

LOW-COST LABORATORY PSYCHROMETRIC KIT (LCLP-KIT)
UNTUK PEMBELAJARAN PRAKTIKUM TATA UDARA
DI PENDIDIKAN VOKASI

DISERTASI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar
Doktor Pendidikan Teknologi dan Kejuruan**



Oleh:

Ega Taqwali Berman
NIM. 1909566

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2024

LOW-COST LABORATORY PSYCHROMETRIC KIT (LCLP-KIT)
UNTUK PEMBELAJARAN PRAKTIKUM TATA UDARA
DI PENDIDIKAN VOKASI

Oleh:
Ega Taqwali Berman

S.Pd., Universitas Pendidikan Indonesia, 2003
M.Eng., Universitas Gadjah Mada, 2009

Sebuah Disertasi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Doktor (Dr.) Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan,
Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia

© Ega Taqwali Berman, 2024
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus, 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang No. 19 Tahun 2002.
Disertasi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang,
di fotokopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI

EGA TAQWALI BERMAN

***LOW-COST LABORATORY PSYCHROMETRIC KIT (LCLP-Kit)*
UNTUK PEMBELAJARAN PRAKTIKUM TATA UDARA
DI PENDIDIKAN VOKASI**

Disetujui dan disahkan oleh panitia disertasi:

Promotor




**Prof. Dr. Ida Hamidah, M. Si.
NIP. 196809261993032001**

Ko-promotor



**Prof. Dr. Budi Mulyanti, M. Si.
NIP. 196301091994022001**

Anggota



**Dr. Eng. Agus Setiawan, M. Si.
NIP. 196902111993031001**

Penguji Luar



**Dr. Eng. Ir. Muhammad Kunta Biddinika, S.T., M.Eng.
NIPM. 197810262019081111335616**

Mengetahui

Ketua Program Studi PTK



**Prof. Dr. Ade Gafar Abdullah, M. Si.
NIP. 197211131999031001**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “*Low-cost laboratory psychrometric kit (LCLP-Kit)* untuk pembelajaran praktikum tata udara di pendidikan vokasi” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 28 Agustus 2024
Yang Membuat Pernyataan,



Ega Taqwali Berman
NIM. 1909566

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohiim,

Alhamdulillahirobil'alamiin, segala puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya disertasi yang berjudul: "*Low-cost Laboratory Psychrometric Kit (LCLP-Kit) untuk Pembelajaran Praktikum Tata Udara Di Pendidikan Vokasi*" telah dapat diselesaikan.

Penulisan ini dilatarbelakangi oleh terbatasnya media pembelajaran praktikum tata udara yang dimiliki oleh lembaga pendidikan vokasi dan mahalnya produk komersil yang ada di pasaran terutama media untuk menjelaskan pemrosesan udara yang dikenal dengan istilah psikrometrik. Proses psikrometrik menjelaskan banyak fenomena sehari-hari yang diterapkan di berbagai aplikasi rumah tangga dan industri. Psikrometrik sangat penting karena berhubungan langsung dengan pengaturan suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan. Kesulitan dalam memahami proses psikrometrik akan berakibat pada kesulitan mendesain dan mengembangkan sistem pengkondisian udara, yang akan berdampak pula pada kurang kompetennya lulusan yang dihasilkan oleh lembaga pendidikan vokasi.

Penelitian ini telah menghasilkan produk LCLP-Kit yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktikum tata udara dengan materi psikrometrik pada pendidikan vokasi. Produk ini telah melalui serangkaian pengujian meliputi: uji kinerja (*alpha test*), uji ahli media dan materi, dan uji terbatas (implementasi pembelajaran dan respon pengguna). Penerapan produk pada pendidikan vokasi secara empiris mampu meningkatkan hasil belajar pada kategori sedang dan mendapatkan respon positif dari peserta didik. Dengan demikian produk yang dikembangkan dapat dijadikan alternatif sebagai media pembelajaran praktikum tata udara.

Bandung, 28 Agustus 2024

Promovendus

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan hingga selesainya disertasi ini. Ucapan terima kasih terutama penulis tujukan kepada:

1. Keluarga tercinta, Ibu Musra Yuberti, Bapak Dedi Supratman dan Mamah Sukmini, dan terutama istriku tercinta Sri Handayani, S.Pd., yang dengan sabar selalu memberi motivasi agar penulis dapat menyelesaikan studi, juga anak-anakku tersayang Azalia Azzahra dan Azhar Muhammad Husain yang senantiasa memberikan kesejukan.
2. Ibu Prof. Dr. Ida Hamidah, M.Si., sebagai promotor yang senantiasa memberikan dorongan dan arahan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan disertasi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Budi Mulyanti, M.Si., sebagai ko-promotor yang dengan sabar memberikan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan disertasi.
4. Bapak Dr. Eng. Agus Setiawan, M.Si., sebagai anggota yang tanpa henti senantiasa memberi motivasi agar penulis dapat menyelesaikan studi juga selalu memberi bimbingan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan disertasi.
5. Rektor UPI dan Wakil Rektor yang telah memberikan ijin belajar, sehingga penulis berkesempatan untuk menimba ilmu di Sekolah Pascasarjana.
6. Direktur dan Wakil Direktur Sekolah Pascasarjana UPI atas segala fasilitas yang diberikan sejak penulis mulai kuliah sampai menyelesaikan disertasi ini.
7. Ketua Program Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Sekolah Pascasarjana UPI, Prof. Dr. Ade Gafar Abdullah, M.Si., yang telah menyediakan pelayanan administrasi untuk pelaksanaan penulisan juga motivasi untuk menyelesaikan studi.
8. Dekan dan Wakil Dekan FPTK UPI yang telah memberikan ijin penulis untuk melanjutkan studi pada Sekolah Pascasarjana UPI.
9. Ketua Prodi Pendidikan Teknik Mesin FPTK UPI yang telah memberikan ijin belajar kepada penulis juga motivasi untuk menyelesaikan studi.
10. Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Kunta Biddinika, S.T., M.Eng., Sebagai penguji luar yang telah memberikan catatan dan saran pada naskah disertasi.
11. Seluruh Dosen pada Prodi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Sekolah Pascasarjana UPI yang telah ikhlas membagi ilmunya kepada penulis selama mengikuti perkuliahan.
12. Para ahli yang telah bersedia untuk memberikan penilaian dan saran terhadap produk yang dikembangkan dalam uji ahli, yaitu Bapak Azmi Rosyadi Salim dari PT.

Muliatama Adipati Sabin, Bapak Abdul Rohman Nuryadi dari PT. Alaska Refri Nurindo, Bapak Nanang Nugraha dari PT. Panasonic Manufaktur Indonesia, Bapak Apri Wiyono, S.Pd., M.T., dari KBK Referigerasi dan Tata Udara PTM FPTK UPI, Bapak Mutaufiq, S.T., dari KBK Referigerasi dan Tata Udara PTM FPTK UPI, dan Ibu Susilawati, S.T., M.Eng., dari Jurusan Refrigerasi dan Tata Udara Polban.

13. Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat Dikti yang telah membiayai melalui skema penelitian Hibah Disertasi Doktor dan BPPDN.

Juga semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu demi satu. Atas segala amal kebbaikannya penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Allah SWT membalasnya dengan pahala yang berlimpah.

Bandung, 28 Agustus 2024

Promovendus

Low-Cost Laboratory Psychrometric Kit (LCLP-Kit) untuk Pembelajaran Praktikum Tata Udara Di Pendidikan Vokasi

Ega Taqwali Berman
NIM. 1909566

ABSTRAK

Pemahaman yang baik tentang konsep psikrometrik sangat penting khususnya dalam bidang teknik tata udara. Namun, ketersediaan media praktikum tata udara yang memadai untuk materi psikrometrik masih menjadi kendala bagi lembaga pendidikan vokasi di Indonesia. Mahalnya harga produk komersial yang ada di pasaran menjadi masalah yang perlu dicarikan solusinya. Tantangan dalam penelitian ini adalah menciptakan perangkat yang portabel, akurat dalam pengukuran suhu, kelembaban relatif, titik embun, serta mudah dimengerti dan digunakan oleh mahasiswa dengan latar belakang teknis yang beragam. Perangkat ini juga harus tahan lama agar bisa digunakan secara berulang kali dalam praktikum tata udara. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Menghasilkan produk LCLP-Kit untuk pembelajaran praktikum tata udara di pendidikan vokasi, 2) Mengetahui kelayakan produk LCLP-Kit untuk pembelajaran praktikum tata udara di pendidikan vokasi, 3) Memperoleh data peningkatan hasil belajar mahasiswa melalui kegiatan praktikum tata udara menggunakan produk LCLP-Kit, dan 4) Mendapatkan gambaran tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan produk LCLP-Kit dalam kegiatan praktikum tata udara. Metode penelitian menggunakan *mixed method* dengan pendekatan eksploratoris sekuensial. Tahapan penelitian ini menggunakan model ADDIE yang terdiri dari lima tahapan yaitu *analysis, design, development, implementation, dan evaluation*. Partisipan penelitian yang terlibat adalah 36 mahasiswa pendidikan vokasi (Politeknik) di Kota Bandung yang melaksanakan praktikum teknik tata udara, dua orang dosen pengampu mata kuliah tata udara, tiga orang praktisi industri tata udara, dan satu orang PLP (Pranata Laboran Pendidikan). Data penelitian dijaring dengan menggunakan instrumen berupa dokumentasi, pedoman wawancara, angket, dan tes. Selanjutnya data tersebut dianalisis menggunakan teknik analisis uji instrument tes (uji validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda), analisis validitas produk, analisis respon pengguna (mahasiswa), dan analisis hasil belajar mahasiswa. Hasil penelitian secara umum berhasil mencapai tujuan yang diharapkan, yakni menghasilkan sebuah produk pembelajaran praktikum tata udara berupa LCLP-Kit yang telah divalidasi. Penggunaan produk ini dalam konteks pembelajaran berhasil meningkatkan prestasi belajar dan meraih tanggapan positif dari penggunanya, terutama mahasiswa. Oleh karena itu, produk yang dihasilkan melalui penelitian ini dapat dianggap sebagai alat bantu yang layak digunakan dalam pelaksanaan praktikum tata udara, khususnya pada topik psikrometrik.

Kata kunci: *Low-cost, laboratory kit*, psikrometrik, praktikum tata udara, pendidikan vokasi

***Low Cost Laboratory Psychrometric Kit (LCLP-Kit)
for Teaching and Learning of Air Conditioning Practicum
in Vocational Education***

Ega Taqwali Berman
NIM. 1909566

ABSTRACT

An understanding of psychrometric concepts is very important, especially in air conditioning competency. However, the availability of air conditioning practicum kits for psychrometric lessons is still an obstacle for vocational education in Indonesia. The high price of commercial products in the market is a problem that needs to be solved. The challenge in this research is to create a device that is portable, accurate in measuring temperature, relative humidity, dew point, and easy to understand and use by students with various technical backgrounds. This device must also be durable so that it can be used repeatedly in air conditioning practicums. This research aims to: 1) produce a LCLP-Kit for air conditioning practicum learning in vocational education, 2) obtain the feasibility of a LCLP-Kit for air conditioning practicum learning in vocational education, 3) obtain data on improving student learning outcomes through air conditioning practicum activities using LCLP-Kit, and 4) obtain student responses an out the use of LCLP-Kit in air conditioning practicum. The research method uses a mixed method with a sequential exploratory approach. This research stage uses the ADDIE model which consists of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The research participants involved were 36 vocational higher education students in Bandung who carried out air conditioning engineering practicum, two lecturers who taught air conditioning courses, three air conditioning industry practitioners, and one education laboratory assistant. Research data was collected using instruments in the form of documentation, interviews, questionnaires and tests. Next, the data was analyzed using test instrument analysis techniques (test validity, reliability, level of difficulty, and distinguishing power), product validity analysis, user (student) response analysis, and student learning outcomes analysis. The research results generally succeeded in producing an economical air conditioning practical kit, in the form of a validated LCLP-Kit. The use of this product in a learning context has succeeded in increasing learning achievement and achieving positive responses from users. Therefore, the product produced through this research can be considered as a kit that is suitable for use in air conditioning practicum, especially on psychrometric topics.

Key words: Low-cost, laboratory kit, psychrometric, air-conditioning practicum, vocational education

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN HAK CIPTA	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	12
1.3 Tujuan Penelitian	13
1.4 Manfaat Penelitian	13
1.5 Struktur Organisasi Penulisan	14
Bab II Kajian Pustaka	15
2.1 Pendidikan Vokasi	15
2.2 Pembelajaran Berbasis Praktik	16
2.3 <i>Laboratory Kit</i>	17
2.4 <i>Low-Cost Laboratory Kit</i>	18
2.5 Kajian Materi Psikrometrik	28
2.6 Penelitian Terdahulu tentang Pembelajaran Psikrometrik	34
2.7 Kajian Media Pembelajaran	38
2.8 Kerangka Berpikir Penelitian	41
Bab III Metode Penelitian	44
3.1 Metode dan Desain Penelitian	44
3.2 Waktu Penelitian, Lokasi Penelitian, dan Partisipan Penelitian	46
3.3 Instrumen Penelitian	47
3.4 Analisis Data Penelitian	52
Bab IV Temuan dan Pembahasan	62
4.1 Temuan Penelitian	62
4.1.1 Tahap <i>analysis</i>	62
4.1.2 Tahap <i>design</i> dan <i>development</i>	70
4.1.3 Tahap <i>implementation</i>	80
4.1.4 Tahap <i>evaluation</i>	86
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian	89
4.2.1 Desain dan pembuatan produk LCLP-Kit	89
4.2.2 Kelayakan produk LCLP-Kit	91

4.2.3 Hasil belajar mahasiswa menggunakan produk LCLP-Kit	94
4.2.4 Respon pengguna produk LCLP-Kit	95
Bab V Simpulan, Implikasi, dan Rekomendasi	98
5.1 Simpulan	98
5.2 Implikasi	99
5.3 Rekomendasi	100
DAFTAR PUSTAKA	101
LAMPIRAN	111

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perbandingan spesifikasi produk komersil dan produk <i>low-cost</i>	8
Tabel 3.1	Keterkaitan tahapan ADDIE dengan instrument penelitian	51
Tabel 3.2	Kisi-kisi instrumen studi pendahuluan	52
Tabel 3.3	Kisi-kisi instrumen <i>alpha testing</i>	53
Tabel 3.4	Kisi-kisi instrumen respon pengguna (<i>beta testing</i>)	53
Tabel 3.5	Kisi-kisi instrumen tentang relevansi materi	54
Tabel 3.6	Kisi-kisi instrumen tentang kelayakan media	55
Tabel 3.7	Kisi-kisi instrumen tes hasil belajar	55
Tabel 3.8	Interpretasi data hasil validitas	57
Tabel 3.9	Kriteria nilai reliabilitas	58
Tabel 3.10	Kriteria tingkat kesukaran butir tes	58
Tabel 3.11	Kriteria daya pembeda item soal	59
Tabel 3.12	Hasil analisis uji daya pembeda soal <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i>	59
Tabel 3.13	Kriteria hasil validasi produk	60
Tabel 3.14	Kriteria rata-rata gain dinormalisasi (<i>N-gain</i>)	61
Tabel 4.1	Storyboard desain dan pembuatan media praktikum tata udara	70
Tabel 4.2	Hasil uji coba kinerja LCLP-Kit (tes alpha)	76
Tabel 4.3	Hasil validasi produk oleh ahli media	77
Tabel 4.4	Hasil validasi produk oleh ahli materi	77
Tabel 4.5	Daftar komponen utama pembuatan LCLP-Kit	78
Tabel 4.6	Bahan aksesoris dan pelayanan jasa pembuatan kit	78
Tabel 4.7	Bahan saluran udara, rangka, dan panel instrument kit	79
Tabel 4.8	Data hasil pengukuran proses <i>cooling and dehumidifying</i>	81
Tabel 4.9	Data hasil plotting proses <i>cooling and dehumidifying</i>	82
Tabel 4.10	Data hasil pengukuran proses <i>heating and humidifying</i>	83
Tabel 4.11	Data hasil plotting proses <i>heating and humidifying</i>	84
Tabel 4.12	Hasil belajar menggunakan LCLP-Kit	87
Tabel 4.13	Data hasil respon pengguna LCLP-Kit	88
Tabel 4.14	Perbedaan produk LCLP-Kit dan komersial	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Visualisasi <i>network</i> dari topik riset LCLP-Kit	10
Gambar 1.2	Visualisasi <i>overlay</i> dari topik riset LCLP-Kit	11
Gambar 1.3	Visualisasi <i>density</i> dari topik riset LCLP-Kit	11
Gambar 2.1	Kriteria dari sebuah <i>low-cost laboratory kit</i>	19
Gambar 2.2	Psikrometrik <i>chart</i> pada kondisi temperatur normal	28
Gambar 2.3	Ilustrasi grafik psikrometrik	29
Gambar 2.4	Skala garis temperatur: (a) kering (<i>dry bulb</i>) dan (b) basah (<i>wet bulb</i>)	30
Gambar 2.5	Skala garis temperatur: (a) <i>dewpoint</i> dan (b) <i>relative humidity</i>	30
Gambar 2.6	Skala garis rasio kelembapan (<i>grains of moisture</i>)	31
Gambar 2.7	Proses sensibel: (a) <i>heating</i> dan (b) <i>cooling</i>	32
Gambar 2.8	Contoh proses sensibel <i>heating</i>	32
Gambar 2.9	Contoh proses sensibel <i>cooling</i>	33
Gambar 2.10	Proses <i>cooling</i> dan <i>dehumidifying</i>	33
Gambar 2.11	Proses <i>heating</i> dan <i>humidifying</i>	34
Gambar 2.12	Bagan kerangka berpikir penelitian	42
Gambar 3.1	Tahapan penelitian model ADDIE dan <i>Sequential Exploratory</i>	45
Gambar 3.2	Alur penelitian <i>Low-Cost Laboratory Psychrometric Kit</i> menggunakan model ADDIE	46
Gambar 3.3	Desain awal <i>Low-Cost Laboratory Psychrometric Kit</i>	48
Gambar 3.4	Prototipe <i>Low-Cost Laboratory Psychrometric Kit</i>	49
Gambar 3.5	Produk <i>Low-Cost Laboratory Psychrometric Kit</i>	49
Gambar 4.1	Hasil survey kondisi fasilitas laboratorium di pendidikan vokasi	63
Gambar 4.2	Peralatan praktikum tata udara berupa HVAC <i>Plant</i>	64
Gambar 4.3	Air Conditioning Laboratory Unit A660 by P.A.Hilton Ltd.	65
Gambar 4.4	Air Conditioning Trainer Unit EC1501V by Tec Quipment Ltd.	65
Gambar 4.5	TAAB Air Conditioning Laboratory Unit by Edibon Ltd.	66
Gambar 4.6	Hasil survey kompetensi SDM di laboratorium pendidikan vokasi	68
Gambar 4.7	Hasil survey kondisi komponen pendukung laboratorium	69
Gambar 4.8	<i>Psychrometric diagram viewer</i> by Daikin Ltd.	81
Gambar 4.9	Proses <i>cooling and dehumidifying</i> pada psikrometrik diagram	82
Gambar 4.10	Proses <i>heating and humidifying</i> pada psikrometrik diagram	83
Gambar 4.11	Penjelasan penggunaan LCLP-Kit	85
Gambar 4.12	Penggunaan LCLP-Kit oleh mahasiswa	85
Gambar 4.13	Analisis data menggunakan psikrometrik <i>chart</i>	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Produk Komersil Trainer kit HVAC - Surat penawaran produk - Katalog produk	111
Lampiran 2	Instrumen Penelitian - Pre-test materi psikrometrik - Post-test materi psikrometrik - Instrumen ujicoba kinerja LCLP-Kit - Instrumen evaluasi LCLP-Kit - Instrumen respon pengguna LCLP-Kit	128
Lampiran 3	Data Penelitian - Data uji validitas butir soal - Data uji realibilitas butir soal - Data uji Tingkat kesukaran butir soal - Data uji daya pembeda butir soal - Data hasil belajar mahasiswa - Data instrumen ujicoba kinerja LCLP-Kit - Data instrument evaluasi LCLP-Kit - Data hasil validasi ahli media - Data hasil validasi ahli materi - Data hasil respon pengguna LCLP-Kit	150
Lampiran 4	Dokumen Pendukung Penelitian - Buku petunjuk penggunaan LCLP-Kit - Rencana program semester (RPS) - Daftar publikasi disertasi - Daftar Riwayat hidup	173

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. *Telkommika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 16(1), 232–240.
- Ana, A. (2020). Trends in expert system development: A practicum content analysis in vocational education for over grow pandemic learning problems. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 5(2), 71–85.
- Amalia, A. N., & Widayati, A. (2012). Analisis Butir Soal Tes Kendali Mutu Kelas XII SMA Mata Pelajaran Ekonomi Akuntansi di Kota Yogyakarta. *Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia*, X(1), 1–26.
- Ariyati, E. (2010). Pembelajaran berbasis praktikum untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 1(2), 1–12.
- Artono, T., Efrizon, Erawadi, D., & Firdaus. (2022). Programmable logic controller (PLC) berbiaya rendah berbasis papan arduino. *Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat PNP*, 4(1), 25–30.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Pendidikan*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Afifah, N., Aini, K., & Isnaini, M. (2018). Hubungan media pembelajaran komik dengan motivasi belajar siswa kelas VII pada materi sistem organisasi kehidupan, *Bioilmi: Jurnal Pendidikan*, 4(1), 9-13.
- Afsas, S. K., Sutikno, S., & Fianti, F. (2023). Penerapan Pembelajaran Berbasis Praktikum untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa SMP. *Journal on Education*, 6(1), 8913-8926.
- Al-Masri, E. (2018, October). Integrating hardware prototyping platforms into the classroom. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-4). IEEE.
- Anderson, Ronald. (1987). *Pemilihan dan pengembangan media untuk pembelajaran*. Jakarta: CV. Rajawali.
- Ardianto, D., Yufrizal, A., Helmi, N., & Indrawan, E. (2021). Efektivitas penggunaan CNC simulator untuk meningkatkan hasil belajar pada pembelajaran teknik pemesinan NC/CNC dan CAM kelas XII SMK Negeri 1 Bukittinggi. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 3(4), 62-67.
- Berman, E. T., Hamidah, I., Mulyanti, B., & Setiawan, A. (2020). Study of students' experiences of air conditioning practices in vocational education. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(4).

- Berman, E. T., Hamidah, I., Mulyanti, B., & Setiawan, A. (2021). Factor Analysis of Supporting Air Conditioning Practicum Activity in Vocational Education. *Proceedings of the 5th Asian Education Symposium 2020*, 566(AES 2020), 415–420.
- Berman, E. T., Wiyono, A., Zakaria, A., & Supriatno, S. (2019, July). Enhancing of student competency in psychrometric subjects using the edutainment method. In *2nd International Conference on Educational Sciences (ICES 2018)* (pp. 54-58). Atlantis Press.
- Bell, I. H., Lemmon, E. W., & Harvey, A. H. (2018). Algorithms for the calculation of psychrometric properties from multi-fluid Helmholtz-energy-explicit models. *International Journal of Refrigeration*, 87, 26–38.
- Bhattacharya, Y., & Milne, M. (2009, May). Psychrometric chart tutorial: a tool for understanding human thermal comfort conditions. In *38th American Solar Energy Society Conference, Buffalo* (pp. 11-16).
- Billett, S. (2009). Changing work, work practice: The consequences for vocational education. In *International handbook of education for the changing world of work: Bridging academic and vocational learning* (pp. 175-187). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Brewe, E., Kramer, L., & O'Brien, G. (2009). Modeling instruction: Positive attitudinal shifts in introductory physics measured with CLASS. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5(1), 1–5.
- Buonocore, C., De Vecchi, R., Scalco, V., & Lamberts, R. (2020). Thermal preference and comfort assessment in air-conditioned and naturally-ventilated university classrooms under hot and humid conditions in Brazil. *Energy and Buildings*, 211, 109783.
- Chacon, J., Saenz, J., de la Torre, L., Diaz, J., & Esquembre, F. (2017). Design of a low-cost air levitation system for teaching control engineering. *Sensors (Switzerland)*, 17(10), 1–18.
- Creswell, J. W., 2010. *Research design, pendekatan kualitatif, kuantitatif, dan mixed*. Pustaka pelajar: Jakarta.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2011). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Sage Publications.
- Clough, M. P. (2002). Using the laboratory to enhance student learning. *Learning Science and the Science of Learning*, (January 2002), 85–94.
- Coller, B. D. (2008). An experiment in hands-on learning in engineering mechanics: Statics. *International Journal of Engineering Education*, 24(3), 545–557.

- Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2015). Conceptual problem solving in high school physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2), 1–13.
- Docekal, T., & Golembiovsky, M. (2018). Low cost laboratory plant for control system education. *IFAC-Papers On Line*, 51(6), 289-294.
- Deacon, C., & Hajek, A. (2011). Student perceptions of the value of physics laboratories. *International Journal of Science Education*, 33(7), 943–977.
- Edmon, A., & Oluyi, A. (2014). Re-engineering technical vocational education and training toward safety practice skill needs of sawmill workers against workplace hazards in Nigeria [Versi elektronik]. *Journal of Education and Practice*, 5(7), 150–157.
- Erdélyi, P., & Rajkó, R. (2016). Using interactive psychrometric charts to visualize and explore psychrometric processes. *Journal of Chemical Education*, 93(2), 391–393.
- Ekin, S., O'Hara, J. F., Turgut, E., Colston, N., & Young, J. L. (2020). A do-it-yourself (DIY) light wave sensing and communication project: Low-cost, portable, effective, and fun. *IEEE Transactions on Education*, 64(3), 205-212.
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 121–130.
- Fukumoto, H., Yamaguchi, T., Ishibashi, M., & Furukawa, T. (2020). Developing a remote laboratory system of stepper motor for learning support. *IEEE Transactions on Education*, 64(3), 292-298.
- Foulis, C. Y., & Papadopoulou, S. (2018, September). A portable low-cost arduino-based laboratory kit for control education. In *2018 UKACC 12th International Conference on Control (CONTROL)* (pp. 435-435). IEEE.
- Fernández-Pacheco, A., Martin, S., & Castro, M. (2019, April). Implementation of an Arduino remote laboratory with raspberry Pi. In *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1415-1418). IEEE.
- Ge, F., & Wang, C. (2020). Exergy analysis of dehumidification systems: A comparison between the condensing dehumidification and the desiccant wheel dehumidification. *Energy Conversion and Management*, 224(September), 113343.
- Gunasekaran, M., & Potluri, R. (2012). Low-cost undergraduate control systems experiments using microcontroller-based control of a dc motor. *IEEE Transactions on Education*, 55(4), 508–516.

- Gupta, P. K., & Patel, R. N. (2017). A teaching–learning tool for elementary psychometric processes on psychometric chart using MATLAB. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(3), 458–467.
- Handayani, M. N., Ali, M., Wahyudin, D., & Mukhidin. (2020). Green skills understanding of agricultural vocational school teachers around West Java Indonesia. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 5(1), 21–30.
- Hake, R. R., 1998. Interactive-engagement versus traditional methods: A six thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64-74.
- Hidayat, Y., Nukhbatillah, I. A., Setiawati, S., Milah, A. R., Dhiaulhaq, F., & Hilma, D. (2023). Urgensi aplikasi kerangka berpikir computational thinking pada pemebelajaran faraid di era digital. *JOTTER: Journal of Teacher Training and Educational Research*, 1(2), 37-46.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54.
- Jing, S., Li, B., Tan, M., & Liu, H. (2013). Impact of relative humidity on thermal comfort in a warm environment. *Indoor and Built Environment*, 22(4), 598–607.
- Kennedy, O. (2011). Philosophical and sociological overview of vocational technical education in Nigeria. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 01(01), 167–175.
- Karunanayaka, K., Saadiah, H., Shahroom, H., & Cheok, A. D. (2017, October). Methods to develop a low cost laboratory olfactometer for multisensory, psychology, and neuroscience experiments. In *IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 2882-2887). IEEE.
- Kang, N. H., & Wallace, C. S. (2005). Secondary science teachers' use of laboratory activities: Linking epistemological beliefs, goals, and practices. *Science Education*, 89(1), 140–165.
- Kettleson, E. M., Adhikari, A., Vesper, S., Coombs, K., Indugula, R., & Reponen, T. (2015). Key determinants of the fungal and bacterial microbiomes in homes. *Environmental Research*, 138, 130–135.
- Klotz, V. K., Billett, S., & Winther, E. (2014). Promoting workforce excellence: Formation and relevance of vocational identity for vocational educational training. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 6(1), 1–20.
- Kukliansky, I., & Eshach, H. (2014). Evaluating a contextual-based course on data analysis for the physics laboratory. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 108–115.
- Kodejška, De Nunzio, G., Kubínek, R., & Říha, J. (2015). Low cost alternatives to commercial lab kits for physics experiments. *Physics Education*, 50(5), 597–607.

- Kresta, S., & Ayranci, I. (2018). Psychometric charts in color: An example of active learning for chemical engineering students and faculty members. *Education for Chemical Engineers*, 22, 14–19.
- 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.
- Lal, S., Lucey, A. D., Lindsay, E. D., Sarukkalige, P. R., Mocerino, M., Treagust, D. F., & Zadnik, M. G. (2017). An alternative approach to student assessment for engineering–laboratory learning. *Australasian Journal of Engineering Education*, 22(2), 81–94.
- Lampon, C., Costa-Castello, R., & Dormido, S. (2016). Hands on laboratory for classical nonlinear control systems: The dead-zone case. *IEEE Conference on Control Applications, CCA 2016*, 816–820.
- Lee, E. (2020). Developing a Low-Cost Microcontroller-Based Model for Teaching and Learning. *European Journal of Educational Research*, 9(3), 921-934.
- Lang, V. P. (1987). *Principles of Air Conditioning*. D.B. Taraporevala Sons & Co, Private Ltd., New York. USA.
- Leite, L., & Dourado, L. (2013). Laboratory activities, science education and problem-solving skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, 1677–1686.
- Liu, Y., Baker, F., He, W., & Lai, W. (2019). Development, assessment, and evaluation of laboratory experimentation for a mechanical vibrations and controls course. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 47(4), 315–337.
- Mukarramah, S. K., Abdullah, A. G., & Sumarto, S. (2020). Low-cost bending test laboratory kit. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(4), 2–10.
- Matthews, M. R. (1992). History, philosophy, and science teaching: The present rapprochement. *Science and Education*, 1(1), 11–47.
- Ma, C., Li, Q., Liu, Z., & Jin, Y. (2010, June). Low cost AVR microcontroller development kit for undergraduate laboratory and take-home pedagogies. In *2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer*. Vol. 1, pp. 35-38. IEEE.
- Mahardika, I. K., Rofiqoh, A., & Supeno, S. (2021). Model inkuiri untuk meningkatkan kemampuan representasi verbal dan matematis pada pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1(2), 165-171.
- Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys*, 38(3), 1.

- Madu, K. E. (2018). Psychrometric analysis of an air-conditioning system operating under given ambient conditions. *International Journal of Innovation and Sustainability*, 2, 34–40.
- Mago, P. J., & Long, W. (2016). Implementation of a computational tool to study psychrometric processes in mechanical engineering courses. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 44(1), 29–55.
- Maclean, R., Wilson, D., & Chinien, C. A. (Eds.). (2009). *International handbook of education for the changing world of work: Bridging academic and vocational learning* (Vol. 1). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Misbah, M., Hamidah, I., Sriyati, S., dan Samsudin, A. (2022). A bibliometric analysis: Research trend of critical thinking in science education. *Journal of Engineering Science and Technology*, 17, 118–126.
- Niemann, P., & Schmitz, G. (2020). Air conditioning system with enthalpy recovery for space heating and air humidification: An experimental and numerical investigation. *Energy*, 213.
- Nandiyanto, A. B. D., Ragadhita, R., Abdullah, A. G., Triawan, F., Sunnardianto, G. K., & Aziz, M. (2019). Techno-economic feasibility study of low-cost and portable home-made spectrophotometer for analyzing solution concentration. *Journal of Engineering Science and Technology*, 14(2), 599–609.
- Nandiyanto, A. B. D. (2018). Cost analysis and economic evaluation for the fabrication of activated carbon and silica particles from rice straw waste. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(6), 1523–1539.
- Nugroho, M. K. C., & Hendrastomo, G. (2021). Pengembangan media pembelajaran berbasis google sites pada mata pelajaran sosiologi kelas X. *Jurnal Pendidikan Sosiologi dan Humaniora*, 12(2), 59-70.
- Posadas, H., & Villar, E. (2016). Using professional resources for teaching embedded SW development. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 11(4), 248–255.
- Priambudi, P., Mahmudah, F. N., & Susatya, E. (2020). Pengelolaan kelas industri di sekolah menengah vokasi. *Jurnal Pendidikan Teknologi Vokasi*, 3(2), 87-97.
- Purwanto, N. (2005). *Psikologi Pendidikan*, PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Piskurich, G. M. (2015). *Rapid instructional design: Learning ID fast and right*. John Wiley & Sons.
- Parga, C., Yu, W., & Li, X. (2015). A low-cost ball and plate system for advanced control education. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 52(4), 370-384.

- Pajpach, M., Haffner, O., Kučera, E., & Drahoš, P. (2022). Low-cost education kit for teaching basic skills for industry 4.0 using deep-learning in quality control tasks. *Electronics, 11*(2), 230.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers and Education, 95*, 309–327.
- Prieto, D., Aparicio, G., & Sotelo-Silveira, J. R. (2017). Cell migration analysis: A low-cost laboratory experiment for cell and developmental biology courses using keratocytes from fish scales. *Biochemistry and Molecular Biology Education, 45*(6), 475-482.
- Pujiyanti, A., Ellianawati, E., & Hardyanto, W. (2021). Penerapan model problem based learning (PBL) berbantuan alat peraga untuk meningkatkan minat dan hasil belajar fisika peserta didik MA. *Physics Education Research Journal, 3*(1), 41-52.
- Qi, R., Lu, L., & Yang, H. (2012). Investigation on air-conditioning load profile and energy consumption of desiccant cooling system for commercial buildings in Hong Kong. *Energy and Buildings, 49*, 509–518.
- Rivera, J. H. (2016). Science-based laboratory comprehension: an examination of effective practices within traditional, online and blended learning environments. *Open Learning, 31*(3), 209–218.
- Rondet, E., Baylac, G., & Bataille, B. (2008). Psychrometry as a methodological tool for optimizing the spray drying process. *Drug Development and Industrial Pharmacy, 34*(3), 235–247.
- Rinaldi, V., Casale, M., Moffa, A., Mancini, G., Carioli, D., Portmann, D., Cassano, M., Pignataro, L. (2019). New low-cost magnifying device for temporal bone laboratory. *Journal of Otology, 14*(2), 73–75.
- Rosina, H., Virgantina, V., Ayyash, Y., Dwiyantri, V., & Boonsong, S. (2021). Vocational education curriculum: Between vocational education and industrial needs. *ASEAN Journal of Science and Engineering Education, 1*(2), 105-110.
- Rohmah, H. N., Suherman, A., & Utami, I. S. (2021). Penerapan problem based learning berbasis STEM pada materi alat optik untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika, 12*(2), 117-123.
- Rahman, A., & Taali, T. (2023). Simulator Rangkaian Mikrokontroler Arduino Uno sebagai Media Pembelajaran menggunakan Proteus. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro, 4*(1), 125-132.
- Rina, M., Rahayu, N.I., Muktiarni, M., Al Husaeni, D.F., Achmad, H., Sunardi, S., dan Nandiyanto, A. B. D. (2022). Sustainable Development Goals (SDGs) in science education: Definition, literature review, and bibliometric analysis. *Journal of Engineering Science and Technology, 17*, 161-181.

- Scott, M. J., Counsell, S., Lauria, S., Swift, S., Tucker, A., Shepperd, M., & Ghinea, G. (2015). Enhancing Practice and Achievement in Introductory Programming with a Robot Olympics. *IEEE Transactions on Education*, 58(4), 249–254.
- Somantri, Y., Juanda, E. A., Haritman, E., & Wahyudin, D. (2012). Training on an embedded microcontroller system tool for teachers of vocational high schools in West Java. In *Proceedings of the 2nd UPI International Conference On Technical And Vocational Education And Training*, 2(1), 187–192.
- Srisawasdi, N., & Kroothkeaw, S. (2014). Supporting students' conceptual development of light refraction by simulation-based open inquiry with dual-situated learning model. *Journal of Computers in Education*, 1(1), 49–79.
- Subiantoro, A. (2019). Feasibility analysis of the hybrid dehumidifier–air conditioner technology for small-scale household applications in the tropics. *Science and Technology for the Built Environment*, 25(2), 177–188.
- Soriano, A., Marin, L., Valles, M., Valera, A., & Albertos, P. (2014). Low-cost platform for automatic control education based on open hardware. *IFAC Proceedings Volumes*, 47(3), 9044-9050.
- Subali, B. E. (2010). Penerapan model praktikum problem solving laboratory sebagai upaya untuk memperbaiki kualitas pelaksanaan praktikum fisika dasar. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 6(2), 90–97.
- Somantri, Y., & Fushshilat, I. (2017). Low cost, advanced, integrated microcontroller training kit. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 180(1), 5670–5675.
- Stark, B., Li, Z., Smith, B., & Chen, Y. (2013, August). Take-home mechatronics control labs: A low-cost personal solution and educational assessment. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (Vol. 55911, p. V004T08A036). American Society of Mechanical Engineers.
- Suhaedin, E., Jalinus, N., & Abdullah, R. (2023). Landasan Filosofi dan Prinsip Pendidikan Teknologi & Kejuruan (PTK) menggunakan Metode Systematic Literature Review. *Journal on Education*, 6(1), 10317-10326.
- Sudijono, A. (2011). *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Sugiono. (2011). *Metode penelitian kombinasi (mixed methods)*. Alfabeta: Bandung.
- Saputra, D. I., Sambasri, S., Maulana, J., Mulyadi, C. A., & Aunillah, L. (2018). Laboratorium Kit Sederhana Untuk Pengolahan Citra Digital dan Instrumentasi Cerdas. In *Prosiding Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi* (pp. 167-178).

- Saryono, D., Sumardi, K., & Husen, A. S., (2019, February). Development of trainer kit quality control (TKQC) on motorcycle electrical competencies. In *5th UPI International Conference on Technical and Vocational Education and Training (ICTVET 2018)* (pp. 189-192). Atlantis Press.
- Sotelo, D., Sotelo, C., Ramirez-Mendoza, R. A., López-Guajardo, E. A., Navarro-Duran, D., Niño-Juárez, E., & Vargas-Martinez, A. (2022). Lab-Tec@ Home: A cost-effective kit for online control engineering education. *Electronics*, *11*(6), 907.
- Starks, J., Hendrickson, F. R., Hadi, F., & Traum, M. J. (2017, June). Miniaturized inexpensive hands-on fluid mechanics laboratory kits for remote online learning. In *2017 ASEE Annual Conference & Exposition*.
- 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.
- Sobota, J., Goubej, M., Königsmarková, J., & Čech, M. (2019). Raspberry Pi-based HIL simulators for control education. *IFAC-Papers On Line*, *52*(9), 68-73.
- 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-Papers On Line*, *50*(1), 9138-9143.
- Sithole, A., Chiyaka, E. T., & Mabwe, K. (2022). Assessing Students' Approaches and Perceptions to Learning in Physics Experiments Based on Simulations and At-Home Lab Kits. *Higher Education Studies*, *12*(1), 96-104.
- Sadiman, A. S. (2006). *Media pendidikan pengertian, pengembangan dan pemanfaatannya*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Soimah, I. (2018). Pengaruh media pembelajaran berbasis komputer terhadap hasil belajar IPA ditinjau dari motivasi belajar peserta didik. *Natural: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, *5*(1), 38-44.
- Tran, L. Q., Radcliffe, P. J., & Wang, L. (2022). A low budget take-home control engineering laboratory for undergraduate. *International Journal of Electrical Engineering and Education*, *59*(2), 158–175.
- Tawfik, M., Sancristobal, E., Martín, S., Díaz, G., Peire, J., & Castro, M. (2013). Expanding the boundaries of the classroom. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, (March), 41–49.
- Taylor, B., Eastwood, P., & Jones, B. L. (2014). Development of a low-cost, portable hardware platform to support hands-on learning in the teaching of control and systems theory. *Engineering Education*, *9*(1), 62–73.
- Tazkia, S. R., & Suherman, A. (2016). Optimalisasi fasilitas alat praktik untuk mencapai tuntutan kompetensi siswa SMK. *Journal of Mechanical Engineering Education*, *3*(2), 263.

- Tüysüz, C. (2010). The effect of the virtual laboratory on students' achievement and attitude in chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2(1), 37–53.
- Thepnurat, M., Saphet, P., & Tong-on, A. (2017, September). Low cost DIY lenses kit for high school teaching. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 901, No. 1, p. 012120). IOP Publishing.
- Tafonao, T. (2018). Peranan media pembelajaran dalam meningkatkan minat belajar mahasiswa. *Jurnal komunikasi pendidikan*, 2(2), 103-114.
- Uyanik, I., & Catalbas, B. (2018). A low-cost feedback control systems laboratory setup via Arduino–Simulink interface. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(3), 718-726.
- Van De Heyde, V., & Siebrits, A. (2019). Students' attitudes towards online pre-laboratory exercises for a physics extended curriculum programme. *Research in Science and Technological Education*, 37(2), 168–192.
- Wahab, A., Junaedi, J., & Azhar, M. (2021). Efektivitas pembelajaran statistika pendidikan menggunakan uji peningkatan N-gain di PGMI. *Jurnal Basicedu*, 5(2), 1039-1045.
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya media pembelajaran dalam proses belajar mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928-3936.
- Waltman, L., Van Eck, N. J., & Noyons, E. C. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of informetrics*, 4(4), 629-635.
- Wiendartun, W., Chandra, W., Fauzan, J. N., Lilik, H., Nugroho, H. S., Pawinanto, R. E., dan Budi, M. (2022). Trends in research related to photonic crystal (PHC) from 2009 to 2019: A bibliometric and knowledge mapping analysis. *Journal of Engineering Science and Technology*, 17(1), 0343-0360.
- Yusro, M., Ma'sum, M., Muhamad, M., & Jaenul, A. (2021). Pengembangan Trainer Aplikasi Multi-Sensors (TAMS) Berbasis Arduino dan Raspberry Pi. *Risenologi*, 6(1), 77-85.
- Zafeiropoulos, V., Kalles, D., & Sgourou, A. (2014). Adventure-style game-based learning for a biology lab. *Proceedings - IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2014*, 665–667.
- Zítek, P., Vyhlídal, T., Fišer, J., Tornari, V., Bernikola, E., & Tsigarida, N. (2015). Diffusion-model-based risk assessment of moisture originated wood deterioration in historic buildings. *Building and Environment*, 94(P1), 218–230.