

**Strategi Pengembangan Alat Praktik Berbasis *Low-cost Laboratory*
Untuk Pembelajaran Di Sekolah Menengah Kejuruan**

TESIS

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar
Magister Pendidikan Teknologi dan Kejuruan



Oleh:

SURYADI FAJRIN

NIM. 2110016

**PROGRAM STUDI
PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2023**

LEMBAR HAK CIPTA

**Strategi Pengembangan Alat Praktik Berbasis Low-cost
Laboratory Untuk Pembelajaran
di Sekolah Menengah Kejuruan**

Oleh
Suryadi Fajrin

S.Pd Universitas Negeri Padang, 2009

Sebuah Tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Pendidikan (M.Pd.) pada Program Studi Pendidikan Teknologi dan
Kejuruan Sekolah Pascasarjana

© Suryadi Fajrin 2023
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

SURYADI FAJRIN

NIM. 2110016

**Strategi Pengembangan Alat Praktik Berbasis *Low-cost Laboratory*
Untuk Pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing



Dr. Ir. Dadang Lukman Hakim, M.T.
NIP. 19610604 198603 1 001

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan
Sekolah Pasca Sarjana
Universitas Pendidikan Indonesia**



Prof. Dr. Ade Gafar Abdulah, M.Si.
NIP. 19721113 199903 1 001

Strategi Pengembangan Alat Praktik Berbasis *Low-cost Laboratory* Untuk Pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan

Suryadi Fajrin
2110016

ABSTRAK

Ketersediaan alat praktik sangat penting untuk menunjang proses pembelajaran di SMK. Namun, ketersediaan sarana pembelajaran praktik yang memadai masih menjadi masalah di banyak sekolah. Meskipun guru dapat mengembangkan alat pembelajaran praktik dengan biaya terjangkau, masih ada berbagai kendala dalam mengembangkannya di sekolah. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan tahapan dan mengkaji strategi pengembangan alat praktik dengan biaya terjangkau di SMK. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi guru dalam mengembangkan alat praktik di sekolah.

Penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan model studi kasus. Partisipannya meliputi guru yang mengembangkan alat praktik di sekolah, ketua kompetensi keahlian, dan wakil kepala sekolah bidang kurikulum. Data dikumpulkan melalui observasi, dokumentasi, dan wawancara.

Temuan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tahapan pengembangan alat praktik di sekolah meliputi penggalian potensi dan masalah, pengumpulan informasi, perancangan alat, pembuatan alat, validasi dan revisi, uji coba, serta pembuatan laporan. Strategi yang digunakan sekolah untuk mengembangkan alat praktik sendiri meliputi analisis kebutuhan alat praktik, Mengintegrasikan pengembangan alat praktik dalam pembelajaran, menyediakan fasilitas laboratorium dengan peralatan yang mendukung pengembangan alat, peningkatan kompetensi guru terhadap penggunaan alat praktik, serta menjalin kemitraan dengan pihak lain.

Kata Kunci: alat praktik, *low-cost laboratory*, SMK

Strategy for Developing a Low-cost Laboratory-Based Practice Equipment for Learning Activities in Vocational High Schools

Suryadi Fajrin
2110016

ABSTRACT

The availability of practical equipment is very important to support the learning process in SMK. However, the availability of adequate practical learning facilities is still a problem in many schools. Although teachers can develop practical learning equipment at affordable costs, there are still various obstacles in developing them in schools. This study aims to describe the stages and examine strategies for developing practical equipment at affordable costs in vocational schools. The results of this research are expected to be a reference for teachers in developing practical equipment in schools.

This research is qualitative research with a case study model. Participants included teachers who developed practical equipment in schools, heads of expertise competencies, and vice principals for curriculum. Data was collected through observation, documentation, and interviews.

The findings in this study show that the stages of developing practical equipment in schools are extracting potential and problems, collecting information, designing, production, validation and revision, trials, and reporting. The strategies to develop their own practical equipment are analyzing the needs of practice equipment, integrating the development of practical equipment in learning, providing laboratory facilities with tools that supports equipment development, increasing teacher competence in the use of practice tools, and establishing partnerships with other parties.

Keywords: Practicum Equipment, Low-Cost Laboratory, Vocational Schools

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	ii
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Orisinalitas Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1. Pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan	5
2.2. Sarana dan Prasarana Pendidikan	9
2.3. Low-cost laboratory kit	10
2.4. Pengembangan Media Pembelajaran	14
2.5. Karya Inovatif Guru	16
2.6. Link and Match SMK dengan Dunia Industri	20
2.7. Penelitian Terdahulu	22
2.8. Kerangka Berpikir	28
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Desain Penelitian	30
3.2 Tempat dan Partisipan Penelitian	30
3.3 Prosedur Penelitian Studi Kasus	32
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Temuan Penelitian	41
4.2 Pembahasan	51

BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI.....	82
5.1. Kesimpulan	82
5.2. Implikasi.....	82
5.3. Rekomendasi	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN.....	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan <i>Low-cost</i> dengan <i>High-cost laboratory kit</i>	12
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	32
Tabel 3.2 Kisi-kisi Pedoman Wawancara	35
Tabel 4.1 Tabel Observasi	41
Tabel 4.2 Perbandingan Alat <i>Low-cost</i> dengan <i>High-cost</i>	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Berpikir	29
Gambar 3.1 Langkah analisis data kualitatif menurut Creswell	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Training Kit.....	94
Lampiran 2. Capaian Pembelajaran Teknik Otomasi Industri	97
Lampiran 3. KKNI Bidang Otomasi Industri.....	101
Lampiran 4. SKKNI Bidang Otomasi Industri	103
Lampiran 5. Rancangan Alat.....	107
Lampiran 6. Bill of Material	112
Lampiran 7. Format Laporan Pembuatan Alat Praktikum	114
Lampiran 8. Kisi Instrumen Validasi	115
Lampiran 9. Hasil Petikan Wawancara.....	117

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. G., Hakim, D. L., Auliya, M. A., Nandiyanto, A. B. D., & Riza, L. S. (2018). Low-cost and Portable Process Control Laboratory Kit. *TELKOMNIKA*, 16(1), 232–240.
<https://doi.org/10.12928/telkomnika.v16i1.6888>
- Akhfa, F. L., Ras, U. Z., & Silalahi, J. (2015). Analisis Kondisi Dan Kebutuhan Peralatan Praktek Konstruksi Program Keahlian Teknik Bangunansmkn 5 Padang. *Cived*, 3(3), 735–744.
- Akhihiero, E. T. (2011). Effect of Inadequate Infrastructural Facilities on Academic Performance of Students of Oredo Local Government Area of Edo State. *The Nigerian Academic Forum*, 20(1), 1–6.
- Al-Masri, E. (2018). Integrating Hardware Prototyping Platforms into the Classroom. *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2018-October*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659262>
- Ali, S. L., & Papaiah, M. (2015). Theme : Learning by doing Sub theme : Innovative use of low cost / no cost teaching learning materials. *International Journal of Humanities and Social Science Invention*, 4(10), 1–7.
- Altalbe, A. A. (2019). Performance Impact of Simulation-Based Virtual Laboratory on Engineering Students: A Case Study of Australia Virtual System. *IEEE Access*, 7, 177387–177396.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2957726>
- Alwi, S. (2017). Problematika Guru dalam Pengembangan Media Pembelajaran. *ITQAN: Jurnal Ilmu-Ilmu Kependidikan*, 8(2), 145–167.
- Andriyani, M. (2021). *Problematika Guru Dalam Mengembangkan Media Pembelajaran Pada Muatan Bahasa Indonesia Di MI NW Nurul Harmain Narmada Tahun Pelajaran 2020/2021*. Universitas Islam Negeri Mataram.
- Aswardi, A., Putra Yanto, D. T., Taali, T., & Masdi, H. (2021). Peningkatan Kompetensi Guru Sekolah Menengah Kejuruan melalui Pelatihan Otomasi Industri. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 7(2), 353–360.
<https://doi.org/10.24036/jtev.v7i2.115246>
- Baharuddin. (2019). *Pengembangan Trainer Beban Motor Listrik Tiga Fasa Sebagai Media Pembelajaran Instalasi Motor Listrik (IML) Di SMK Negeri*

3 Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.

- Barus, D. R. (2019). Model–Model Pembelajaran Yang Disarankan Untuk Tingkat Smk Dalam Menghadapi Abad 21. *Universitas Negeri Medan*, 1–13. <http://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/38932>
- Baysha, M. H., & Astuti, E. R. P. (2018). Evaluasi CIPP (Context Input Process Product) Penerapan Kurikulum SMK. *Prodi Teknologi Pendiidkan FIP IKIP Mataram*, 1, 23–39.
- Berman, E. T., Hamidah, I., Mulyanti, B., & Setiawan, A. (2021). Low Cost and Portable Laboratory Kit for Practicum Learning of Air Conditioning Process in Vocational Education. *Journal of Technical Education and Training*, 13(3), 133–145. <https://doi.org/10.30880/jtet.2021.13.03.013>
- Cahyadi, R. A. H. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Addie Model. *Halaqa: Islamic Education Journal*, 3(1), 35–42. <https://doi.org/10.21070/halaqa.v3i1.2124>
- Carlson, C., Peterson, G., & Day, D. (2020). Utilizing Portable Learning Technologies to Improve Student Engagement and Retention. *IEEE Transactions on Education*, 63(1), 32–38. <https://doi.org/10.1109/TE.2019.2941700>
- Chołodowicz, E., & Orłowski, P. (2017). Low-cost air levitation laboratory stand using MATLAB/Simulink and Arduino. *Pomiary Automatyka Robotyka*, 21(4), 33–39. https://doi.org/10.14313/PAR_226/33
- Chowdhury, H., Alam, F., & Mustary, I. (2019). Development of an innovative technique for teaching and learning of laboratory experiments for engineering courses. *Energy Procedia*, 160(2018), 806–811. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.154>
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D. R., & Edström, K. (2014). *Rethinking engineering education : The CDIO Approach* (Second). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05561-9>
- Deliana, H., & Sugianto, S. (2020). Analisis Kebutuhan Pengembangan Design Alat Praktikum Koefisien Gaya Gesek Berbasis Arduino. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika FITK UNSIQ 2020*, 2(1), 250–255. <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/semnaspf/article/view/1427>

- Dharma, S. (2022). Pengaruh Kecakapan Literasi Digital Terhadap Kinerja Guru Sekolah Menengah Kejuruan Di Kabupaten Gowa. *Manajemen Pendidikan*, 17(2), 117–129. <https://doi.org/10.23917/jmp.v17i2.17569>
- Dirjen GTK. (2019). Pedoman Kegiatan Pembinaan Keprofesian Keberlanjutan dan Angka Kreditnya. In *Pembinaan Dan Pengembangan Profesi Guru*. Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan.
- Dirjen Peningkatan Mutu PTK. (2010). *Rambu-rambu Pengembangan Kegiatan KKG dan MGMP*. Dirjen Peningkatan Mutu PTK Kemdiknas.
- Djojonegoro, W. (1998). *Pengembangan sumberdaya manusia melalui Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)*. Jayakarta Agung Offset.
- Docekal, T., & Golembiovsky, M. (2018). Low cost laboratory plant for control system education. *IFAC-PapersOnLine*, 51(6), 289–294. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.07.168>
- Fernandez-Pacheco, A., Martin, S., & Castro, M. (2019). Implementation of an Arduino Remote Laboratory with Raspberry Pi. *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), April-2019*, 1415–1418. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2019.8725030>
- Firdaus, M. L., Parlindungan, D., Sundaryono, A., Farid, M., Rahmidar, L., Maidartati, M., & Amir, H. (2019). Development of Low-Cost Spectrophotometry Laboratory Practice Based on the Digital Image for Analytical Chemistry Subject. *Proceedings of the 3rd Asian Education Symposium (AES 2018)*, 253. <https://doi.org/10.2991/aes-18.2019.37>
- Foulis, C. Y., & Papadopoulou, S. (2018). A Portable Low-Cost Arduino-Based Laboratory Kit for Control Education. *2018 UKACC 12th International Conference on Control (CONTROL)*, 435–435. <https://doi.org/10.1109/CONTROL.2018.8516817>
- Ganefri, Yulastri, A., Ambiyar, Jeprimansyah, & Suryadimal. (2020). Need analysis development of learning model based on production in multimedia materials in higher education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1), 012114. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012114>
- Hajar, S. (2020). *Desain Pengembangan Alat Peraga Jam Logaritma Berbasis Pemahaman Konsep Pada Materi Logaritma*. Universitas Muhammadiyah

Sumatera Utara.

- Hanifah, H., Susanti, S., & Adji, A. S. (2020). Perilaku Dan Karakteristik Peserta Didik Berdasarkan Tujuan Pembelajaran. *Manazhim*, 2(1), 105–117. <https://doi.org/10.36088/manazhim.v2i1.638>
- Heryana, A. (2020). *Buku Ajar Metodologi Penelitian Pada Kesehatan Masyarakat*. e-book tidak dipublikasikan.
- Husein, M. S., & Rusimamto, P. W. (2020). Pengembangan Trainer Smart Traffic Light Berbasis Mikrokontroler Arduino Pada Mata Pelajaran Sistem Kontrol Terprogram di SMK Negeri 1 Cerme. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 9(1), 105–111. <https://doi.org/10.26740/jpte.v9n1.p%25p>
- Indriaturrahmi, & Sudiyatno. (2016). Peran Dunia Usaha Dan Dunia Industri Dalam Penyelenggaraan SMK Berbasis Kearifan Lokal Di Kota Mataram. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 6(2), 162–172. <https://doi.org/10.21831/jpv.v6i2.6277>
- Ismara, I., Khairudin, M., Surjono, H. D., Nugraheni, M., Darmono, Fitrihana, N., Setiadi, B. R., Suroto, Hernita, Suharto, & Sunardi. (2021). *Norma & Standar Laboratorium/Bengkel SMK Kompetensi Keahlian Teknik Otomasi Industri* (M. Janah (ed.); I). Direktorat SMK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Jabbar, K. A. (2020). Manajemen Hubungan Lembaga Pendidikan Islam Dengan Dunia Usaha Dan Industri (DUDI). *Tsaqafatuna: Jurnal Ilmu Pendidikan Islam*, 2(1), 28–43. <https://jurnal.stit-buntetpesantren.ac.id/index.php/tsaqafatuna/article/view/38/16>
- Jenaro, D. F. P., Sulistyono, E., Santosa, A. B., & Widodo, A. (2021). Pengembangan Media Trainer Pintu Otomatis Dengan Sensor Ultrasonik, RFID, dan PIR Berbasis Arduino Pada Mata Pelajaran Mikroprosesor dan Mikrokontroler Kelas X di SMKN 1 Driyorejo. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 10(03), 11–18. <https://doi.org/10.26740/jpte.v10n03.p11-18>
- Khaing, S. W., Nopparatjamjomras, S., Nopparatjamjomras, T. R., & Chitaree, R. (2018). Development of Arduino-based logic gate training kit. *Journal of Physics: Conference Series*, 1144(1), 012134. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1144/1/012134>

- Krismadinata, K., Anwar, A., & Akbar, J. (2021). Pengembangan Training Kit Kendali Elektronik Pada Mata Pelajaran Mengoperasikan Sistem Kendali Elektronik. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 18(1), 89–98. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v18i1.29502>
- Kurniawati, F. N. A. (2022). Meninjau Permasalahan Rendahnya Kualitas Pendidikan di Indonesia dan Solusi. *Academy of Education Journal*, 13(1), 1–13. <https://doi.org/10.47200/aoej.v13i1.765>
- Kusmin, M., Saar, M., & Laanpere, M. (2018). Smart schoolhouse — designing IoT study kits for project-based learning in STEM subjects. *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1514–1517. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363412>
- Luba, A., Uly, L., Oddang, H., & Asrial, D. (2022). Kajian Ketersediaan Sarana Dan Prasarana Praktikum Serta Implikasinya Terhadap Kompetensi Mata Pelajaran Aplikasi Perangkat Lunak Dan Desain Interior Gedung Pada Siswa Kelas Xi Smk N 1 Wanukaka Study of Availability of Practicum Facilities and Infrastruct. *Jurnal Batakarang*, 3(2), 2022.
- Mafudi, I., & Handhika, J. (2018). Profil analisis kebutuhan pengembangan media praktikum gerak lurus untuk meningkatkan keterampilan proses sains. *Quantum: Seminar Nasional Fisika*, 223–227. <http://seminar.uad.ac.id/index.php/quantum/article/view/261>
- Matin, & Fuad, N. (2016). *Manajemen Sarana dan Prasarana Pendidikan Konsep dan Aplikasinya* (1 ed.). PT Raja Grafindo Persada.
- Mauldin, R. L., Davis, M., Graf, G., Hofer, R., Labrenz, C., Lee, K., Mitschke, D., Murphy, E. R., Padilla-Medina, D., Robinson, S. R., Slater, H., Troutman, B., Schrag, R. V., & Xu, L. (2020). *Foundations of Social Work Research*. Mavs Open Press. <https://uta.pressbooks.pub/foundationsofsocialworkresearch/>
- Maulina, M., & Yoenanto, N. H. (2022). Optimalisasi link and match sebagai upaya relevansi smk dengan dunia usaha dan dunia industri (DUDI). *Jurnal Akuntabilitas Manajemen Pendidikan*, 10(1), 28–37. <https://doi.org/10.21831/jamp.v10i1.48008>
- Meilinda, P. (2022). *Tantangan Guru Dalam Pengembangan Media*

- Pembelajaran Pada Abad 21*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/htms2>
- Mukarramah, S. K. (2020). *Low-Cost Laboratory Kit: Kebermanfaatannya Bagi Siswa Dan Guru Di Sekolah Menengah Kejuruan*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Muslih, & Suprianto, B. (2015). Pengembangan Media Pembelajaran Trainer PLC Untuk Aplikasi Kontrol Otomatis Pintu Air Sungai Pada Mata Pelajaran Teknik Kontrol Terprogram Di SMK Negeri 3 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 4(1), 93–101.
<https://doi.org/https://doi.org/10.26740/jpte.v4n1.p%25p>
- Nur Ifani, L., Harimurti, R., Kholis, N., & Budi Santosa, A. (2021). Pengembangan Media Trainer Arduino Uno Berbasis IoT Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Sistem Pengendali Elektronik Di SMKN 1 Jetis. *Pendidikan Teknik Elektro*, 10(3), 357–365.
- Pandu, P., Munawar, W., & Berman, E. T. (2016). Ketercapaian Hasil Belajar Siswa Smk Pada Praktik Pemeliharaan AC Split. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 1(2), 307. <https://doi.org/10.17509/jmee.v1i2.3818>
- Pebrianti, F. (2019). Kemampuan guru dalam membuat media pembelajaran sederhana. *Prosiding Seminar Nasional Bulan Bahasa (Semiba)*, 93–98. PP No.57, (2021).
- Permendikbud No. 34. (2018). *Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2018 Tentang Standar Nasional Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan/ Madrasah Aliyah Kejuruan*.
- Juknis Pengelolaan Dana Bantuan Operasional Sekolah, (2022).
- Permendikbudristek No. 22. (2023). *Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2023 Tentang Standar Sarana Dan Prasarana Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, Dan Jenjang Pendidikan Menengah*.
- Prastyo, A., & Yundra, E. (2018). Pengembangan Trainer Kit Berbasis Atmega 16 Pada Mata Pelajaran Teknik Pemrograman Di SMKN 1 Arosbaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 07(02), 127–133.
<https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/17/article/view/22897>
- Pratiwi, Y., & Nugraheni, A. S. (2022). Problematika Guru Dalam

- Mengembangkan Media Pembelajaran Berbasis Multimedia di SD/MI. *Primary: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 11(5), 1479–1490. <https://doi.org/10.33578/jpkip.v11i5.8977>
- Pribadi, B. A. (2020). *Desain dan Pengembangan Program Pelatihan Berbasis Kompetensi Implementasi Model ADDIE (Pertama)*. Kencana.
- Rahardjo, M. (2017). *Studi Kasus Dalam Penelitian Kualitatif: Konsep Dan Prosedurnya*. UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Rahman, T., Suherman, A., & Permana, T. (2017). Analisis Kebutuhan Alat Praktik untuk Mencapai Tuntutan Kompetensi pada Mata Pelajaran Chassis dan Pemindah Tenaga Kendaraan Ringan. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 4(1), 113. <https://doi.org/10.17509/jmee.v4i1.7450>
- Rahmiga, S. (2019). *Kurangnya Sarana Dan Prasarana Belajar Di Sekolah*. <https://doi.org/10.31227/osf.io/5ckxs>
- Risfendra, R., Sukardi, S., & Setyawan, H. (2020). Uji Kelayakan Penerapan Trainer Programmable Logic Controller Berbasis Outseal PLC Shield Pada Mata Pelajaran Instalasi Motor Listrik. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 6(2), 48. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i2.108508>
- Sajidan, Baedhowi, Triyanto, Totalia, S. A., & Masykuri, M. (2018). *Peningkatan Proses Pembelajaran dan Penilaian Pembelajaran Abad 21 dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran SMK* (M. Herdyka, M. A. Majid, & Ari (ed.)). Direktorat Pembinaan SMK Kemdikbud.
- Sanfilippo, F., & Austreng, K. (2018). Enhancing Teaching Methods on Embedded Systems with Project-Based Learning. *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, 169–176. <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615221>
- Sillang, M., Patricia, S., & Fata, A. (2020). Perception and Use of Electronic Trainer Kit (ETK) by Students in the Laboratory Session. *International Journal of Advanced Research in Technology and Innovation*, 2(3), 50–54.
- Slamnik-Krijestorac, N., Bosmans, S., Hellinckx, P., & Marquez-Barja, J. M. (2019). Enhancing Students' Learning Experience via Low-Cost Network Laboratories. *IEEE Communications Magazine*, 57(11), 34–40. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.1900233>

- Sobota, J., Goubelj, M., Königsmarková, J., & Čech, M. (2019). Raspberry Pi-based HIL simulators for control education. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(9), 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.126>
- Soesilowati, E. S. (2009). Link and Match Dunia Pendidikan Dan Industri. In E. S. Soesilowati (Ed.), *Link And Match Dunia Pendidikan Dan Industri Dalam Meningkatkan Daya Saing Tenaga Kerja Dan Industri*. LIPI.
- Soleh, A. A., Triyanto, T., Parno, P., Suharno, S., & Estriyanto, Y. (2023). Tinjauan Pustaka Sistematis: Model Kemitraan antara SMK dengan Dunia Usaha dan Dunia Industri. *JIPTEK*, *16*(2), 126. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v16i2.72697>
- Steinhauser, A., Verbandt, M., van Duijkeren, N., Van Parys, R., Jacobs, L., Swevers, J., & Pipeleers, G. (2017). Low-cost Carry-home Mobile Platforms for Project-based Evaluation of Control Theory. *IFAC-PapersOnLine*, *50*(1), 9138–9143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1718>
- Subdit Kurikulum. (2015). *Panduan Pelaksanaan Teaching factory*. Direktorat Pembinaan SMK Kemdikbud.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (Sutopo (ed.); Kedua). CV. ALFABETA.
- Suharto, Khurniawan, A. W., Hernita, Setiawan, Y., Hermawan, D., Juandi, D., Setyaningsih, C. Y., & Andalusia, S. H. (2020). *Panduan Kualitas Sarana dan Prasarana SMK* (G. Erda & Sunardi (ed.)). Direktorat SMK Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Sumarni, S. (2019). Model penelitian dan pengembangan (RnD) lima tahap (MANTAP). *Jurnal Penelitian dan Pengembangan*, *1*(1), 1–33.
- Supratno, S. (2023). *Low-Cost Laboratory (LCL) Sistem Scada Teknik Elektro Untuk Meningkatkan Higher Order Thinking Skills (HOTS) Pada Ranah Berfikir Kreatif* [Universitas Pendidikan Indonesia]. <http://repository.upi.edu/88957/>
- Suryani, N., Setiawan, A., & Putra, A. (2019). *Media Pembelajaran Inovatif dan Pengembangannya* (P. Latifah (ed.); Kedua). PT. Remaja Rosdakarya Offset.
- Ta'ali, T., Mawardi, A., & Yanto, D. T. P. (2019). Pelatihan PLC dan Elektropneumatik untuk Meningkatkan Kompetensi Profesional Guru SMK

- Bidang Ketenagalistrikan: Pendekatan Revolusi Industri 4.0. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 5(2), 88.
<https://doi.org/10.24036/jtev.v5i2.106722>
- Tazkia, S. R., & Suherman, A. (2016). Optimalisasi Fasilitas Alat Praktik Untuk Mencapai Tuntutan Kompetensi Siswa SMK. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 3(2), 263. <https://doi.org/10.17509/jmee.v3i2.4560>
- Thepnurat, M., Saphet, P., & Tong-on, A. (2017). Low Cost DIY Lenses kit For High School Teaching. *Journal of Physics: Conference Series*, 901, 012120.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/901/1/012120>
- Tim Puslitjaknov. (2008). *Metode Penelitian Pengembangan*. Departemen Pendidikan Nasional.
- Tran, L. Q., Radcliffe, P., & Wang, L. (2022). A low budget take-home control engineering laboratory for undergraduate. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 59(2), 158–175.
<https://doi.org/10.1177/0020720919852784>
- Triyono, D., & Rijanto, T. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Trainer dan Job Sheet Smart Building Berbasis Smart Relay Zelio Pada Mata Pelajaran Instalasi Penerangan Listrik Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Di SMK Negeri 3 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 09(02), 247–252.
- Turyani, S. (2013). *Developing No Cost Low Cost Teaching And Learning Kits For Grade VII First Semester In MTs Muhammadiyah Sentolo, Kulonprogo*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 Tentang Guru Dan Dosen, (2005).
- UU Sisdiknas No. 20. (2003). *Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional*.
- Uyanik, I., & Catalbas, B. (2018). A low-cost feedback control systems laboratory setup via Arduino-Simulink interface. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(3), 1–9. <https://doi.org/10.1002/cae.21917>
- Valiente, D., Rodriguez, F., Ferrer, J. C., Alonso, J. L., & de Avila, S. F. (2020). Enhancing practical skills in the electronics classroom with portable labs.

- 2020 XIV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE), 1–8. <https://doi.org/10.1109/TAEE46915.2020.9163733>
- Wicaksono, D. (2109). *Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning Terhadap Keaktifan dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas XI Jurusan TKRO SMKN 2 Yogyakarta* [Universitas Negeri Yogyakarta]. <https://eprints.uny.ac.id/64995/>
- Widiastuti, W. (2019). Mengatasi Keterbatasan Sarana Prasarana Pada Pembelajaran Pendidikan Jasmani. *Polyglot: Jurnal Ilmiah*, 15(1), 140. <https://doi.org/10.19166/pji.v15i1.1091>
- Widiyatmoko, A., & Pamelasari, S. D. (2012). Pembelajaran berbasis proyek untuk mengembangkan alat peraga IPA dengan memanfaatkan bahan bekas pakai. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1), 51–56. <https://doi.org/10.15294/.v1i1.2013>
- Winaryo, D. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Alat Peraga Pada Sistem Starter Mobil Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Di SMK Cipta Karya Prembun. *Autotech*, 66–70.
- Yasa, G. I., Lastya, H. A., & Iqbal, G. (2022). Relevansi Kurikulum SMK dengan SKKNI Kompetensi Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik di Provinsi Aceh. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 6(2), 135–144. <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/circuit/article/view/10448>
- Yfoulis, C., Papadopoulou, S., Trigkas, D., & Voutetakis, S. (2018). Switching PI speed control of a nonlinear laboratory dc micro-motor using low-cost embedded control hardware and software. *2018 5th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, 1029–1034. <https://doi.org/10.1109/CoDIT.2018.8394944>
- Zulkarnain, M., Faiz, A., Hisham, S., Dalila, N., & Ismail, N. (2019). E-Logic Trainer Kit : Development of an Electronic Educational Simulator and Quiz Kit for Logic Gate Combinational Circuit by using Arduino as Application. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 15(14), 67–77. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v15i14.11410>