



Pengembangan Keterampilan Mekatronika Siswa SMK Puger melalui Proyek ROV

Joessianto Eko Poetro ^{1*}, Fais Hamzah ¹, Imam Sutrisno ¹, Fahmi Umasangadji ²

¹ Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

² Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran, Jakarta, Indonesia

 joessianto@yahoo.com*

Abstract

Fatayat NU, a women's organization under the umbrella of Nahdlatul Ulama, plays a strategic role in community empowerment, particularly in promoting Islamic economics and Sharia-compliant lifestyles. In Tulang Bawang Barat Regency, however, understanding of Muslim women's clothing in accordance with Sharia principles remains limited. This is attributed to a lack of structured education, cultural constraints, and restricted access to relevant information. Despite these challenges, adherence to a Sharia-compliant lifestyle is increasing in tandem with growing religious awareness. Within this context, Fatayat NU's 2019–2024 leadership is expected to act as an agent of change by advancing small and medium enterprises (SMEs) in the Muslim fashion sector. This study adopts a qualitative approach, employing observation, interviews, and documentation methods. Data were collected through in-depth interviews with Fatayat NU administrators who had received training in Islamic economics and Muslim fashion design. Triangulation techniques were applied to ensure data validity and reliability. The findings reveal that Fatayat NU contributes significantly to the development of Muslim fashion-related MSMEs by organizing training workshops on fashion graphic design and seminars on Islamic economic principles, including sales bookkeeping practices. These efforts have supported increased sales in stores operated by Fatayat NU members who participated in the programs. The success of these initiatives demonstrates that Fatayat NU can serve as a model for community empowerment by integrating Islamic values with practical economic solutions. Nonetheless, the organization continues to face challenges, including limited funding, cultural resistance, and insufficient external support.

Keywords: Fatayat NU, Community Empowerment, Islamic Economics, Muslim Fashion, Sharia Lifestyle, MSMEs

ARTICLE INFO

Article history:

Received
February 03,
2025

Revised
May 29, 2025

Accepted
July 11, 2025

Published by
ISSN

Website

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

CV. Creative Tugu Pena
2774-7077

<https://www.attractivejournal.com/index.php/bce/>

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



PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi di Indonesia terus mengalami tantangan dalam menyesuaikan kurikulumnya dengan perkembangan teknologi industri. Salah satu keterampilan yang semakin penting dalam dunia industri modern adalah mekatronika, yang merupakan integrasi antara teknik mesin, elektronik, dan pemrograman (Hakim, 2019). Namun, keterampilan ini masih kurang berkembang di kalangan siswa SMK, terutama di daerah

pedesaan seperti Puger. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan keterampilan mekatronika siswa melalui proyek pembuatan Remotely Operated Vehicle (ROV) (Hasugian, 2021). Pendidikan vokasi di Indonesia menghadapi tantangan besar dalam menyiapkan lulusan yang siap kerja di era Revolusi Industri 4.0. Data dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan menunjukkan bahwa tingkat serapan kerja lulusan SMK pada tahun 2023 masih berada di bawah 50%, sebagian besar disebabkan oleh ketidaksesuaian antara kompetensi lulusan dan kebutuhan industri. Salah satu kompetensi yang sangat dibutuhkan tetapi masih kurang dikembangkan di tingkat SMK adalah mekatronika—sebuah bidang interdisipliner yang menggabungkan teknik mesin, elektronika, dan pemrograman.

Kemajuan teknologi di sektor maritim, khususnya penggunaan Remotely Operated Vehicle (ROV), menunjukkan potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai media pembelajaran yang kontekstual dan aplikatif. ROV telah banyak digunakan dalam eksplorasi bawah laut, pemeliharaan struktur kelautan, dan riset lingkungan. Namun, teknologi ini masih jarang diintegrasikan ke dalam kurikulum SMK, terutama di daerah pedesaan seperti Puger, Jember.

Kurangnya akses terhadap teknologi dan metode pembelajaran berbasis proyek menyebabkan siswa SMK tertinggal dalam penguasaan keterampilan abad ke-21. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan pendekatan inovatif dalam pembelajaran yang tidak hanya memperkuat keterampilan teknis, tetapi juga menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, kerja tim, dan pemecahan masalah.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab kebutuhan tersebut dengan mengembangkan keterampilan mekatronika siswa SMK Puger melalui proyek perancangan dan pembuatan ROV. Dengan pendekatan Project-Based Learning (PjBL), siswa tidak hanya belajar secara teoritis, tetapi juga mengalami langsung proses desain, perakitan, dan pengujian sistem robotika bawah air. Penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam merancang model pembelajaran yang relevan dan aplikatif bagi SMK di Indonesia.

Kemajuan teknologi di bidang robotika dan otomasi telah mempengaruhi berbagai sektor industri, termasuk maritim dan perkapalan. Remotely Operated Vehicle (ROV) merupakan salah satu teknologi yang berkembang pesat dan memiliki banyak aplikasi di industri bawah laut, seperti inspeksi struktur bawah laut, eksplorasi, dan penelitian lingkungan. Dengan memberikan pengalaman langsung dalam pengembangan dan operasional ROV, siswa SMK Puger diharapkan dapat memahami bagaimana mekatronika diterapkan dalam dunia kerja nyata (Iskandar, 2022). Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas pengembangan keterampilan mekatronika atau penggunaan metode pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning) dalam konteks pendidikan teknik. Namun, penelitian-penelitian tersebut memiliki keterbatasan dalam hal integrasi konteks teknologi terkini seperti ROV dan penerapan di wilayah dengan keterbatasan sumber daya. Berikut adalah beberapa penelitian relevan yang menjadi pembandingan:

1. Hakim (2019)
Menyoroti pentingnya integrasi mekatronika dalam pendidikan vokasi namun lebih fokus pada pengembangan kurikulum berbasis kompetensi tanpa implementasi proyek langsung.
Gap: Tidak membahas penerapan langsung proyek mekatronika atau dampaknya terhadap soft skills.
2. Sutrisno (2020)
Meneliti efektivitas metode PjBL dalam pembelajaran teknik elektro, menunjukkan peningkatan pemahaman siswa.
Gap: Tidak melibatkan proyek teknologi spesifik seperti ROV dan tidak mengukur dampak dalam konteks keterbatasan sumber daya.
3. Hasugian et al. (2021)
Menganalisis penerapan teknologi otomatisasi dan risiko di sektor maritim. Fokus pada konteks industri, bukan pendidikan.

Gap: Tidak membahas implementasi pendidikan atau pengaruhnya pada siswa SMK.

4. Jami'in et al. (2015)

Mengembangkan kontrol adaptif pada sistem non-linear berbasis neural network dalam lingkungan laboratorium terkontrol.

Gap: Studi bersifat eksperimental murni dan tidak menyoal pengembangan kompetensi siswa vokasi secara langsung.

Keunikan (Novelty) Penelitian Ini

Penelitian ini memiliki keunikan yang membedakannya dari studi-studi sebelumnya:

- Menggabungkan pendekatan Project-Based Learning dengan pengembangan ROV, suatu teknologi nyata yang digunakan dalam industri bawah laut, menjadikan pembelajaran lebih kontekstual dan aplikatif.
- Berlangsung di lingkungan SMK pedesaan (SMK Puger), menjawab tantangan pendidikan vokasi di daerah dengan keterbatasan infrastruktur dan sumber daya teknologi.
- Mengukur dampak proyek terhadap penguasaan hard skills dan soft skills secara bersamaan, yang jarang dilakukan dalam penelitian sejenis.
- Melibatkan pengujian di lingkungan nyata, bukan hanya simulasi laboratorium, sehingga siswa mendapatkan pengalaman langsung yang merefleksikan tantangan industri sebenarnya.

Dengan demikian, penelitian ini menutup gap dari studi-studi sebelumnya dengan pendekatan yang lebih praktis, relevan, dan kontekstual bagi pengembangan pendidikan vokasi di Indonesia.

Pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning/PjBL) menjadi pendekatan yang efektif dalam meningkatkan kompetensi siswa, terutama dalam bidang teknik. Melalui metode ini, siswa dapat belajar dengan cara eksploratif, kreatif, dan inovatif. Selain itu, pendekatan ini mendorong kolaborasi, problem-solving, dan pemikiran kritis yang sangat dibutuhkan di dunia kerja modern (Sutrisno, 2020).

Penerapan teknologi dalam pendidikan vokasi sangat penting untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang siap bersaing di pasar global. Dengan adanya proyek ROV ini, siswa tidak hanya mengembangkan keterampilan teknis tetapi juga keterampilan soft skills yang meliputi komunikasi, kerja sama tim, dan manajemen proyek (Hananur, 2018). Dengan kata lain, proyek ini bertujuan untuk membekali siswa dengan kompetensi yang lebih luas, sehingga mereka dapat memiliki daya saing yang lebih tinggi dalam dunia kerja (Danis, 2019).

Studi ini berfokus pada bagaimana implementasi pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan keterampilan mekatronika siswa SMK (Hayati, 2018). Dengan membandingkan pemahaman siswa sebelum dan sesudah proyek, serta mengevaluasi tingkat keberhasilan mereka dalam merancang dan mengembangkan ROV, penelitian ini memberikan wawasan tentang efektivitas metode pembelajaran berbasis proyek dalam pendidikan vokasi (Anfasa, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan keterampilan mekatronika siswa SMK Puger melalui pendekatan pembelajaran berbasis proyek dengan media Remotely Operated Vehicle (ROV). Secara khusus, penelitian ini berfokus pada peningkatan kompetensi teknis siswa dalam bidang sistem kelistrikan, pemrograman mikrokontroler, dan perakitan mekanik, serta mengembangkan soft skills seperti kerja tim, komunikasi, dan pemecahan masalah. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pendekatan Project-Based Learning dalam konteks pendidikan vokasi di daerah dengan keterbatasan sumber daya.

Theoretical Framework

Penelitian ini didasarkan pada tiga landasan teori utama yang saling terkait, yaitu: teori mekatronika sebagai bidang multidisipliner, pendekatan pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning), dan teori konstruktivisme dalam pembelajaran teknik.

1. Teori Mekatronika Mekatronika merupakan disiplin ilmu yang menggabungkan teknik mesin, elektronika, dan ilmu komputer untuk merancang dan mengendalikan sistem otomatis yang cerdas. Menurut Bolton (2015), pendekatan mekatronika menekankan integrasi antar disiplin dalam satu kesatuan sistem, dan menjadi fondasi utama dalam pengembangan teknologi seperti robotika dan ROV. Penguasaan mekatronika memerlukan pengalaman praktis yang terintegrasi dengan teori, yang mendasari kebutuhan penggunaan proyek nyata dalam pembelajaran.
2. Project-Based Learning (PjBL) PjBL merupakan pendekatan pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam menyelesaikan proyek nyata. Teori ini berpijak pada pemikiran John Dewey (1938) yang menekankan pentingnya pengalaman langsung dalam proses belajar. Menurut Thomas (2000), PjBL mendorong siswa untuk berpikir kritis, memecahkan masalah kompleks, dan bekerja secara kolaboratif. Dalam konteks penelitian ini, proyek pembuatan ROV menjadi media untuk mengintegrasikan teori mekatronika dengan praktik langsung yang kontekstual.
3. Teori Konstruktivisme Teori ini menyatakan bahwa pengetahuan dibangun oleh siswa secara aktif berdasarkan pengalaman mereka sendiri. Vygotsky (1978) menambahkan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi dalam interaksi sosial dan zona perkembangan proksimal (ZPD). Dalam penelitian ini, konstruktivisme terlihat dari bagaimana siswa membangun pemahaman mekatronika melalui diskusi kelompok, eksperimen langsung, dan refleksi atas kesalahan dalam proses proyek.

Dengan ketiga pendekatan teoretis tersebut, penelitian ini menggabungkan pembelajaran teknis yang kompleks dengan strategi pedagogis yang mendukung partisipasi aktif siswa. Hal ini mendukung tujuan penelitian untuk meningkatkan kompetensi mekatronika secara holistik, baik dalam aspek hard skills maupun soft skills.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode pembelajaran berbasis proyek (PjBL). PjBL dipilih karena metode ini memungkinkan siswa untuk belajar melalui pengalaman langsung dengan cara menyelesaikan proyek yang nyata. Metode ini menekankan pada pembelajaran yang aktif, sehingga siswa dapat mengembangkan keterampilan teknis dan non-teknis secara bersamaan (Sutrisno, 2020).

Tahapan Penelitian

Identifikasi Kebutuhan dan Perancangan ROV

Pada tahap ini, siswa diberikan materi dasar mengenai konsep ROV, sistem elektronik, serta pemrograman mikrokontroler. Pengajaran dilakukan melalui metode ceramah, diskusi, dan praktik langsung agar siswa memahami prinsip dasar yang akan diterapkan dalam proyek. Siswa juga dilibatkan dalam brainstorming untuk menentukan spesifikasi teknis ROV yang akan dikembangkan (Mohammad, 2020)

Perakitan dan Implementasi

Setelah rancangan selesai, siswa mulai melakukan perakitan perangkat keras dan perangkat lunak. Perakitan perangkat keras mencakup pemasangan komponen elektronik, seperti mikrokontroler, sensor, motor, dan sumber daya listrik. Sedangkan perangkat lunak melibatkan pemrograman mikrokontroler untuk mengontrol pergerakan ROV dan sistem navigasinya. Siswa bekerja dalam tim untuk menyelesaikan setiap tahapan perakitan (Munaf, 2016).

Pengujian dan Evaluasi

ROV yang telah dirakit diuji dalam kondisi nyata di lingkungan perairan. Pengujian dilakukan untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik. Parameter yang diuji meliputi kestabilan navigasi, ketahanan sistem, serta respons sensor dan aktuator.

Evaluasi dilakukan berdasarkan hasil pengujian dengan mencatat kekurangan yang ditemukan selama uji coba (Jami'in, 2015).

Refleksi dan Peningkatan

Setelah evaluasi, siswa diberikan kesempatan untuk melakukan perbaikan dan peningkatan pada ROV berdasarkan temuan selama pengujian. Tahap ini memungkinkan siswa untuk memahami proses iteratif dalam pengembangan teknologi, di mana suatu sistem perlu diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan data yang diperoleh dari uji coba sebelumnya.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Pre-test dan post-test untuk mengukur pemahaman siswa sebelum dan setelah mengikuti proyek (Sutrisno, 2019).
- Observasi langsung untuk menilai keterampilan teknis dan kerja sama tim siswa selama proyek berlangsung.
- Kuesioner untuk mengetahui pengalaman dan persepsi siswa terhadap metode pembelajaran berbasis proyek.
- Wawancara dengan guru dan siswa untuk mendapatkan umpan balik kualitatif mengenai efektivitas metode ini.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif:

- Analisis Kuantitatif: Data dari pre-test dan post-test dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk melihat peningkatan pemahaman siswa.
- Analisis Kualitatif: Data dari observasi, kuesioner, dan wawancara dianalisis dengan metode tematik untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam respons siswa terhadap proyek (Sutrisno, 2014).

Dengan menggunakan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang efektivitas metode pembelajaran berbasis proyek dalam meningkatkan keterampilan mekatronika siswa SMK (Khumaidi, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa:

1. Peningkatan Pemahaman Siswa Data dari pre-test dan post-test menunjukkan adanya peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep mekatronika, sistem kelistrikan, dan pemrograman. Skor rata-rata siswa meningkat sebesar 40%, yang mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis proyek mampu meningkatkan kompetensi teknis siswa secara signifikan (Sutrisno, 2009).
2. Keberhasilan Implementasi Proyek ROV Siswa berhasil menyelesaikan proyek ROV dalam waktu yang telah ditentukan. Sebagian besar tim mampu merakit dan mengoperasikan ROV dengan baik. Namun, ditemukan beberapa kendala teknis, seperti ketidakseimbangan daya baterai dan permasalahan pada komunikasi data antara pengontrol dan aktuator. Permasalahan ini diatasi dengan bimbingan langsung dari instruktur dan pembelajaran mandiri siswa (Jamiin, 2015).
3. Pengujian dan Evaluasi ROV diuji dalam kolam uji untuk mengamati stabilitas dan fungsionalitasnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 80% dari ROV yang dibuat mampu beroperasi dengan baik, baik dari segi kontrol, sensor, maupun sistem navigasi. Kendala yang ditemukan selama pengujian meliputi kebocoran pada beberapa bagian ROV dan respon aktuator yang tidak sesuai harapan. Tim siswa kemudian melakukan perbaikan berdasarkan hasil evaluasi lapangan (Sutrisno, 2013).
4. Peningkatan Keterampilan Teknis Berdasarkan observasi selama proses pembelajaran, siswa mengalami peningkatan keterampilan dalam:
 - Kelistrikan: Perakitan rangkaian kelistrikan dan pemahaman tentang distribusi daya pada sistem ROV.

- Mekanik: Perancangan dan pembuatan struktur rangka ROV dengan mempertimbangkan faktor hidrodinamika.
 - Pemrograman: Pengembangan kode untuk mengontrol aktuator dan sensor menggunakan platform Arduino dan Raspberry Pi.
5. Peningkatan Soft Skills Selain keterampilan teknis, proyek ini juga memberikan dampak positif terhadap pengembangan soft skills siswa:
- Kerja Sama Tim: Siswa belajar untuk bekerja dalam kelompok dengan membagi tugas sesuai dengan keahlian masing-masing.
 - Pemecahan Masalah: Kemampuan siswa dalam mengatasi kendala teknis meningkat seiring dengan tantangan yang mereka hadapi selama proyek berlangsung (Jamiin, 2015).
 - Komunikasi: Siswa menjadi lebih aktif dalam menyampaikan ide dan solusi dalam diskusi kelompok.
6. Tantangan dalam Implementasi Proyek Beberapa tantangan yang dihadapi dalam implementasi proyek ini antara lain:
- Keterbatasan Peralatan dan Sumber Daya: Ketersediaan komponen elektronik dan mekanik terbatas, sehingga beberapa tim harus mencari alternatif solusi (Sutrisno, 2020).
 - Keterampilan Awal yang Beragam: Beberapa siswa memiliki pemahaman yang lebih baik dalam bidang teknik dibandingkan siswa lainnya, sehingga diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih adaptif.
 - Waktu yang Terbatas: Penyelesaian proyek dalam kurun waktu yang ditentukan menjadi tantangan tersendiri bagi siswa dalam manajemen waktu dan efisiensi kerja.
7. Umpan Balik dari Siswa dan Guru
- Dari Siswa: Sebagian besar siswa merasa bahwa metode pembelajaran berbasis proyek lebih menarik dibandingkan metode konvensional. Mereka juga merasa lebih percaya diri dalam mengaplikasikan keterampilan mekatronika dalam proyek nyata (Rifai, 2021).
 - Dari Guru: Guru yang terlibat dalam proyek ini menyatakan bahwa metode ini efektif dalam meningkatkan keterampilan praktis siswa dan menyarankan agar model pembelajaran ini diterapkan secara lebih luas di SMK lain (Sutrisno, 2013).

Dengan demikian, proyek ROV ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan keterampilan teknis dan non-teknis siswa SMK Puger, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih aplikatif dan relevan dengan kebutuhan industri. Peningkatan Pemahaman Konseptual Siswa

Hasil pre-test menunjukkan bahwa hanya 28% siswa yang memahami konsep dasar mekatronika secara utuh, terutama pada aspek integrasi sistem kelistrikan, pemrograman mikrokontroler, dan mekanika. Setelah implementasi proyek ROV dan pembelajaran berbasis proyek selama 8 minggu, hasil post-test menunjukkan peningkatan signifikan, dengan 68% siswa mencapai kategori “mahir”, dan 24% berada di kategori “cukup”. Rata-rata peningkatan nilai siswa sebesar 40 poin (dari rata-rata 52 ke 92 dari skala 100).

Aspek yang mengalami peningkatan tertinggi adalah:

- Pemrograman mikrokontroler (Arduino): dari 35% ke 81% penguasaan
- Perakitan rangkaian listrik: dari 48% ke 87%
- Pemahaman sistem aktuator dan sensor: dari 41% ke 76%

2. Keberhasilan Perancangan dan Implementasi Proyek ROV

Seluruh kelompok siswa (6 tim) berhasil menyelesaikan desain dan perakitan ROV dalam waktu 6 minggu. Setiap ROV diuji di kolam uji sekolah dengan parameter keberhasilan sebagai berikut:

- Stabilitas arah dan gerak propeller: 5 dari 6 ROV stabil dalam manuver dasar

- Fungsionalitas sensor kedalaman dan suhu: 4 dari 6 ROV berhasil membaca data lingkungan
 - Respon kendali jarak jauh (remote control via kabel tether): 100% berhasil
- Kendala teknis yang paling sering dihadapi siswa mencakup:
- Kebocoran kompartemen elektronik
 - Gangguan sinyal antara mikrokontroler dan driver motor
 - Kesalahan logika dalam pemrograman kontrol navigasi
3. Peningkatan Keterampilan Teknis Siswa
- Observasi oleh guru dan instruktur menunjukkan bahwa siswa mengalami peningkatan signifikan dalam keterampilan praktis:
- 70% siswa menunjukkan kemampuan mandiri merakit sistem kelistrikan
 - 60% siswa mampu menguji dan memodifikasi program mikrokontroler secara iteratif
 - Semua siswa mampu membuat laporan teknis sederhana terkait fungsi ROV mereka
4. Peningkatan Soft Skills
- Melalui lembar observasi dan rubrik penilaian kerja tim, ditemukan bahwa:
- Komunikasi efektif antar anggota tim meningkat (dari skor 2.8 ke 4.2 dalam skala 5)
 - Kemampuan pemecahan masalah meningkat secara nyata, terlihat dari keberhasilan tim menyusun solusi alternatif terhadap kerusakan ROV
 - Kepemimpinan dan manajemen waktu mulai berkembang, walaupun masih terdapat kesenjangan antar individu
5. Umpan Balik dari Siswa dan Guru
- Dari 34 siswa yang terlibat, sebanyak 91% menyatakan bahwa metode pembelajaran ini lebih menyenangkan dan menantang dibandingkan metode konvensional. Guru menyatakan bahwa pendekatan ini:
- Memudahkan penilaian kompetensi lintas bidang (elektro, pemrograman, mekanik)
 - Memberikan pengalaman langsung seperti yang dihadapi dunia industri

PEMBAHASAN

Pembelajaran berbasis proyek melalui pengembangan ROV terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan mekatronika siswa SMK Puger. Berdasarkan hasil penelitian, metode ini tidak hanya meningkatkan pemahaman teknis siswa dalam bidang kelistrikan, pemrograman mikrokontroler, dan sistem mekanik, tetapi juga melatih mereka dalam berpikir kritis, bekerja sama dalam tim, dan menyelesaikan masalah secara mandiri. Peningkatan pemahaman ini terlihat dari hasil pre-test dan post-test yang menunjukkan adanya peningkatan kompetensi siswa sebesar 40%, serta kemampuan mereka dalam merancang, merakit, dan mengoperasikan ROV secara mandiri.

Selain itu, implementasi proyek ROV memberikan pengalaman belajar yang lebih aplikatif dan kontekstual. Dengan melibatkan siswa dalam proses desain, pengujian, dan evaluasi, mereka lebih memahami bagaimana konsep mekatronika diterapkan dalam dunia kerja nyata, khususnya dalam industri maritim dan teknologi bawah laut. Keterampilan yang diperoleh melalui proyek ini dapat menjadi bekal berharga bagi siswa dalam menghadapi tantangan dunia industri modern, yang semakin menuntut kombinasi antara keahlian teknis dan kemampuan adaptasi yang tinggi.

Dari sisi soft skills, proyek ini berhasil meningkatkan kemampuan komunikasi, koordinasi, dan kepemimpinan siswa. Dalam proses kerja tim, siswa harus berkomunikasi dengan baik untuk memastikan setiap komponen ROV dapat berfungsi secara optimal. Selain itu, mereka belajar mengelola waktu dan sumber daya secara efisien, yang merupakan keterampilan penting dalam dunia kerja.

Namun, terdapat beberapa tantangan yang dihadapi selama pelaksanaan proyek ini, seperti keterbatasan peralatan dan sumber daya, tingkat keterampilan awal siswa yang beragam, serta kendala teknis dalam perakitan dan pengujian ROV. Untuk mengatasi

kendala tersebut, pendekatan pembelajaran berbasis proyek harus dilengkapi dengan bimbingan lebih intensif, sumber belajar yang lebih bervariasi, serta alokasi waktu yang lebih fleksibel agar siswa dapat menyelesaikan proyek dengan optimal.

Sebagai rekomendasi, pembelajaran berbasis proyek seperti ini sebaiknya terus dikembangkan dan diterapkan di berbagai SMK, terutama yang memiliki fokus pada bidang teknik dan industri. Integrasi dengan dunia industri juga dapat dilakukan melalui kerja sama dengan perusahaan dan institusi terkait untuk memberikan pengalaman yang lebih nyata bagi siswa. Dengan demikian, lulusan SMK tidak hanya memiliki keterampilan teknis yang kuat, tetapi juga siap menghadapi tantangan dan tuntutan industri yang dinamis. Dengan mempertimbangkan berbagai aspek di atas, dapat disimpulkan bahwa pengembangan keterampilan mekatronika melalui proyek ROV merupakan langkah inovatif dalam meningkatkan kualitas pendidikan vokasi. Proyek ini memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pembelajaran siswa, baik dalam aspek akademik maupun keterampilan kerja, sehingga dapat menjadi model pembelajaran yang dapat direplikasi di berbagai institusi pendidikan vokasi di Indonesia.

Penelitian ini menghasilkan sejumlah temuan penting yang menunjukkan bahwa pendekatan Project-Based Learning (PjBL) berbasis pengembangan ROV mampu meningkatkan kompetensi siswa SMK secara menyeluruh. Temuan tersebut dapat dikelompokkan ke dalam lima aspek utama:

1. Peningkatan Kompetensi Teknis Mechatronika

Salah satu temuan utama adalah adanya peningkatan signifikan dalam penguasaan kompetensi teknis siswa. Melalui proyek ROV, siswa secara langsung mengembangkan keterampilan:

- Kelistrikan: Merancang dan menyusun rangkaian listrik untuk mengontrol motor dan sensor.
- Pemrograman: Menggunakan platform Arduino untuk mengatur logika pergerakan ROV.
- Mekanik: Mendesain dan merakit struktur ROV yang mampu bergerak dalam air, memperhatikan aspek hidrodinamika.

Data post-test menunjukkan kenaikan rata-rata nilai sebesar 40 poin, menunjukkan efektivitas pendekatan proyek dalam mengajarkan materi kompleks secara praktis.

2. Penguasaan Sistem Integrasi (Interdisipliner)

Siswa tidak hanya mempelajari elemen-elemen mekatronika secara terpisah, tetapi juga mampu mengintegrasikan sistem kelistrikan, pemrograman, dan mekanika dalam satu produk fungsional (ROV). Ini membuktikan bahwa pendekatan PjBL memberikan pemahaman holistik yang dibutuhkan oleh industri modern yang berbasis teknologi integratif.

3. Penguatan Soft Skills dan Budaya Kerja

Proyek ini juga berdampak kuat pada pengembangan keterampilan non-teknis:

- Kerjasama tim: Siswa belajar menyelesaikan proyek dalam kelompok, berbagi peran, dan saling mendukung.
- Komunikasi efektif: Kemampuan menyampaikan ide dan berdiskusi dalam tim meningkat secara nyata.
- Problem-solving dan resiliensi: Siswa menunjukkan kreativitas dalam mengatasi kendala teknis, seperti kebocoran air, error dalam coding, atau malfungsi sensor.

4. Peningkatan Motivasi dan Kemandirian Belajar

Siswa menunjukkan peningkatan antusiasme terhadap proses belajar. 91% siswa merasa lebih termotivasi karena terlibat langsung dalam pembuatan teknologi nyata. Siswa juga aktif mencari solusi secara mandiri melalui internet, diskusi tim, dan konsultasi dengan guru, menunjukkan peningkatan kemandirian belajar.

5. Kontribusi terhadap Model Pembelajaran Vokasi

Penelitian ini memberikan kontribusi berupa model implementasi PjBL berbasis teknologi modern (ROV) yang dapat direplikasi di SMK lain, bahkan di daerah dengan sumber daya

terbatas. Model ini menekankan bahwa teknologi tinggi tidak harus eksklusif di kota besar atau sekolah unggulan, tetapi bisa diadaptasi di sekolah pedesaan dengan pendekatan yang tepat.

Temuan ini memperkuat argumen bahwa pengembangan keterampilan mekatronika melalui proyek nyata memberikan hasil yang lebih kontekstual, aplikatif, dan berkelanjutan dibandingkan pembelajaran konvensional. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan Project-Based Learning (PjBL) dengan media ROV terbukti efektif dalam meningkatkan kompetensi mekatronika siswa SMK, baik dari aspek teknis maupun non-teknis. Temuan pokok yang dapat disimpulkan adalah peningkatan signifikan pemahaman siswa dalam bidang kelistrikan, pemrograman, dan mekanika sebesar rata-rata 40 poin, serta peningkatan soft skills seperti kerja sama tim dan problem solving. Penelitian ini relevan bagi pengembangan pendidikan vokasi karena menjawab tantangan ketidaksesuaian antara kebutuhan industri 4.0 dengan kompetensi lulusan SMK, khususnya di daerah rural. Hasil ini juga menunjukkan bahwa teknologi tinggi seperti ROV tidak hanya dapat diajarkan di sekolah unggulan, tetapi juga bisa diimplementasikan secara efektif di sekolah dengan keterbatasan sumber daya.

Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

1. Sutrisno (2020) Meneliti efektivitas PjBL di pendidikan teknik elektro. Sama-sama menunjukkan peningkatan kompetensi teknis, namun tidak menyoroti integrasi teknologi spesifik seperti ROV. → *Kesamaan*: Efektivitas PjBL → *Perbedaan*: Fokus teknologi dan penerapan dunia nyata
2. Hasugian et al. (2021) Fokus pada analisis risiko teknologi otomasi di sektor maritim. Konteks industrinya serupa (maritim), namun tidak dalam konteks pendidikan atau siswa vokasi. → *Perbedaan*: Objek dan tujuan riset (industri vs pendidikan)
3. Hakim (2019) Menekankan pentingnya mekatronika dalam kurikulum SMK. Namun, tidak membahas penerapan pembelajaran langsung atau media spesifik. → *Kesamaan*: Urgensi mekatronika → *Perbedaan*: Tidak mengevaluasi model implementatif
4. Jami'in et al. (2015) Mengembangkan sistem kontrol nonlinier menggunakan neural network. Studi sangat teknis dan laboratorium-based. → *Perbedaan*: Tidak melibatkan pembelajaran atau intervensi siswa
5. Hayati & Munaf (2018) Menganalisis kecelakaan kapal cepat dengan pendekatan sistem teknik. Fokus pada keamanan, bukan pendidikan. → *Perbedaan*: Konteks dan tujuan penelitian
6. Rifai et al. (2021) Menggunakan metode image processing untuk sistem transportasi. Sama-sama berbasis teknologi terkini, namun tidak menyoroti ranah pendidikan. → *Kesamaan*: Pemanfaatan teknologi tinggi → *Perbedaan*: Tujuan, subjek, dan pendekatan pembelajaran

Analisis Kesamaan dan Perbedaan

Kesamaan dalam peningkatan kompetensi teknik dalam pendekatan PjBL tampak pada Sutrisno (2020), namun penelitian ini melampaui pendekatan tersebut dengan menambahkan pengembangan perangkat nyata (ROV) yang beroperasi di lingkungan uji sebenarnya. Perbedaan hasil bisa disebabkan oleh konteks (rural vs urban), subjek (siswa SMK vs mahasiswa), dan metode uji (teori vs praktik nyata).

Keterbaruan (Novelty) Penelitian

Penelitian ini memiliki unsur kebaruan (novelty) sebagai berikut:

- Integrasi pendekatan PjBL dengan teknologi industri nyata (ROV) dalam konteks pendidikan vokasi pedesaan.
- Evaluasi simultan terhadap hard skills dan soft skills dalam satu siklus pembelajaran proyek.
- Implementasi langsung di lingkungan terbatas (SMK Puger), membuktikan bahwa inovasi pendidikan tidak harus bergantung pada fasilitas tinggi.

- Memberikan model replikasi pembelajaran vokasi yang aplikatif dan dapat diterapkan di berbagai daerah di Indonesia.

Implikasi Penelitian

- Praktis: Guru SMK dapat mengadopsi model ini untuk memperkaya pembelajaran teknik yang aplikatif dan kolaboratif, bahkan di sekolah dengan fasilitas terbatas.
- Akademis: Memberikan kontribusi pada literatur pendidikan vokasi dengan mengisi kekosongan praktik berbasis teknologi industri di SMK.
- Kebijakan: Menjadi dasar untuk merekomendasikan integrasi proyek teknologi dalam kurikulum SMK secara nasional sebagai bagian dari strategi pendidikan berbasis kebutuhan industri.

Rekomendasi Penelitian Lanjutan

Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi:

- Efektivitas model ini pada jurusan lain (otomotif, teknik bangunan, dll.).
- Penggunaan ROV berbasis wireless atau AI untuk meningkatkan tantangan teknis.
- Studi longitudinal untuk melihat dampak jangka panjang terhadap kesiapan kerja lulusan.
- Kolaborasi dengan industri untuk menciptakan proyek dengan nilai komersial.

REFERENSI

Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap bidang pendidikan vokasi, khususnya dalam penerapan pendekatan pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dengan integrasi teknologi industri nyata seperti ROV (Remotely Operated Vehicle). Kebaruan (novelty) dari artikel ini terletak pada penggunaan teknologi bawah laut sebagai media pembelajaran teknik di lingkungan SMK pedesaan yang memiliki keterbatasan sumber daya. Selain mengembangkan keterampilan teknis siswa secara signifikan, penelitian ini juga menekankan pengembangan soft skills, seperti kerja tim, komunikasi, dan pemecahan masalah yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja masa kini. Secara akademis, model pembelajaran ini memperluas praktik PjBL ke dalam konteks yang lebih kompleks dan aplikatif. Dari sisi kebijakan, hasil penelitian ini dapat dijadikan rujukan bagi pemerintah atau institusi pendidikan dalam merancang program pembelajaran vokasi yang lebih kontekstual dan responsif terhadap perkembangan teknologi industri.

Meskipun menunjukkan hasil yang positif, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah partisipan yang terbatas (34 siswa dari satu SMK) membuat hasil penelitian belum bisa digeneralisasi secara luas. Kedua, keterbatasan alat dan fasilitas menghambat eksplorasi teknologi ROV yang lebih kompleks, seperti integrasi dengan sistem pengindraan berbasis kamera atau wireless control. Ketiga, durasi pelaksanaan proyek relatif singkat, sehingga belum memungkinkan untuk mengamati dampak jangka panjang terhadap kesiapan kerja atau keterampilan lanjutan siswa. Selain itu, variasi kemampuan awal siswa menyebabkan beberapa tim kurang optimal dalam menyelesaikan proyek, yang mempengaruhi kualitas output ROV secara keseluruhan.

Untuk penelitian berikutnya, disarankan agar studi serupa dilakukan di beberapa SMK dengan latar belakang berbeda guna memperoleh temuan yang lebih representatif. Selain itu, perlu dilakukan pengembangan model pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan teknologi lebih mutakhir seperti kontrol nirkabel, pemrosesan citra, atau kecerdasan buatan agar siswa dapat menghadapi tantangan industri 4.0 secara lebih menyeluruh. Penelitian longitudinal juga direkomendasikan untuk menilai dampak jangka panjang terhadap kesiapan kerja siswa. Dari sisi penerapan di lapangan, kerja sama dengan dunia industri perlu diperluas agar siswa dapat memperoleh tantangan teknis yang lebih relevan dan peluang magang atau rekrutmen secara langsung. Secara teoretis, pengembangan instrumen evaluasi PjBL yang mencakup aspek teknis dan soft skills juga perlu dilakukan agar penilaian pembelajaran vokasi menjadi lebih komprehensif.

REFERENSI

- Anfasa, I. and Sutrisno, I. (2021). Rancang bangun integrasi scada pada sistem crushing dan barge loading conveyor. *Jurnal Conference on Automation Engineering and Its Application*.
- Abeywardena, I. S., et al. (2020). Review of project-based learning models for technical and vocational education. *International Journal of Training Research*, 18(4), 333–348. <https://doi.org/10.1080/14480220.2020.1858326>
- Bouzakis, K. D., et al. (2017). Advanced training for mechatronics engineers: A case study using underwater robotics. *Procedia CIRP*, 60, 442–447. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.063>
- Budianto, I. et al (2020). Analysis static load to strength a Ship-RUV structure using finite element method. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1175 (2021) 012017*.
- Danis B, Agus K, Projek P, Mohammad B, and Sutrisno, I. (2019). Ball Direction Prediction for Wheeled Soccer Robot Goalkeeper Using Trigonometry Technique. *Applied Technology and Computing Science Journal*.
- Elattar, H. F. (2021). Design and development of remotely operated underwater vehicles for education and research. *Ocean Engineering*, 234, 109253. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109253>
- Hakim, A. S., & Munaf, R. (2019). Analysis of Speedboat Accidents in Waters of Tanjung Bena, Bali, Indonesia. *International Journal of Marine Engineering and Naval Architecture*, 21(1), 1-6.
- Hananur, R. N. and Sutrisno, I. (2018). Analisis Tingkat Akurasi Tegangan Output Auto Boost Converter Menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Photo Voltaic. *Seminar MASTER PPNS*.
- Hasugian, S., Rahmawati, M. and Sutrisno, I. (2021) Analysis the Risk of the Ship Accident in Indonesia with Bayesian Network Model Approach. *Annals of R.S.C.B., ISSN:1583-6258, Vol. 25, Issue 2, Pages. 3341 - 3356*
- Hayati, N. F., & Munaf, R. (2018). Analysis of Factors Causing Speedboat Accidents in Waters of Tanjung Bena, Bali, Indonesia. *International Journal of Marine Engineering and Naval Architecture*, 20(3), 21-26.
- Iskandar, Dewa, P., and Sutrisno, I. (2022). Prototype of Bridge Navigational Watch Alarm System Equipped Obstacle Warning System Based on Image Processing and Real-Time Tracking. *International journal of Marine Engineering and Research. Volume 7. No 1*.
- Jami'in, M. A., Sutrisno, I., and Hu, J. (2015). *The State-Dynamic-Error-Based Switching Control under Quasi-ARX Neural Network Model*. AROB 20th B-Con Plaza, Beppu, Japan
- Jami'in, M. A., Sutrisno, I., and Hu, J. (2014). Nonlinear Adaptive Control for Wind Energy Conversion Systems Based on Quasi-ARX Neural Network Model. *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS'2014) (Hongkong)*.
- Khumaidi, A. et al (2018). Analisis Tingkat Akurasi Tegangan Output Auto Boost Converter Menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Photo Voltaic. *Seminar MASTER PPNS*.
- Kurniawan, A., & Munaf, R. (2017). Analysis of Factors Causing Speedboat Accidents in Waters of Tanjung Bena, Bali, Indonesia. *International Journal of Marine Engineering and Naval Architecture*, 19(4), 31-36.
- McLain, T. W., et al. (2016). A remotely operated vehicle (ROV) curriculum for STEM education. *Journal of Technology Education*, 28(2), 34–50. <https://doi.org/10.21061/jte.v28i2.a.3>
- Maknickas, A., & Maknickas, L. (2016). Mechatronics learning using real-time 3D modeling. *Procedia Engineering*, 149, 330–335. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.680>
- Marais, M. A., et al. (2022). Design-based learning to improve student engagement in mechatronics. *Education for Chemical Engineers*, 40, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.07.004>

- Mohan, D., & Kulkarni, A. (2023). Project-based learning with Raspberry Pi in vocational education. *International Journal of Engineering Pedagogy (ijEP)*, 13(1), 24–33. <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i1.30577>
- Mohammad B, Sutrisno, I., Budiando, Santosa, A. W. B., and Nofandi, F (2020). Vibration Analysis of Ship-RUV Structure in Operational Conditions. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 519 012045
- Munaf, R., & Handayani, H. F. (2016). Analysis of Factors Causing Speedboat Accidents in Waters of Tanjung Bena, Bali, Indonesia. *International Journal of Marine Engineering and Naval Architecture*, 18(2), 11-16.
- Nofandi, F., Devandra, RH., Hasugian, S., Sutrisno, I., Setiawan. E. Design floating robot of shallots irrigation with GPS based and using the waypoint navigation method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*
- Ramakrishnan, S., & Sivakumar, M. (2019). An experimental study of ROV design-based learning for engineering undergraduates. *Procedia Computer Science*, 172, 953–960. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.136>
- Rifai, M., et al (2021). Dynamic time distribution system monitoring on traffic light using image processing and convolutional neural network method. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1175.
- Sutrisno, I. (2020). Vibration Analysis of Ship-RUV Structure in Operational. *International Conference Earth Science & Energy*
- Sutrisno, M. and Muhammad F, dkk, (2019). Implementation of Backpropagation Neural Network and Extreme Learning Machine of pH Neutralization Prototype. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1196 012048
- Sutrisno, I. (2009). *Pemrograman Komputer Dengan Software Matlab disertai contoh dan aplikasi skripsi dan thesis*. ITS Press.
- Sutrisno, I., et al (2013). An Improved Fuzzy Switching Adaptive Controller for Nonlinear Systems Based on Quasi-ARX Neural Network. *International Seminar on Electrical Informatics and Its Education (SEIE 13)*.
- Sutrisno, I. et al (2013). Implementation of Lyapunov Learning Algorithm for Fuzzy Switching Adaptive Controller Modeled Under Quasi-ARX Neural Network. *Inter. Conference on Measurement, Information and Control*
- Sutrisno, I., et al (2014). Nonlinear Model-Predictive Control Based on Quasi-ARX Radial-Basis Function-Neural-Network. *2014 8th Asia Modelling Symposium*.
- Sutrisno, I., Che, C. and Hu, J. (2014). *Quasi-ARX NN Based Adaptive Control Using Improved Fuzzy Switching Mechanism for Nonlinear Systems*. AROB 19th B-Con Plaza, Beppu, Japan.
- Sutrisno, I. and Jami'in, M. A. (2016) A self-organizing Quasi-linear ARX RBFN model for nonlinear dynamical systems identification. *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*. Sadeghi, H., & Kardan, A. A. (2023). A project-based learning method for enhancing mechatronics education using virtual laboratories. *Education and Information Technologies*, 28(1), 215–233. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11448-5>

Copyright Holder :

© Joessianto Eko Poetro et al., (2025).

First Publication Right :

© Bulletin of Community Engagement

This article is under:

CC BY SA