *et al.*, 2025; Tan *et al.*, 2025). Pemanfaatan teknologi pengolahan air dalam pendidikan juga dapat menjadi sarana pembelajaran kontekstual yang menghubungkan pengetahuan teknis dengan isu keberlanjutan dan pengelolaan lingkungan (Mathaba & Banza, 2024; Hagedoorn *et al.*, 2025). Oleh karena itu, pengenalan *water treatment* pada pendidikan vokasi kemaritiman penting dilakukan untuk memperkuat kompetensi teknis sekaligus membangun kesadaran peserta didik terhadap penggunaan teknologi yang lebih berkelanjutan.

SMK Pelayaran Padang merupakan sekolah vokasi kemaritiman yang menyelenggarakan pendidikan Nautika Kapal Niaga dan memiliki karakteristik pembelajaran yang selaras dengan bidang keahlian Politeknik Pelayaran Sumatera Barat. Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa guru mata pelajaran teknik, pemahaman mengenai penerapan *water treatment* belum merata, sedangkan media pembelajaran yang sederhana dan terstruktur untuk menjelaskan konsep, fungsi, serta tahapan kerja *water treatment* masih terbatas. Guru juga memerlukan bahan ajar pendukung yang dapat digunakan secara berkelanjutan dalam pembelajaran praktik. Sementara itu, hasil observasi terhadap siswa menunjukkan bahwa sebagian siswa belum memahami secara utuh konsep dasar dan fungsi *water treatment* serta masih mengalami kesulitan dalam mengikuti prosedur kerja karena keterbatasan panduan yang sistematis. Istilah teknis juga relatif sulit dipahami apabila tidak disertai penjelasan visual dan petunjuk yang sederhana, sehingga keterlibatan siswa dalam pembelajaran praktik belum optimal.

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa pengenalan teknologi *water treatment* di sekolah vokasi tidak cukup dilakukan melalui penyampaian materi secara teoritis, tetapi perlu didukung dengan pengalaman praktik dan media pembelajaran yang mudah dipahami. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penguatan pendidikan vokasi membutuhkan peningkatan kompetensi pendidik, pemanfaatan teknologi pembelajaran, pengembangan sumber belajar yang relevan, serta hubungan yang lebih kuat antara institusi pendidikan dan kebutuhan dunia kerja (Stephens *et al.*, 2024; Rahmawati *et al.*, 2025). Di sisi lain, pendidikan mengenai pengelolaan air dan teknologi ramah lingkungan dapat meningkatkan pengetahuan serta kesadaran peserta didik terhadap pentingnya efisiensi sumber daya dan perlindungan lingkungan (Mashartanto *et al.*, 2024). *Manual book water treatment* juga dapat berfungsi sebagai media pembelajaran yang membantu menyederhanakan materi teknis, memberikan panduan prosedural, dan mendukung pembelajaran mandiri (Yunus *et al.*, 2025; Mashartanto *et al.*, 2026). Dengan demikian, kombinasi antara edukasi, demonstrasi, dan penggunaan *manual book* menjadi pendekatan yang relevan untuk menjawab kebutuhan pembelajaran *water treatment* pada pendidikan vokasi.

Meskipun sejumlah penelitian telah membahas pendidikan vokasi berkelanjutan, pengembangan kompetensi teknologi, dan pendidikan lingkungan, kajian yang secara khusus mengintegrasikan *water treatment* sebagai media pembelajaran dengan *manual book* pada konteks pendidikan vokasi kemaritiman masih relatif terbatas (Wang, 2025; Siska *et al.*, 2025). Sebagian penelitian lebih banyak menekankan aspek pendidikan lingkungan secara umum, pengelolaan air, atau pengembangan teknologi pembelajaran tanpa menghubungkan ketiganya dalam satu kegiatan yang berorientasi pada kebutuhan sekolah vokasi kemaritiman (Imaduddin & Eilks, 2024; Siska *et al.*, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara perkembangan teknologi pengolahan air dan ketersediaan pendekatan pembelajaran yang sederhana, kontekstual, dan aplikatif bagi guru maupun siswa (Ribosa & Duran, 2022; Siska *et al.*, 2024). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu menjembatani pengetahuan teknis dengan pengalaman belajar langsung sekaligus memperkuat pemahaman mengenai keberlanjutan lingkungan.

Kebaruan kegiatan ini terletak pada integrasi edukasi *water treatment HSSEC*, demonstrasi teknologi, dan pemanfaatan *manual book* sebagai media pembelajaran pendukung dalam konteks pendidikan vokasi kemaritiman. *Water Treatment HSSEC* dalam kegiatan ini tidak hanya diperkenalkan sebagai teknologi pengolahan air, tetapi juga sebagai media pembelajaran yang mengintegrasikan prinsip *Humanist, Smart, Sustainable, Eco-Friendly Campus (HSSEC)* dan mendukung wawasan mengenai *Net Zero Emission*. Pendekatan tersebut memberikan kesempatan kepada guru dan siswa untuk memahami konsep, fungsi, prinsip kerja, dan tahapan penerapan teknologi melalui pengalaman yang lebih konkret dan sistematis (Sandal, 2023; Ayres & Ackermans, 2025). *Manual book* digunakan untuk membantu menjelaskan materi dan prosedur secara sederhana sehingga dapat dimanfaatkan kembali setelah kegiatan berlangsung. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan model edukasi teknologi yang menggabungkan kompetensi teknis, pembelajaran praktik, dan kesadaran lingkungan.

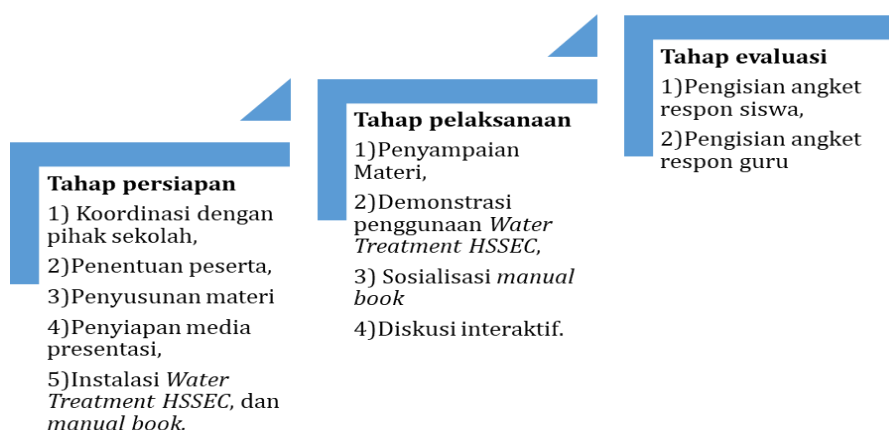
Berdasarkan kondisi dan kesenjangan tersebut, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan meningkatkan pemahaman dan keterampilan guru serta siswa SMK Pelayaran Padang mengenai konsep, fungsi, prinsip, dan penerapan *water treatment HSSEC* sebagai media pembelajaran teknik yang mendukung pengelolaan lingkungan berkelanjutan. Kegiatan juga bertujuan meningkatkan kemampuan guru dalam memanfaatkan *manual book* sebagai bahan ajar pendukung serta membantu siswa memahami tahapan kerja *water treatment* secara lebih mudah, sistematis, dan aplikatif. Secara kelembagaan, kegiatan ini diarahkan untuk memperkuat kerja sama antara perguruan tinggi dan sekolah dalam transfer ilmu pengetahuan dan teknologi serta menyediakan sumber belajar tambahan yang dapat digunakan secara berkelanjutan. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan tidak hanya memberikan manfaat langsung bagi guru dan siswa, tetapi juga mendukung peningkatan mutu pembelajaran vokasi kemaritiman.

Untuk mencapai tujuan tersebut, kegiatan dilaksanakan melalui edukasi, sosialisasi, demonstrasi penggunaan instalasi *water treatment*, diskusi interaktif, pendampingan, dan evaluasi respons peserta. Materi yang diberikan mencakup konsep dasar, fungsi, manfaat, prinsip pengolahan air, penerapan teknologi ramah lingkungan, serta keterkaitannya dengan HSSEC dan *Net Zero Emission*. Evaluasi dilakukan melalui angket respons kepada guru dan siswa untuk mengukur penerimaan, pemahaman, manfaat, ketertarikan, dan keterterapan materi serta *manual book* dalam pembelajaran. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan gambaran mengenai efektivitas penerapan *water treatment HSSEC* sebagai media pembelajaran sekaligus memberikan dasar bagi pengembangan program edukasi teknologi dan lingkungan yang lebih berkelanjutan pada pendidikan vokasi kemaritiman.

## METODE

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini menggunakan pendekatan sosialisasi dan edukasi berbasis partisipatif (Jakob *et al.*, 2026; Ebsen & Rieland, 2026) untuk meningkatkan pemahaman guru dan siswa SMK Pelayaran Padang mengenai penerapan *Water Treatment HSSEC* dan pemanfaatan *manual book* sebagai media pembelajaran. Kegiatan dilaksanakan pada 5 Agustus 2026 di Politeknik Pelayaran Sumatera Barat dengan sasaran guru dan siswa yang terkait dengan pembelajaran teknik. Tahapan kegiatan meliputi persiapan dan pelaksanaan. Tahap persiapan mencakup koordinasi dengan pihak sekolah, penentuan peserta, penyusunan materi, penyiapan media presentasi, instalasi *Water Treatment HSSEC*, dan *manual book*. Tahap pelaksanaan dilakukan melalui penyampaian materi, demonstrasi penggunaan instalasi, sosialisasi *manual book*, diskusi, dan tanya jawab secara interaktif. Materi meliputi konsep dasar, fungsi, manfaat, prinsip pengolahan air, prosedur penggunaan *water treatment*, teknologi ramah lingkungan, serta keterkaitannya dengan HSSEC dan *Net Zero Emission*.

Gambar 1. Tahapan Kegiatan Pengabdian



Evaluasi dilakukan setelah kegiatan menggunakan angket respons kepada guru dan siswa untuk mengukur penerimaan, pemahaman, manfaat, ketertarikan, kepedulian lingkungan, serta keterterapan materi dan *manual book* dalam pembelajaran. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase dan nilai rata-rata respons peserta, sedangkan hasil diskusi dan observasi digunakan sebagai data pendukung. Penggunaan materi, *manual book*, dan

instrumen evaluasi yang sama bagi peserta dilakukan untuk menjaga konsistensi pelaksanaan. Pendekatan ini difokuskan pada identifikasi respons dan manfaat kegiatan, sehingga tidak dimaksudkan untuk menguji hubungan sebab-akibat melalui desain eksperimen. Pelaksanaan kegiatan didukung oleh kapasitas Politeknik Pelayaran Sumatera Barat sebagai perguruan tinggi vokasi bidang pelayaran yang memiliki pengalaman dalam kegiatan pengabdian terkait pendidikan vokasi, teknologi pembelajaran, keselamatan pelayaran, dan pengelolaan lingkungan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilaksanakan pada Rabu, 5 Agustus 2026 di Kampus Politeknik Pelayaran Sumatera Barat. Kegiatan diawali pada pukul 07.00 WIB dengan penjemputan guru dan siswa SMK Pelayaran Padang menggunakan bus Politeknik Pelayaran Sumatera Barat menuju lokasi pelaksanaan kegiatan. Proses penjemputan berlangsung secara tertib dengan peserta mengikuti arahan panitia dan pendamping sebelum memasuki kendaraan. Kegiatan tersebut menjadi tahap awal dalam memastikan seluruh peserta dapat hadir secara bersama-sama dan tepat waktu di lokasi PkM. Melalui proses penjemputan yang terkoordinasi, kegiatan dapat dilaksanakan secara efektif sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

Gambar 2. Penjemputan Siswa SMK Pelayaran Padang



Setelah tiba di Kampus Politeknik Pelayaran Sumatera Barat, guru dan siswa SMK Pelayaran Padang mengikuti kegiatan registrasi peserta sebagai bagian dari persiapan awal pelaksanaan PkM. Registrasi dilakukan melalui pengisian daftar hadir untuk mendokumentasikan kehadiran peserta yang mengikuti rangkaian kegiatan. Setelah proses registrasi selesai, peserta diarahkan untuk mengikuti apel kesiapan dengan membentuk barisan secara tertib sesuai dengan arahan panitia. Apel kesiapan bertujuan untuk memastikan kesiapan, kedisiplinan, dan keteraturan seluruh peserta sebelum kegiatan edukasi dan sosialisasi dimulai. Kegiatan ini sekaligus menjadi sarana koordinasi awal antara panitia, guru, dan siswa agar seluruh rangkaian kegiatan dapat berlangsung secara tertib, terarah, dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.



Gambar 3. Apel Kesiapan Peserta Sebelum Kegiatan Edukasi & Sosialisasi



Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat diawali dengan pembukaan yang dihadiri oleh tim pelaksana PkM, guru, dan siswa SMK Pelayaran Padang. Pada kegiatan tersebut, peserta mengikuti rangkaian acara pembukaan dengan tertib dan penuh perhatian sebagai bentuk kesiapan dalam mengikuti kegiatan edukasi yang telah direncanakan. Direktur Politeknik Pelayaran Sumatera Barat, yaitu Bapak Budi Riyanto, S.E., M.M., M.Mar.E. secara resmi memberikan sambutan sekaligus membuka kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat. Dalam sambutannya, beliau menyampaikan pentingnya peningkatan pengetahuan dan keterampilan terkait penerapan *water treatment* sebagai bagian dari penerapan budaya *HSSEC* di lingkungan Politeknik Pelayaran Sumatera Barat. Kegiatan pembukaan ini menjadi momentum awal untuk membangun sinergi antara Politeknik Pelayaran Sumatera Barat dengan SMK Pelayaran Padang dalam meningkatkan pemahaman peserta mengenai pengelolaan dan pengolahan air yang efektif serta berwawasan lingkungan.

Gambar 4. Pembukaan Sekaligus Sambutan Direktur Poltekpel Sumbar



Sosialisasi dan edukasi *water treatment* disampaikan oleh Ketua Tim PkM, Bapak Soleh Uddin, M.M., M.Mar.E., kepada guru dan siswa SMK Pelayaran Padang. Kegiatan dilaksanakan secara interaktif melalui penyampaian materi mengenai konsep, fungsi, manfaat, serta penerapan sistem *water treatment* dalam mendukung pengelolaan air yang bersih, aman, dan berkelanjutan. Peserta juga diberikan pemahaman mengenai pentingnya penerapan teknologi *water treatment* dalam mendukung prinsip *HSSEC*, khususnya dalam aspek kesehatan, keselamatan, efisiensi, dan kelestarian lingkungan. Selain penjelasan materi, kegiatan dilengkapi dengan demonstrasi

penggunaan perangkat *water treatment* sehingga peserta dapat melihat secara langsung tahapan dan mekanisme pengolahan air. Melalui kegiatan tersebut, diharapkan guru dan siswa memiliki pengetahuan dan keterampilan yang lebih baik dalam memahami serta menerapkan *water treatment* secara tepat di lingkungan sekolah maupun dalam konteks pembelajaran dan praktik kepelayaran.

Gambar 5. Penyampaian Edukasi dan Sosialisasi oleh Ketua Tim PkM



Dalam pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat, sesi sosialisasi dan edukasi berlangsung secara interaktif melalui diskusi langsung antara tim PkM dengan peserta kegiatan. Pada sesi tersebut, terdapat tiga pertanyaan yang disampaikan secara langsung, terdiri atas dua pertanyaan dari guru dan satu pertanyaan dari siswa. Pertanyaan pertama dari guru HP yang menanyakan tentang “Apakah pemeriksaan pada *water treatment* ini dilakukan dalam periode waktu tertentu, dan apakah hasil yang diperoleh dari setiap pemeriksaan dibandingkan untuk mengetahui perubahan atau efektivitas kinerja *water treatment*?” Pertanyaan ini dijawab oleh ketua tim PkM, yaitu Bapak Soleh Uddin, M.M., M.Mar.E. dengan menyatakan bahwa pemeriksaan pada instalasi *water treatment* dilakukan secara berkala sesuai dengan intensitas penggunaan, kondisi komponen, dan standar operasional yang telah ditetapkan, sedangkan pemeriksaan rutin secara umum dilakukan setiap bulan untuk memastikan sistem tetap berfungsi dengan baik. Selain pemeriksaan berkala, parameter kualitas air hasil pengolahan juga telah dipantau secara konsisten agar dapat diketahui perubahan kualitas dari waktu ke waktu. Hasil pengujian sudah dibandingkan dengan parameter kualitas air yang ditetapkan dalam standar atau baku mutu yang relevan sehingga efektivitas proses *water treatment* dapat dievaluasi secara objektif. Perbandingan tersebut mencakup kondisi air sebelum dan sesudah proses pengolahan, seperti tingkat kekeruhan, pH, kandungan zat terlarut, maupun parameter lain sesuai tujuan penggunaan air.

Gambar 6. Diskusi Ketua Tim dengan Guru





Kemudian, pertanyaan dari guru AR yaitu “Apakah pada sistem *water treatment* ini digunakan *chemical treatment*, dan mengingat ukuran instalasinya yang relatif besar, apa alasan tidak menggunakan teknologi *reverse osmosis (RO)*?” Pertanyaan ini dijawab oleh anggota 1 tim PkM yaitu Bapak Akbar Alim, S.Tr.Pel., M.Tr.T dengan menyatakan bahwa pada sistem *water treatment* HSSEC ini, penggunaan *chemical treatment* tidak menjadi pendekatan utama karena sistem lebih diarahkan pada proses pengolahan yang sederhana, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran serta penerapan di lingkungan kampus. Penggunaan bahan kimia tetap dapat diterapkan pada kondisi tertentu apabila karakteristik air baku dan hasil pengujian menunjukkan adanya parameter yang memerlukan perlakuan kimia, tetapi penggunaannya harus disesuaikan dengan dosis dan prosedur keselamatan yang tepat. Mengenai pertanyaan mengapa tidak menggunakan *reverse osmosis*, hal tersebut berkaitan dengan kebutuhan energi, biaya investasi, pemeliharaan membran, serta tingkat kompleksitas sistem yang lebih tinggi dibandingkan instalasi yang digunakan dalam kegiatan ini. *Reverse osmosis* memang memiliki kemampuan yang baik dalam menghasilkan air dengan kualitas lebih tinggi, tetapi penerapannya perlu mempertimbangkan karakteristik air baku, kapasitas produksi, tujuan penggunaan, dan ketersediaan sumber daya. Oleh karena itu, pemilihan teknologi *water treatment* dalam kegiatan ini lebih menekankan pada kesesuaian fungsi, efisiensi, kemudahan pengoperasian, serta nilai edukatif bagi civitas akademika Poltekpel Sumbar dan mitra kampus yaitu masyarakat sekitar, guru dan siswa SMK Pelayaran Padang.

Gambar 7. Penjelasan dari Anggota Tim PkM kepada Guru



Pertanyaan selanjutnya dari siswa MR yaitu “Mengapa pada sistem *water treatment* ini belum dimanfaatkan potensi energi panas matahari yang cukup besar, misalnya melalui proses penguapan air laut untuk menghasilkan air tawar dengan memanfaatkan teknologi tenaga surya (solar)?” Pertanyaan ini dijawab oleh anggota 3 tim PkM yaitu Bapak Firdaus Bintang Cahyanto, S.Tr.Pel., M.Tr.T dengan menyatakan bahwa potensi energi matahari di wilayah pesisir memang sangat besar dan pada prinsipnya dapat dimanfaatkan untuk mendukung proses pengolahan air, termasuk melalui teknologi penguapan dan distilasi air laut menjadi air tawar. Namun, penerapan teknologi tersebut pada instalasi *water treatment* HSSEC ini masih perlu mempertimbangkan kapasitas produksi air, efisiensi proses, luas area yang tersedia, intensitas radiasi matahari, serta kebutuhan teknologi pendukung lainnya. Oleh karena itu, pemanfaatan panas matahari belum menjadi bagian utama dari instalasi yang diperkenalkan, tetapi gagasan tersebut sangat relevan untuk dikembangkan pada tahap penelitian atau pengembangan berikutnya. Ke depan, integrasi teknologi energi surya dengan sistem *water treatment* dapat menjadi inovasi yang potensial untuk dikembangkan oleh civitas akademika Politeknik Pelayaran Sumatera Barat.

Gambar 8. Jawaban dari Anggota Tim PkM kepada Siswa



Selain diskusi interaktif yang dilakukan selama kegiatan, hasil pelaksanaan edukasi dan sosialisasi juga diperoleh melalui pengisian angket respon oleh guru dan siswa peserta kegiatan. Hasil angket tersebut digunakan untuk mengetahui tanggapan, tingkat pemahaman, serta penilaian peserta terhadap pelaksanaan kegiatan edukasi dan sosialisasi *water treatment HSSEC* yang telah dilaksanakan.

Tabel 1. Rekapitulasi Respon Guru terhadap PkM

| No.              | Indikator                                          | Tingkat Ketercapaian (%) |
|------------------|----------------------------------------------------|--------------------------|
| 1                | Kesesuaian materi dengan kebutuhan pembelajaran    | 100%                     |
| 2                | Kejelasan tujuan kegiatan                          | 100%                     |
| 3                | Kemudahan pemahaman materi                         | 100%                     |
| 4                | Penguasaan materi oleh narasumber                  | 100%                     |
| 5                | Sistematis dan komunikatif penyampaian materi      | 100%                     |
| 6                | Manfaat <i>Manual Book</i> dalam pemahaman materi  | 100%                     |
| 7                | Peningkatan wawasan tentang <i>Water Treatment</i> | 100%                     |
| 8                | Pemahaman konsep <i>Net Zero Emission</i>          | 100%                     |
| 9                | Keterterapan materi dalam pembelajaran             | 100%                     |
| 10               | Efektivitas diskusi dan tanya jawab                | 100%                     |
| 11               | Dukungan sarana dan prasarana                      | 100%                     |
| 12               | Kesesuaian waktu pelaksanaan                       | 100%                     |
| 13               | Manfaat kegiatan terhadap kompetensi guru          | 100%                     |
| 14               | Minat mengikuti kegiatan serupa                    | 100%                     |
| 15               | Kepuasan peserta terhadap kegiatan                 | 100%                     |
| <b>Rata-Rata</b> |                                                    | <b>100%</b>              |

Berdasarkan Tabel 1, seluruh indikator penilaian memperoleh tingkat ketercapaian sebesar 100%, yang menunjukkan bahwa guru memberikan respons sangat positif terhadap pelaksanaan kegiatan PkM. Hasil tersebut menunjukkan bahwa materi, penyampaian narasumber, penggunaan *Manual Book*, fasilitas, waktu pelaksanaan, serta kegiatan diskusi telah memenuhi kebutuhan dan harapan peserta, sekaligus meningkatkan wawasan dan pemahaman guru mengenai *Water Treatment* dan konsep *Net Zero Emission*. Dengan rata-rata ketercapaian sebesar 100%, kegiatan PkM dinilai sangat efektif, bermanfaat, dan relevan dalam mendukung peningkatan kompetensi guru serta mendorong minat peserta didik untuk mengikuti kegiatan sejenis pada masa mendatang.

Guru SMK Pelayaran Padang memberikan sejumlah saran dan masukan untuk pengembangan dan penyempurnaan hasil kegiatan PkM, antara lain perlunya pengembangan model produksi air tawar alternatif dengan memanfaatkan tenaga surya sebagai sumber pemanas air laut. Selain itu, aspek keamanan produk perlu ditingkatkan melalui pemasangan penutup



berupa saringan atau jaring untuk mencegah masuknya hewan atau burung, disertai pengecekan pH secara berkala setiap bulan serta pencatatan penggunaan produk sejak tahap awal hingga akhir. Guru juga menyarankan penyediaan lokasi penyaringan pada tahap akhir proses treatment dan peningkatan pengamanan hasil akhir agar air lebih layak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Selanjutnya, diperlukan data pembanding hasil pemeriksaan kualitas air, khususnya kandungan logam berat serta Coliform dan E. coli, antara air sumber awal dan air setelah melalui proses treatment sebagai dasar untuk memastikan efektivitas dan keamanan hasil pengolahan.

Saran dan masukan dari guru tersebut menjadi bahan evaluasi bagi civitas akademika Poltekel Sumbar untuk masa yang akan datang demi kesempurnaan pengembangan produk *water treatment HSSEC*. Kemudian hasil respon siswa terhadap kegiatan PkM dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Respon Siswa terhadap PkM

| No.              | Indikator                                                                 | Tingkat Ketercapaian (%) |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1                | Pemahaman tujuan kegiatan PkM                                             | 98%                      |
| 2                | Kemudahan memahami materi <i>Water Treatment HSSEC</i>                    | 100%                     |
| 3                | Ketertarikan terhadap materi                                              | 100%                     |
| 4                | Kejelasan penyampaian narasumber                                          | 100%                     |
| 5                | Penambahan pengetahuan tentang <i>Water Treatment</i>                     | 98%                      |
| 6                | Pemahaman pentingnya <i>Water Treatment</i> bagi lingkungan               | 100%                     |
| 7                | Pemahaman hubungan <i>Water Treatment</i> dengan <i>Net Zero Emission</i> | 98%                      |
| 8                | Manfaat <i>Modul/Manual Book</i>                                          | 100%                     |
| 9                | Keaktifan dalam sosialisasi dan diskusi                                   | 98%                      |
| 10               | Kesempatan bertanya dan berdiskusi                                        | 93%                      |
| 11               | Kenyamanan fasilitas dan tempat kegiatan                                  | 100%                     |
| 12               | Kesesuaian waktu pelaksanaan                                              | 100%                     |
| 13               | Peningkatan kepedulian terhadap lingkungan                                | 100%                     |
| 14               | Minat mempelajari <i>Water Treatment</i> dan teknologi ramah lingkungan   | 100%                     |
| 15               | Kepuasan terhadap kegiatan PkM                                            | 100%                     |
| <b>Rata-Rata</b> |                                                                           | <b>98.83%</b>            |

Tabel 2 menjelaskan bahwa respon siswa terhadap pelaksanaan kegiatan PkM menunjukkan tingkat ketercapaian yang sangat tinggi, dengan rata-rata sebesar 98,83%. Hampir seluruh indikator memperoleh ketercapaian 100%, khususnya pada kemudahan memahami materi *Water Treatment HSSEC*, ketertarikan terhadap materi, kejelasan penyampaian narasumber, pemahaman pentingnya *Water Treatment* bagi lingkungan, manfaat *Modul/Manual Book*, kenyamanan fasilitas, kesesuaian waktu, peningkatan kepedulian lingkungan, minat mempelajari teknologi ramah lingkungan, dan kepuasan terhadap kegiatan. Meskipun demikian, indikator kesempatan bertanya dan berdiskusi memperoleh nilai terendah sebesar 93%, sehingga aspek interaksi dan partisipasi siswa masih dapat ditingkatkan pada pelaksanaan PkM berikutnya. Salah satu siswa memberikan saran pada lembar angket evaluasi yaitu produk ini dirasa layak untuk di sebarluaskan kepada masyarakat, terutama di pedesaan atau daerah sulit air bersih.

Pelaksanaan kegiatan PkM menunjukkan bahwa edukasi berbasis demonstrasi memiliki peran penting dalam meningkatkan keterhubungan antara pengetahuan konseptual dan pengalaman praktis peserta. Materi yang disampaikan tidak hanya memperkenalkan prinsip pengolahan air, tetapi juga memberikan gambaran mengenai keterkaitan antara teknologi, keselamatan, kesehatan, dan keberlanjutan lingkungan dalam konteks pendidikan pelayaran (Widiatmaja *et al.*, 2026; Riyanto *et al.*, 2026). Tingginya respons peserta mengindikasikan bahwa pendekatan yang memadukan penyampaian materi, demonstrasi, dan diskusi mampu menciptakan proses pembelajaran yang lebih kontekstual dan mudah diterima (Hasnur *et al.*, 2026; Baskoro *et al.*, 2026). Kondisi tersebut menjadi penting bagi peserta didik SMK Pelayaran karena pemahaman terhadap teknologi pengolahan air dapat dikembangkan sebagai bagian dari kesiapan menghadapi tuntutan kompetensi di lingkungan kerja maritim. Interaksi selama kegiatan juga memperlihatkan bahwa peserta tidak hanya menerima informasi, tetapi mulai mengembangkan pemikiran kritis melalui pertanyaan mengenai pemantauan kinerja, penggunaan bahan kimia, *reverse osmosis*, dan pemanfaatan energi surya (Uddin & Siska, 2026; Fauzi *et al.*, 2026). Dengan demikian, kegiatan PkM

berfungsi tidak hanya sebagai transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai ruang pembelajaran yang mendorong kemampuan analitis dan kesadaran terhadap alternatif teknologi.

Respons guru yang mencapai tingkat maksimal pada seluruh indikator menunjukkan bahwa kegiatan memiliki kesesuaian yang kuat dengan kebutuhan pembelajaran dan pengembangan kompetensi pendidik. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa materi yang diberikan dapat dipandang relevan untuk mendukung pengayaan pembelajaran berbasis teknologi dan lingkungan di sekolah pelayaran (Riyanto *et al.*, 2026; Widiatmaja *et al.*, 2026). Keberadaan *Manual Book* juga memberikan nilai tambah karena dapat berfungsi sebagai sumber belajar yang membantu peserta memahami materi secara lebih sistematis dan memungkinkan proses pembelajaran dilanjutkan setelah kegiatan selesai (Purwantini *et al.*, 2026; Nazarwin *et al.*, 2026). Tingginya penilaian terhadap keterterapan materi menunjukkan adanya peluang untuk mengintegrasikan topik *water treatment* ke dalam pembelajaran yang lebih aplikatif, terutama melalui kegiatan praktik, proyek, atau pembelajaran berbasis masalah (Requies *et al.*, 2024; Zhong *et al.*, 2024). Selain itu, masukan guru mengenai pengembangan teknologi tenaga surya dan peningkatan sistem pengamanan menunjukkan bahwa pengguna tidak hanya menilai keberhasilan kegiatan, tetapi juga mampu mengidentifikasi kebutuhan inovasi lanjutan (Weijzen *et al.*, 2024; Miao *et al.*, 2024). Hal ini menjadi dasar bahwa keberlanjutan PkM sebaiknya diarahkan pada pengembangan produk yang semakin adaptif terhadap kebutuhan pengguna dan kondisi lingkungan setempat.

Tingginya tingkat penerimaan siswa menunjukkan bahwa teknologi *water treatment* dapat menjadi media pembelajaran yang menarik untuk memperkuat literasi lingkungan dan teknologi. Nilai yang relatif lebih rendah pada aspek kesempatan bertanya menunjukkan bahwa keberhasilan pemahaman materi belum sepenuhnya diikuti oleh optimalisasi ruang partisipasi setiap peserta (Muguirrima *et al.*, 2024; Bai *et al.*, 2026). Temuan tersebut mengisyaratkan perlunya strategi pembelajaran yang memberikan porsi lebih besar terhadap diskusi kelompok, praktik langsung, simulasi, maupun sesi refleksi agar keterlibatan siswa menjadi lebih merata (Lin & Ardoin, 2023; Chao, 2024). Dari perspektif pedagogis, peningkatan partisipasi aktif penting karena pengalaman belajar yang melibatkan siswa secara langsung cenderung lebih mendukung pembentukan pemahaman yang mendalam dan keterampilan pemecahan masalah (Garay-rondero & Issa-zadeh, 2025; Marini *et al.*, 2026). Ketertarikan siswa terhadap teknologi ramah lingkungan juga menunjukkan adanya potensi untuk menjadikan *water treatment* sebagai pintu masuk bagi pengenalan konsep keberlanjutan yang lebih luas dalam pendidikan vokasi maritim (Penca *et al.*, 2024; Reich & Vermeyen, 2025). Oleh karena itu, kegiatan serupa dapat dikembangkan menjadi pembelajaran berkelanjutan yang tidak berhenti pada sosialisasi, tetapi dilanjutkan dengan proyek praktik dan evaluasi kompetensi peserta.

Masukan mengenai pemeriksaan kualitas air, kandungan logam berat, Coliform, dan E. coli menunjukkan bahwa pengembangan sistem *water treatment* perlu disertai mekanisme pengendalian mutu yang lebih terukur (Shah *et al.*, 2024; Hincapie *et al.*, 2025). Efektivitas suatu teknologi pengolahan air tidak hanya ditentukan oleh keberhasilan proses secara visual, tetapi perlu dibuktikan melalui data kualitas air sebelum dan sesudah pengolahan dengan parameter yang sesuai dengan tujuan pemanfaatannya (Bwapwa *et al.*, 2024; Nduli *et al.*, 2025). Data tersebut akan memberikan dasar yang lebih kuat untuk mengevaluasi kinerja instalasi, menentukan kebutuhan pemeliharaan, serta memastikan keamanan hasil pengolahan. Pencatatan penggunaan, pemeriksaan berkala, dan dokumentasi hasil pengujian juga dapat membentuk sistem monitoring yang mendukung keberlanjutan operasional instalasi. Dari sisi pengembangan produk, usulan penambahan pengamanan fisik dan tahap penyaringan akhir menunjukkan bahwa aspek desain perlu terus disempurnakan berdasarkan hasil penggunaan nyata dan masukan pengguna (Manyepa *et al.*, 2024; Forhad *et al.*, 2024). Pendekatan evaluatif tersebut akan membantu memastikan bahwa inovasi *water treatment* tidak hanya bernilai edukatif, tetapi juga memiliki tingkat keandalan dan keamanan yang lebih baik ketika diterapkan pada kebutuhan yang lebih luas.

Kegiatan PkM memperlihatkan bahwa pengembangan *water treatment HSSEC* memiliki potensi sebagai media sinergi antara pendidikan, teknologi, dan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Respons positif dari guru dan siswa menjadi indikator bahwa pendekatan yang dikembangkan telah berhasil membangun penerimaan terhadap penggunaan teknologi pengolahan air dalam konteks pembelajaran (Ambe *et al.*, 2024; Forsler *et al.*, 2025). Namun, pengembangan tahap berikutnya perlu diarahkan pada penguatan aspek teknis, validasi kualitas hasil pengolahan, integrasi sumber energi terbarukan, serta peningkatan sistem keselamatan dan pemantauan. Integrasi energi surya, misalnya, dapat dikaji sebagai inovasi lanjutan untuk meningkatkan efisiensi

energi sekaligus memperkuat karakter *eco-friendly* dari sistem yang dikembangkan (Cabarcas-fuentes & Rodríguez-chueca, 2026). Selain itu, keterlibatan sekolah dan masyarakat sebagai pengguna maupun mitra evaluasi dapat memperluas manfaat teknologi sehingga pengembangan tidak hanya berorientasi pada lingkungan kampus, tetapi juga menjawab kebutuhan wilayah yang menghadapi keterbatasan akses terhadap air bersih. Dengan arah pengembangan tersebut, PkM dapat memberikan kontribusi yang lebih berkelanjutan terhadap penguatan kompetensi vokasi, inovasi teknologi ramah lingkungan, dan penerapan prinsip HSSEC dalam kehidupan akademik maupun masyarakat.

## KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat melalui edukasi, sosialisasi, demonstrasi, dan pemanfaatan *water treatment HSSEC* serta *Manual Book* menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang menggabungkan penjelasan konseptual dengan pengalaman langsung dapat memperkuat pemahaman dan kesiapan guru dalam mengintegrasikan teknologi pengolahan air ke dalam pembelajaran teknik. Kegiatan ini juga menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam pengenalan teknologi ramah lingkungan mampu membangun pemahaman, ketertarikan, dan kepedulian terhadap pengelolaan lingkungan secara lebih kontekstual. Temuan tersebut menegaskan bahwa pemanfaatan teknologi *water treatment* sebagai media pembelajaran tidak hanya berfungsi sebagai sarana penyampaian materi, tetapi juga sebagai wahana untuk menghubungkan kompetensi vokasional dengan prinsip keberlanjutan dan kepedulian lingkungan. Integrasi *Manual Book* sebagai sumber belajar pendukung turut memperkuat proses pembelajaran karena memungkinkan materi dan prosedur penerapan teknologi dipelajari secara lebih sistematis serta digunakan kembali secara mandiri. Meskipun penerimaan peserta terhadap kegiatan tergolong sangat baik, pengembangan pembelajaran yang lebih partisipatif melalui praktik langsung, diskusi, dan pembelajaran berbasis proyek tetap diperlukan untuk mendorong transformasi pengetahuan menjadi keterampilan aplikatif. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan *water treatment HSSEC* secara berkelanjutan perlu diarahkan pada peningkatan aspek keselamatan, monitoring, pengujian kualitas air, serta keterpaduannya dengan kebutuhan pembelajaran vokasi. Secara lebih luas, kegiatan ini memperlihatkan bahwa kolaborasi antara perguruan tinggi dan sekolah vokasi melalui pemanfaatan teknologi ramah lingkungan dapat menjadi pendekatan strategis dalam membangun kompetensi peserta didik sekaligus menanamkan budaya keberlanjutan yang relevan dengan tuntutan pendidikan dan lingkungan masa depan.

## REFERENSI

- Ambe, B. A., Agbor, C. E., Amalu, M. N., Ngban, A. N., Bekomson, A. N., Etan, M. O., Ephraim, I. E., Asuquo, E. E., Eyo, O. E., & Ogunjimi, J. O. (2024). Electronic media learning technologies and environmental education pedagogy in tertiary institutions in Nigeria. *Social Sciences & Humanities Open*, 9(November 2023), 100760. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100760>
- Arthars, N., Thompson, K., & Sherry. (2025). Addressing skills shortages: vocational education and training in schools programs and the Universities Accord. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 47(3), 335–350. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2025.2478962>
- Ayres, P., & Ackermans, K. (2025). Some do's and don'ts of Educational Videos. *Learning and Instruction*, 96(January), 102077. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.102077>
- Bai, F., Liu, S., Yuan, Y., Zhang, Y., & Zhou, J. (2026). AI-driven framework for enhancing water quality engineering experimentation. *Results in Engineering*, 30(October 2025), 110732. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2026.110732>
- Baskoro, B. Y., Rochmansyah, R., Yatno, L. D., Siska, S. Y., & Silen, A. P. (2026). Project-Based Learning, Learning Styles & Campus Environment as Predictors of Passage Planning Comprehension. *Edureligia : Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 10(02), 274–294.
- Bwapwa, J. K., Mkhize, N., & Seyam, M. (2024). Evaluation of operational efficiency and performance for a water treatment plant. *South African Journal of Chemical Engineering*, 49(March), 11–34. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2024.04.003>
- Cabarcas-fuentes, A., & Rodríguez-chueca, J. (2026). Making it crystal clear: Educating for water sustainability through. *Education for Chemical Engineers*, 54(January), 100499. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2026.100499>
- Chao, Y. (2024). Different tracks, same greenness? Environmental literacy models integrated with teachers' environmental education practices for academic vs . technical / vocational high



- school students. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2357922>
- Ebsen, M., & Rieland, S. R. (2026). Pedagogical strategies and practices in environmental and sustainability education in vocational education and training: an integrative review (1999 – 2024). *Environmental Education Research*, 32(7), 1802–1832. <https://doi.org/10.1080/13504622.2026.2616697>
- Fauzi, M. F., Baskoro, B. Y., Alim, A., Siska, S. Y., & Roselia, F. (2026). Exploring the Influence of Self-Regulated Learning, Instructor Support, and Campus Climate on Maritime Competence: Examining the Moderating Role of Psychological Well-Being. *Attractive : Innovative Education Journal*, 8(2), 649–663.
- Forhad, H. M., Uddin, R., Chakrovorty, R. S., Ruhul, A. M., Faruk, H. M., Kamruzzaman, S., Sharmin, N., Jamal, A. S. I. M., Haque, M.-U., & Morshed, A. M. (2024). IoT based real-time water quality monitoring system in water treatment plants (WTPs). *Heliyon*, 10(23), e40746. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40746>
- Forsler, A., Nilsson, P., & Walan, S. (2025). Teaching for sustainable development in vocational education. *Journal of Biological Education*, 59(2), 268–281. <https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2320110>
- Garay-rondero, C. L., & Issa-zadeh, S. B. (2025). Integrating sustainability thinking in maritime education. *Cogent Education*, 12(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2479205>
- Hagedoorn, M., Koopman, M., & Bruijn, E. De. (2025). Understanding continuing professional development of vocational teachers. *Studies in Continuing Education*, 12(Maret), 1–19. <https://doi.org/10.1080/0158037X.2025.2473073>
- Hasnur, J., Siska, S. Y., & Kurniawan, M. (2026). How Maritime Education System Shapes Students' Professional Mindset: Mediated by Learning Environment and Self-Directed Learning. *Attractive : Innovative Education Journal*, 8(1).
- Hincapie, M., Galdos-Balzategui, A., Freitas, B. L. S., Reygadas, F., Sabogal-paz, L. P., Pichel, N., Botero, L., Montoya, L. J., Galeano, L., Carvajal, G., Lubarsky, H., Ng, K. Y., Price, R., Gaihre, S., Byrne, J. A., & Fernandez-Ibanez, P. (2025). Automated household-based water disinfection system for rural communities: Field trials and community appropriation. *Water Research*, 284(May), 1–12.
- Imaduddin, M., & Eilks, I. (2024). A scoping review and bibliometric analysis of educational research on water literacy and water education. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 42(November), 101833. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2024.101833>
- Jakob, M., Büchel, K., Steffen, D., & Brunetti, A. (2026). Participatory teaching improves learning outcomes: Evidence from a field experiment in Tanzania. *Journal of Development Economics*, 181(January 2025), 103742. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2026.103742>
- Lin, V. J., & Ardoin, N. M. (2023). Connecting technologies and nature: Impact and opportunities for digital media use in the context of at-home family environmental learning. *The Journal of Environmental Education*, 54(1), 72–83. <https://doi.org/10.1080/00958964.2022.2152411>
- Manyepa, P., Gani, K. M., Seyam, M., Banoo, I., Genthe, B., Kumari, S., & Bux, F. (2024). Removal and risk assessment of emerging contaminants and heavy metals in a wastewater reuse process producing drinkable water for human consumption. *Chemosphere*, 361(April), 142396. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142396>
- Marini, A., Muawanah, U., & Marfu, A. (2026). Enhancing critical thinking through problem-based learning: The role of student engagement and technology for education sustainability in Indonesia. *Sustainable Futures*, 11(November 2024), 101846. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2026.101846>
- Mashartanto, A. A., Pranata, W., & Siska, S. Y. (2024). Development of Learning Media Maritime English Textbook for Ratings Forming. *Journal of Languages and Language Teaching*, 12(3), 1238. <https://doi.org/10.33394/jollt.v12i3.11337>
- Mashartanto, A. A., Riyadi, S., Siska, S. Y., & Yanti, M. (2026). Sosialisasi Buku Ajar Maritime English for Navigational Watch Officers di SMK Negeri 10 Padang. *Jurnal Surya Masyarakat*, 8(2), 236–250.
- Mathaba, M., & Banza, J. (2024). A comprehensive review on artificial intelligence in water treatment for optimization. Clean water now and the future. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 58(14), 1047–1060. <https://doi.org/10.1080/10934529.2024.2309102>
- Miao, G., Ranaraja, I., Grundy, S., Brown, N., Belkina, M., & Goldfinc, T. (2024). Project-based learning in Australian & New Zealand universities: sustainability and scalability. *Australasian Journal of*

- Engineering Education*, 29(2), 115–125. <https://doi.org/10.1080/22054952.2024.2358585>
- Muguirrima, P. V. M., Chirinza, N. P., Zerpa, F. L., & Pino, C. A. M. (2024). Treatment of domestic effluents using sustainable biofilter methods. *Desalination and Water Treatment*, 317(February), 100266. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100266>
- Nazarwin, Wardi, Y., Rino, Abror, & Siska, S. Y. (2026). Charismatic Leadership, Joyful Learning, and Student Engagement in Maritime Vocational Education: The Moderating Role of Gender-Based Experiences. *Education and Human Development Journal (EHDJ)*, 11(2), 179–197. <https://doi.org/10.33086/ehdj.v11i2.8547>
- Nduli, S., Tekere, M., Masindi, V., & Foteinis, S. (2025). Assessment of the water quality and microbial regrowth in drinking water treatment plants and the distribution network. *Water Resources and Industry*, 33(April), 100290. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2025.100290>
- Olofsson, M. (2025). Preparing students in need of support for work- based learning: vocational teachers' experiences and pedagogical approaches. *Journal of Vocational Education & Training*, 00(00), 1–19. <https://doi.org/10.1080/13636820.2025.2552797>
- Penca, J., Barbanti, A., Cvitanovic, C., Hamza-chaffai, A., Elshazly, A., Jouffray, J., Mejjad, N., & Mokos, M. (2024). Building competences for researchers working towards ocean sustainability. *Marine Policy*, 163(March), 106132. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106132>
- Purwantini, S., Silen, A. P., & Siska, S. Y. (2026). Determinants of Maritime English Proficiency in Vocational Higher Education: The Roles of Self-Directed Learning, Simulation-Based Training, and Educational Culture. *Jo-ELT (Journal of English Language Teaching)*, 13(1), 18–34.
- Rahmawati, S., Prestridge, S., Abdullah, A. G., & Widiaty, I. (2025). Unpacking the digital competence challenge in vocational education : A case from Indonesia. *Social Sciences & Humanities Open*, 12(January), 101803. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101803>
- Reich, R. H., & Vermeyen, V. (2025). Integrating the Circular Economy and Life Cycle Thinking into project-based learning of engineering students. *Procedia Computer Science*, 253(2024), 1972–1980. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.259>
- Requies, J., Barrio, V. L., Acha, E., Agirre, I., Viar, N., & Gandarias, I. (2024). Integration of sustainable development goals in the field of process engineering through active learning methodologies. *Education for Chemical Engineers*, 49(August 2024), 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.08.001>
- Ribosa, J., & Duran, D. (2022). Do students learn what they teach when generating teaching materials for others? A meta-analysis through the lens of learning by teaching. *Educational Research Review*, 37(April), 100475. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100475>
- Riyanto, B., Baskoro, B. Y., Siska, S. Y., Hadi, M., Wibisono, W., & Priadi, A. A. (2026). Implementation Policy of Wing-In-Ground Craft for Sustainable Fisheries Surveillance in Indonesia's Remote Areas: Integration of Safety Management and Pollution Prevention. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 16(1), 105–118.
- Riyanto, B., Widiatmaja, A., Rosnani, Abadi, K., Siska, S. Y., Alim, A., Nugraha, M. A. P., Aldebaran, M. F., & Sakti, M. R. P. (2026). Coastal Clean-Up Campaign : A Community Response to Marine Litter in Pariaman City, Indonesia. *Smart Society: Community Service and Empowerment Journal*, 6(1), 95–110.
- Sandal, A. K. (2023). Vocational teachers' professional development in assessment for learning. *Journal of Vocational Education & Training*, 75(4), 654–676. <https://doi.org/10.1080/13636820.2021.1934721>
- Shah, A., Arjunan, A., Manning, G., Batool, M., Zakharova, J., Hawkins, A. J., Ajani, F., Androulaki, I., & Thumma, A. (2024). Sequential novel use of Moringa oleifera Lam., biochar, and sand to remove turbidity, E. coli, and heavy metals from drinking water. *Cleaner Water*, 2(August), 100050. <https://doi.org/10.1016/j.clwat.2024.100050>
- Siska, S. Y., Mashartanto, A. A., & Pranata, W. (2024). *Maritime English for Ratings Forming*. PT Media Penerbit Indonesia.
- Siska, S. Y., Riyadi, S., Mashartanto, A. A., Widiatmaja, A., & Yanti, M. (2025). Maritime English for Navigational Watch Officer. In *Media Penerbit Indonesia* (Vol. 16, Issue 2).
- Siska, S. Y., Silen, A. P., & Nugraha, M. A. P. (2024). General Maritime English for Sea Transportation. In *PT. Media Penerbit Indonesia*. PT Media Penerbit Indonesia.
- Stephens, C. M., Ho, M., Schmeidl, S., Pham, H. T., Dansie, A. P., Leslie, G. L., & Marshall, L. A. (2024). International capacity building to achieve SDG6: insights from longitudinal analysis of five water operator partnerships. *International Journal of Water Resources Development*, 39(4),

- 557–575. <https://doi.org/10.1080/07900627.2022.2109604>
- Tan, L., Ratanaolarn, T., & Sriwisathiyakun, K. (2025). Project-based blended learning for vocational education: Enhancing digital marketing competencies and team spirit. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2498092>
- Uddin, S., & Siska, S. Y. (2026). Strengthening Work Safety Mindset and Competence as a Policy Strategy for Maritime Human Resource Development in Indonesia. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 16(1), 19–33.
- Wang, Y. (2025). Exploring self-regulated learning within online informal language learning : a case study. *Computer Assisted Language Learning*, 0(0), 1–37. <https://doi.org/10.1080/09588221.2025.2497506>
- Weijzen, S. M. G., Onck, C., Wals, A. E., Tassone, V. C., & Kuijer-siebelink, W. (2024). Vocational education for a sustainable future: Unveiling the collaborative learning narratives to make space for learning. *Journal of Vocational Education & Training*, 76(2), 331–353. <https://doi.org/10.1080/13636820.2023.2270468>
- Widiatmaja, A., Riyanto, B., Rosnani, Abadi, K., Siska, S. Y., & Efrianto, D. (2026). Mitigasi Pengelolaan Sampah di Kota Pariaman: Perspektif Teknis, Sosial, dan Institusional. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 14(1), 213–234.
- Widiatmaja, A., Silen, A. P., Nugraha, M. A. P., Siska, S. Y., Roselia, F., & Rosa, V. (2026). Nurturing Lecturer Performance in Maritime Education: The Interplay of Campus Climate, Visionary Leadership and Spiritual Intelligence. *EDUKASIA: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 7(1), 545–562. <https://doi.org/10.62775/edukasia.v7i1.2130>
- Yunus, Suwito, D., Indriyanti, A. D., Pambudi, R. G., & Sari, P. (2025). Development of welding technique teaching module based on augmented reality integrated (ARI) equipped with 3D animation simulation to improve 21st century skills of vocational high school students. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2505279>
- Zhong, B., Liu, X., & Li, X. (2024). Effects of reverse engineering pedagogy on students' learning performance in STEM education: The bridge-design project as an example. *Heliyon*, 10(2), e24278. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24278>
- Zhou, N., Tigelaar, D. E. H., & Admiraal, W. (2022). Vocational teachers' professional learning : A systematic literature review of the past decade. *Teaching and Teacher Education*, 119, 103856. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103856>
- Ambe, B. A., Agbor, C. E., Amalu, M. N., Nghan, A. N., Bekomson, A. N., Etan, M. O., Ephraim, I. E., Asuquo, E. E., Eyo, O. E., & Ogunjimi, J. O. (2024). Electronic media learning technologies and environmental education pedagogy in tertiary institutions in Nigeria. *Social Sciences & Humanities Open*, 9(November 2023), 100760. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100760>
- Arthars, N., Thompson, K., & Sherry. (2025). Addressing skills shortages: vocational education and training in schools programs and the Universities Accord. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 47(3), 335–350. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2025.2478962>
- Ayres, P., & Ackermans, K. (2025). Some do's and don'ts of Educational Videos. *Learning and Instruction*, 96(January), 102077. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.102077>
- Bai, F., Liu, S., Yuan, Y., Zhang, Y., & Zhou, J. (2026). AI-driven framework for enhancing water quality engineering experimentation. *Results in Engineering*, 30(October 2025), 110732. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2026.110732>
- Baskoro, B. Y., Rochmansyah, R., Yatno, L. D., Siska, S. Y., & Silen, A. P. (2026). Project-Based Learning, Learning Styles & Campus Environment as Predictors of Passage Planning Comprehension. *Edureligia : Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 10(02), 274–294.
- Bwapwa, J. K., Mkhize, N., & Seyam, M. (2024). Evaluation of operational efficiency and performance for a water treatment plant. *South African Journal of Chemical Engineering*, 49(March), 11–34. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2024.04.003>
- Cabarcas-fuentes, A., & Rodríguez-chueca, J. (2026). Making it crystal clear: Educating for water sustainability through. *Education for Chemical Engineers*, 54(January), 100499. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2026.100499>
- Chao, Y. (2024). Different tracks, same greenness ? Environmental literacy models integrated with teachers' environmental education practices for academic vs . technical / vocational high school students. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2357922>
- Ebsen, M., & Rieland, S. R. (2026). Pedagogical strategies and practices in environmental and sustainability education in vocational education and training: an integrative review (1999 –

- 2024). *Environmental Education Research*, 32(7), 1802–1832. <https://doi.org/10.1080/13504622.2026.2616697>
- Fauzi, M. F., Baskoro, B. Y., Alim, A., Siska, S. Y., & Roselia, F. (2026). Exploring the Influence of Self-Regulated Learning, Instructor Support, and Campus Climate on Maritime Competence: Examining the Moderating Role of Psychological Well-Being. *Attractive : Innovative Education Journal*, 8(2), 649–663.
- Forhad, H. M., Uddin, R., Chakrovorty, R. S., Ruhul, A. M., Faruk, H. M., Kamruzzaman, S., Sharmin, N., Jamal, A. S. I. M., Haque, M.-U., & Morshed, A. M. (2024). IoT based real-time water quality monitoring system in water treatment plants (WTPs). *Heliyon*, 10(23), e40746. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40746>
- Forsler, A., Nilsson, P., & Walan, S. (2025). Teaching for sustainable development in vocational education. *Journal of Biological Education*, 59(2), 268–281. <https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2320110>
- Garay-rondero, C. L., & Issa-zadeh, S. B. (2025). Integrating sustainability thinking in maritime education. *Cogent Education*, 12(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2479205>
- Hagedoorn, M., Koopman, M., & Bruijn, E. De. (2025). Understanding continuing professional development of vocational teachers. *Studies in Continuing Education*, 12(Maret), 1–19. <https://doi.org/10.1080/0158037X.2025.2473073>
- Hasnur, J., Siska, S. Y., & Kurniawan, M. (2026). How Maritime Education System Shapes Students' Professional Mindset: Mediated by Learning Environment and Self-Directed Learning. *Attractive : Innovative Education Journal*, 8(1).
- Hincapie, M., Galdos-Balzategui, A., Freitas, B. L. S., Reygadas, F., Sabogal-paz, L. P., Pichel, N., Botero, L., Montoya, L. J., Galeano, L., Carvajal, G., Lubarsky, H., Ng, K. Y., Price, R., Gaihre, S., Byrne, J. A., & Fernandez-Ibanez, P. (2025). Automated household-based water disinfection system for rural communities: Field trials and community appropriation. *Water Research*, 284(May), 1–12.
- Imaduddin, M., & Eilks, I. (2024). A scoping review and bibliometric analysis of educational research on water literacy and water education. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 42(November), 101833. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2024.101833>
- Jakob, M., Büchel, K., Steffen, D., & Brunetti, A. (2026). Participatory teaching improves learning outcomes: Evidence from a field experiment in Tanzania. *Journal of Development Economics*, 181(January 2025), 103742. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2026.103742>
- Lin, V. J., & Ardoin, N. M. (2023). Connecting technologies and nature: Impact and opportunities for digital media use in the context of at-home family environmental learning. *The Journal of Environmental Education*, 54(1), 72–83. <https://doi.org/10.1080/00958964.2022.2152411>
- Manyepa, P., Gani, K. M., Seyam, M., Banoo, I., Genthe, B., Kumari, S., & Bux, F. (2024). Removal and risk assessment of emerging contaminants and heavy metals in a wastewater reuse process producing drinkable water for human consumption. *Chemosphere*, 361(April), 142396. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142396>
- Marini, A., Muawanah, U., & Marfu, A. (2026). Enhancing critical thinking through problem-based learning: The role of student engagement and technology for education sustainability in Indonesia. *Sustainable Futures*, 11(November 2024), 101846. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2026.101846>
- Mashartanto, A. A., Pranata, W., & Siska, S. Y. (2024). Development of Learning Media Maritime English Textbook for Ratings Forming. *Journal of Languages and Language Teaching*, 12(3), 1238. <https://doi.org/10.33394/jollt.v12i3.11337>
- Mashartanto, A. A., Riyadi, S., Siska, S. Y., & Yanti, M. (2026). Sosialisasi Buku Ajar Maritime English for Navigational Watch Officers di SMK Negeri 10 Padang. *Jurnal Surya Masyarakat*, 8(2), 236–250.
- Mathaba, M., & Banza, J. (2024). A comprehensive review on artificial intelligence in water treatment for optimization. Clean water now and the future. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 58(14), 1047–1060. <https://doi.org/10.1080/10934529.2024.2309102>
- Miao, G., Ranaraja, I., Grundy, S., Brown, N., Belkina, M., & Goldfinch, T. (2024). Project-based learning in Australian & New Zealand universities: sustainability and scalability. *Australasian Journal of Engineering Education*, 29(2), 115–125. <https://doi.org/10.1080/22054952.2024.2358585>
- Muguirrima, P. V. M., Chiranza, N. P., Zerpa, F. L., & Pino, C. A. M. (2024). Treatment of domestic effluents using sustainable biofilter methods. *Desalination and Water Treatment*,



- 317(February), 100266. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100266>
- Nazarwin, Wardi, Y., Rino, Abror, & Siska, S. Y. (2026). Charismatic Leadership, Joyful Learning, and Student Engagement in Maritime Vocational Education: The Moderating Role of Gender-Based Experiences. *Education and Human Development Journal (EHDJ)*, 11(2), 179–197. <https://doi.org/10.33086/ehdj.v11i2.8547>
- Nduli, S., Tekere, M., Masindi, V., & Foteinis, S. (2025). Assessment of the water quality and microbial regrowth in drinking water treatment plants and the distribution network. *Water Resources and Industry*, 33(April), 100290. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2025.100290>
- Olofsson, M. (2025). Preparing students in need of support for work- based learning: vocational teachers' experiences and pedagogical approaches. *Journal of Vocational Education & Training*, 00(00), 1–19. <https://doi.org/10.1080/13636820.2025.2552797>
- Penca, J., Barbanti, A., Cvitanovic, C., Hamza-chaffai, A., Elshazly, A., Jouffray, J., Mejjad, N., & Mokos, M. (2024). Building competences for researchers working towards ocean sustainability. *Marine Policy*, 163(March), 106132. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106132>
- Purwantini, S., Silen, A. P., & Siska, S. Y. (2026). Determinants of Maritime English Proficiency in Vocational Higher Education: The Roles of Self-Directed Learning, Simulation-Based Training, and Educational Culture. *Jo-ELT (Journal of English Language Teaching)*, 13(1), 18–34.
- Rahmawati, S., Prestridge, S., Abdullah, A. G., & Widiaty, I. (2025). Unpacking the digital competence challenge in vocational education : A case from Indonesia. *Social Sciences & Humanities Open*, 12(January), 101803. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101803>
- Reich, R. H., & Vermeyen, V. (2025). Integrating the Circular Economy and Life Cycle Thinking into project-based learning of engineering students. *Procedia Computer Science*, 253(2024), 1972–1980. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.259>
- Requies, J., Barrio, V. L., Acha, E., Agirre, I., Viar, N., & Gandarias, I. (2024). Integration of sustainable development goals in the field of process engineering through active learning methodologies. *Education for Chemical Engineers*, 49(August 2024), 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.08.001>
- Ribosa, J., & Duran, D. (2022). Do students learn what they teach when generating teaching materials for others? A meta-analysis through the lens of learning by teaching. *Educational Research Review*, 37(April), 100475. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100475>
- Riyanto, B., Baskoro, B. Y., Siska, S. Y., Hadi, M., Wibisono, W., & Priadi, A. A. (2026). Implementation Policy of Wing-In-Ground Craft for Sustainable Fisheries Surveillance in Indonesia's Remote Areas: Integration of Safety Management and Pollution Prevention. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 16(1), 105–118.
- Riyanto, B., Widiatmaja, A., Rosnani, Abadi, K., Siska, S. Y., Alim, A., Nugraha, M. A. P., Aldebaran, M. F., & Sakti, M. R. P. (2026). Coastal Clean-Up Campaign : A Community Response to Marine Litter in Pariaman City, Indonesia. *Smart Society: Community Service and Empowerment Journal*, 6(1), 95–110.
- Sandal, A. K. (2023). Vocational teachers' professional development in assessment for learning. *Journal of Vocational Education & Training*, 75(4), 654–676. <https://doi.org/10.1080/13636820.2021.1934721>
- Shah, A., Arjunan, A., Manning, G., Batool, M., Zakharova, J., Hawkins, A. J., Ajani, F., Androulaki, I., & Thumma, A. (2024). Sequential novel use of Moringa oleifera Lam., biochar, and sand to remove turbidity, E. coli, and heavy metals from drinking water. *Cleaner Water*, 2(August), 100050. <https://doi.org/10.1016/j.clwat.2024.100050>
- Siska, S. Y., Mashartanto, A. A., & Pranata, W. (2024). *Maritime English for Ratings Forming*. PT Media Penerbit Indonesia.
- Siska, S. Y., Riyadi, S., Mashartanto, A. A., Widiatmaja, A., & Yanti, M. (2025). Maritime English for Navigational Watch Officer. In *Media Penerbit Indonesia* (Vol. 16, Issue 2).
- Siska, S. Y., Silen, A. P., & Nugraha, M. A. P. (2024). General Maritime English for Sea Transportation. In *PT. Media Penerbit Indonesia*. PT Media Penerbit Indonesia.
- Stephens, C. M., Ho, M., Schmeidl, S., Pham, H. T., Dansie, A. P., Leslie, G. L., & Marshall, L. A. (2024). International capacity building to achieve SDG6: insights from longitudinal analysis of five water operator partnerships. *International Journal of Water Resources Development*, 39(4), 557–575. <https://doi.org/10.1080/07900627.2022.2109604>
- Tan, L., Ratanaolarn, T., & Sriwisathiyakun, K. (2025). Project-based blended learning for vocational education: Enhancing digital marketing competencies and team spirit. *Cogent Education*,

- 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2498092>
- Uddin, S., & Siska, S. Y. (2026). Strengthening Work Safety Mindset and Competence as a Policy Strategy for Maritime Human Resource Development in Indonesia. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 16(1), 19–33.
- Wang, Y. (2025). Exploring self-regulated learning within online informal language learning : a case study. *Computer Assisted Language Learning*, 0(0), 1–37. <https://doi.org/10.1080/09588221.2025.2497506>
- Weijzen, S. M. G., Onck, C., Wals, A. E., Tassone, V. C., & Kuijer-siebelink, W. (2024). Vocational education for a sustainable future: Unveiling the collaborative learning narratives to make space for learning. *Journal of Vocational Education & Training*, 76(2), 331–353. <https://doi.org/10.1080/13636820.2023.2270468>
- Widiatmaja, A., Riyanto, B., Rosnani, Abadi, K., Siska, S. Y., & Efrianto, D. (2026). Mitigasi Pengelolaan Sampah di Kota Pariaman: Perspektif Teknis, Sosial, dan Institusional. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 14(1), 213–234.
- Widiatmaja, A., Silen, A. P., Nugraha, M. A. P., Siska, S. Y., Roselia, F., & Rosa, V. (2026). Nurturing Lecturer Performance in Maritime Education: The Interplay of Campus Climate, Visionary Leadership and Spiritual Intelligence. *EDUKASIA: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 7(1), 545–562. <https://doi.org/10.62775/edukasia.v7i1.2130>
- Yunus, Suwito, D., Indriyanti, A. D., Pambudi, R. G., & Sari, P. (2025). Development of welding technique teaching module based on augmented reality integrated (ARI) equipped with 3D animation simulation to improve 21st century skills of vocational high school students. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2505279>
- Zhong, B., Liu, X., & Li, X. (2024). Effects of reverse engineering pedagogy on students' learning performance in STEM education: The bridge-design project as an example. *Heliyon*, 10(2), e24278. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24278>
- Zhou, N., Tigelaar, D. E. H., & Admiraal, W. (2022). Vocational teachers' professional learning : A systematic literature review of the past decade. *Teaching and Teacher Education*, 119, 103856. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103856>

---

**Copyright Holder :**

© Soleh Uddin et al., (2026).

**First Publication Right :**

© Bulletin of Science Education

**This article is under:**

CC BY SA