

**PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK
BERBANTUAN *AUGMENTED REALITY* PADA MATA KULIAH SISTEM
PEMINDAH TENAGA DI DEPARTEMEN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

DISERTASI



**Ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan
Gelar Doktor Pendidikan Teknologi dan Kejuruan**

**Oleh:
MUSLIM
NIM. 22193026**

**PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2025

ABSTRACT

Muslim, 2025. *Development of Project-Based Learning Model Assisted by Augmented Reality in Powertrain Course in Automotive Engineering Department Faculty of Engineering Padang State University.*

Mastery of powertrains in light vehicles is one of the important materials in automotive vocational education. However, students often have difficulty understanding in-depth mechanical concepts due to limited visualization and practical tools. To overcome this obstacle, Augmented Reality (AR) technology can be utilized as an interactive learning medium and can improve students' understanding of the power transmission system. This study aims to develop a project-based learning model supported by AR in the Powertrain course at the Department of Automotive Engineering to improve student learning outcomes with valid, practical, and effective product categories.

This study uses the development method (R&D) with the ADDIE model to design and test AR-assisted learning media. Data was collected through observation, interviews, and questionnaires distributed to educators and students. Product trials were carried out in stages through expert validation stages, limited trials, and field trials. The questionnaire data were analyzed using quantitative descriptive techniques to measure the effectiveness and practicality of the product.

The results of the study indicate that the AR-assisted project-based learning model developed is valid very practical and effective. The PjBAR model construct has high reliability and is considered valid with values above the recommended minimum limit, which is 0.7 for rho_a and Cronbach's Alpha and 0.5 for AVE. The PjBAR model is very practical as seen from the responses of lecturers (educators) and students with an average practicality of 90.80% and 88.00%. The Smart Powertrain-based Augmented Reality media is in the very practical category based on the responses of educators and students with an average score of 90.00% and 88.11%. The p-value (posttest) of 0.000 ($p < 0.05$), indicates that there is a significant difference between the experimental and control classes after treatment. The average N-Gain of the experimental class is 0.742 (high category). Cohen's d value of 2.59 shows an effect that is in the large category, indicating that the PjBAR model has a more significant influence on improving learning outcomes compared to conventional methods.

Keywords: *Augmented Reality, Project-Based Augmented Reality, Powertrain, Vocational Education, Technology-Assisted Learning.*

ABSTRAK

Muslim, 2025. Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Berbantuan *Augmented Reality* pada Mata Kuliah Sistem Pemindah Tenaga di Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Disertasi Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Penguasaan sistem pemindah tenaga pada kendaraan merupakan salah satu materi penting dalam pendidikan vokasi otomotif. Namun, peserta didik sering kali kesulitan memahami konsep-konsep mekanikal yang mendalam karena keterbatasan visualisasi dan alat praktik. Untuk mengatasi kendala ini, teknologi *Augmented Reality* (AR) dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran yang interaktif dan mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap Sistem Pemindah Tenaga. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pembelajaran berbasis proyek yang didukung AR dalam mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga di Departemen Teknik Otomotif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik dengan kategori produk valid, praktis dan efektif.

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan (R&D) dengan model ADDIE untuk merancang dan menguji media pembelajaran berbantuan AR. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan angket yang disebarakan kepada pendidik dan peserta didik. Uji coba produk dilakukan secara bertahap melalui tahapan validasi ahli, uji coba terbatas, dan uji coba lapangan. Data hasil angket dianalisis menggunakan teknik deskriptif kuantitatif untuk mengukur efektivitas dan kepraktisan produk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek berbantuan AR yang dikembangkan valid dan sangat praktis dan efektif. Konstruks model PjBAR memiliki keandalan tinggi dan dianggap valid dengan nilai diatas batas minimum yang disarankan, yaitu 0,7 untuk ρ_a dan *Cronbach's Alpha* serta 0,5 untuk AVE. Model PjBAR sangat praktis dilihat dari respon dosen (pendidik) dan peserta didik dengan rata-rata praktikalitas 90,80% dan 88,00%. Sedangkan media *Smart Powertrain-Based Augmented Reality* dalam kategori sangat praktis berdasarkan respon pendidik dan peserta didik dengan rata-rata skor 90,00% dan 88,11%. Nilai *p-value (posttest)* sebesar 0,000 ($p < 0.05$), menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol setelah perlakuan. Rata-rata *N-Gain* kelas eksperimen sebesar 0,742 (kategori tinggi). Nilai Cohen's *d* sebesar 2,59 menunjukkan efek yang berada dalam kategori *large*, mengindikasikan bahwa model PjBAR memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap peningkatan hasil belajar dibandingkan metode konvensional.

Kata kunci: *Augmented Reality*, *Project-Based Augmented Reality*, Sistem Pemindah Tenaga, Pendidikan Vokasi, Pembelajaran berbantuan Teknologi.

PERSETUJUAN AKHIR DISERTASI

Mahasiswa
NIM
Program Studi

Muslim
: 22193026
: Doktor (S3) PTK

MENYETUJUI

Promotor I,



Prof. Dr. Ambivar, M.Pd.
NIP. 19550213 198103 1 003

Promotor II,



Prof. Dr. Arwizet K, ST., M.T.
NIP. 19690920 199802 1 001

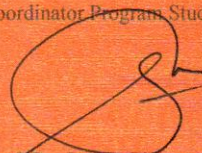
PENGESAHAN

Dekan,



Dr. Mohammad Anwar, S.Pd., M.T.
NIP. 19730805 200501 1 002

Koordinator Program Studi Pascasarjana,



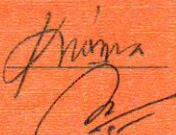
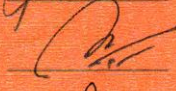
Prof. Dr. Ir. M. Giatman, MSIE.
NIP. 19590121 198503 1 002

**PERSETUJUAN KOMISI
UJIAN DISERTASI**

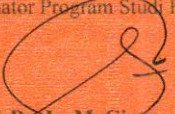
DISERTASI

Mahasiswa : Muslim
NIM : 22193026

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Disertasi
Program Doktor Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
Hari: Selasa, Tanggal : 17 Desember 2024

No.	Nama	Tanda Tangan
1	<u>Ir. Krismadinata, Ph.D.</u> (Ketua)	
2	<u>Dr. Muhammad Anwar, S.Pd., M.T.</u> (Sekretaris)	
3	<u>Prof. Dr. Ambivar, M.Pd.</u> (Promotor)	
4	<u>Prof. Dr. Arwizet K, ST., M.T.</u> (Co Promotor)	
5	<u>Prof. Dr. Ir. M. Giatman, MSIE.</u> (Penguji)	
6	<u>Dr. Dedy Irfan, S.Pd., M.Kom.</u> (Penguji)	
7	<u>Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D.</u> (Penguji)	
8	<u>Dr. Ir. Is Prima Nanda, IPU</u> (Penguji)	
9	<u>Prof. Dr. Eng. Ir. Gunawarman, M.T.</u> (Penguji Luar Institusi)	

Padang, 17 Desember 2024
Koordinator Program Studi Pascasarjana,


Prof. Dr. Ir. M. Giatman, MSIE.
NIP. 19590121 198503 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, disertasi dengan judul **“Pengembangan Model Pembelajaran berbasis Proyek Berbantuan *Augmented Reality* pada Mata Kuliah Sistem Pemindah Tenaga di Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang”** adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Negeri Padang, maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian dan rumusan saya sendiri, dengan bantuan dan arahan dari tim pembimbing dan tim pembahas.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar rujukan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 17 Desember 2024

Saya yang menyatakan,



Muslim

NIM. 22193026

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan nikmat-Nya yang senantiasa tercurah sehingga penyusun disertasi yang berjudul “Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Berbantuan *Augmented Reality* pada Mata Kuliah Sistem Pemindah Tenaga di Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang” sebagai syarat untuk mencapai gelar Doktor Teknologi Pendidikan dan Kejuruan, Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang dapat terselesaikan dengan baik.

Penyusunan disertasi ini tidak terlepas dari bantuan, dorongan dan dukungan berbagai pihak berupa saran, bimbingan, maupun petunjuk. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati peneliti menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Krismadinata, Ph.D selaku Rektor Universitas Negeri Padang.
2. Prof. Dr. Ambiyar, M.Pd selaku Promotor I dan Prof. Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T selaku Promotor II yang telah membimbing, memotivasi dan memberikan arahan sehingga disertasi ini dapat diselesaikan.
3. Dr. Ir. Is Prima Nanda, IPU, Dr. Dedy Irfan, S.Pd., M.Kom dan Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D selaku Pembahas yang telah meluangkan waktu, memberikan saran, dan masukan terhadap produk disertasi ini.
4. Dr. Muhammad Anwar, S.Pd., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Prof. Dr. M Giatman, MSIE Koordinator Pascasarjana Program Studi Doktor S3 Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Prof. Dr. Eng. Ir. Gunawarman, M.T selaku Penguji Luar Institusi yang telah bersedia meluangkan waktunya dalam memberikan saran dan kritik demi kesempurnaan disertasi ini.
7. Ibuk Prof. Dr. Agustina, M.Hum, Ibuk Milana, S.T., M.Sc., Ph.D, Bapak Dwi Sudarno Putra, S.T., M.T., Ph.D dan Bapak Rifdarmon, S.Pd., M.Pd.T selaku Pakar/Validator kegiatan (FGD) di Pascasarjana FT-UNP.

8. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Pascasarjana dan Departemen Teknik Otomotif FT-UNP.
9. Seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dorongan dan motivasi peneliti baik secara materil maupun non materil.
10. Rekan-rekan mahasiswa/i seperjuangan yang telah ikut memberikan petunjuk, saran, masukan, dukungan moral dan motivasi kepada peneliti.

Semoga bantuan yang telah Bapak/Ibu, Saudara/i dan rekan-rekan mahasiswa berikan mendapatkan balasan yang setimpal oleh Allah SWT dan menjadi ibadah hendaknya.

Padang, 17 Desember 2024

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
PERSETUJUAN AKHIR DISERTASI	iii
PERSETUJUAN KOMISI UJIAN DISERTASI	iv
PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	11
C. Batasan Masalah	11
D. Rumusan Masalah	12
E. Tujuan Penelitian	12
F. Manfaat Penelitian	12
G. Spesifikasi Produk yang Diharapkan	13
H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan	16
I. Definisi Operasional	17
BAB II. KAJIAN TEORI	
A. Kerangka Teoritis	19
1. Filosofi Pendidikan	19
2. Filosofi Pendidikan Vokasional	22
3. Hakikat Belajar dan Pembelajaran	25
4. Model Pembelajaran	27
5. Model-Model Pembelajaran Interaktif	33
6. Integrasi antara Model Pembelajaran	48

7. <i>Augmented Reality</i> (AR)	51
8. Model <i>Project-Based Augmented Reality</i> (PjBAR)	56
9. Mata Kuliah Sistem Pemindah Tenaga	60
B. Penelitian yang Relevan	63
C. Kerangka Konseptual	67
D. Pertanyaan Penelitian	69
BAB III. METODE PENGEMBANGAN	
A. Jenis Penelitian dan Pengembangan	70
B. Prosedur Pengembangan	70
C. Uji Coba Produk	76
D. Subjek Uji Coba	77
E. Jenis Data	78
F. Instrumen Pengumpul Data	78
1. Instrumen Analisis Kebutuhan	79
2. Instrumen Validasi Produk	79
3. Instrumen Praktikalitas Produk	81
4. Instrumen Efektivitas	82
G. Teknik Analisis Data	83
1. Analisis Validitas	83
2. Analisis Praktikalitas	84
3. Analisis Efektivitas	84
4. Uji Prasyarat	90
5. Uji <i>t</i>	91
6. Uji <i>N-Gain</i>	91
7. Efektivitas	92
H. Kualitas Pengembangan Produk	93
1. Validitas	93
2. Praktikalitas	93
3. Efektivitas	94
BAB IV. HASIL PENGEMBANGAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Pengembangan	95

1. Tahap Analisis (<i>Analysis</i>)	95
2. Tahap Desain (<i>Design</i>)	99
3. Tahap Pengembangan (<i>Develop</i>)	111
4. Tahap Implementasi (<i>Implementation</i>)	194
5. Tahap Evaluasi (<i>Evaluation</i>)	208
B. Pembahasan	209
1. Tahap Analisis (<i>Analysis</i>)	209
2. Tahap Desain (<i>Design</i>)	211
3. Tahap Pengembangan (<i>Develop</i>)	215
4. Tahap Implementasi (<i>Implementation</i>)	218
5. Tahap Evaluasi (<i>Evaluation</i>)	220
6. Diskusi Hasil Temuan dengan Penelitian Relevan	222
7. Studi Longitudinal Model PjBAR	225
C. Kebaharuan Penelitian	227
D. Keterbatasan Penelitian	228
BAB V. KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN	
A. Kesimpulan	230
B. Implikasi	231
C. Saran	232
DAFTAR RUJUKAN	235
LAMPIRAN	252

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Hasil Belajar Mahasiswa pada Mata Kuliah Sistem Pemindah Tenaga Tiga Tahun Terakhir di Departemen Teknik Otomotif	5
3.1. Daftar Nama Pakar (Validator)	73
3.2. Responden (Pakar) Konstruks dan CFA	73
3.3. Daftar Nama <i>Team Teaching</i> Mata Kuliah Sistem Pemindah Tenaga	74
3.4. Kisi-Kisi Angket Analisis Kebutuhan AR SPT	79
3.5. Kisi-Kisi Angket Validasi Buku Model PjBAR SPT	79
3.6. Kisi-Kisi Angket Validasi Modul PjBAR SPT	80
3.7. Kisi-Kisi Angket Validasi Buku Panduan Dosen	80
3.8. Kisi-Kisi Angket Validasi Buku Panduan Mahasiswa	80
3.9. Kisi-Kisi Angket Validasi Sintaks Model PjBAR SPT	80
3.10. Kisi-Kisi Angket Validasi Materi pada Media AR SPT	81
3.11. Kisi-Kisi Angket Validasi Media pada AR SPT	81
3.12. Kisi-Kisi Angket Validasi Pedagogi pada AR SPT	81
3.13. Kisi-Kisi Angket Praktikalitas Model PjBAR	82
3.14. Kisi-Kisi Angket Praktikalitas Media AR PjBAR	82
3.15. Kriteria Tingkat Kepraktisan	84
3.16. Kisi-Kisi Penilaian Aspek Afektif	85
3.17. Kriteria Nilai Afektif	85
3.18. Konversi Nilai Hasil Belajar Aspek Kognitif	86
3.19. Kriteria Indeks Kesukaran	88
3.20. Kriteria Daya Pembeda	89
3.21. Kisi-Kisi Tes Hasil Belajar Keterampilan (Psikomotor)	89
3.22. Instrumen Penilaian Keterampilan	89
3.23. Kriteria Nilai Psikomotor	90
3.24. Kriteria <i>N-Gain Score</i>	92
3.25. Klasifikasi Skor <i>Effect Size</i>	93
4.1. Aktivitas Pendidik dan Peserta Didik dalam Model PjBAR	118

4.2. Hasil Uji Validasi Isi Buku Model PjBAR	145
4.3. Rekapitulasi Hasil Validasi Konstruks Buku Model PjBAR	147
4.4. Hasil Uji CFA Sintaks PjBAR Pendekatan CB-SEM	156
4.5. Hasil Uji Validasi Modul Sistem Pemindah Tenaga Berbasis PjBAR	159
4.6. Hasil Uji Validasi Buku Panduan Dosen	161
4.7. Hasil Uji Validasi Buku Panduan Mahasiswa	163
4.8. Hasil Uji Validasi Buku Instrumen Penelitian	165
4.9. Hasil Uji Validasi Media AR <i>Smart Powertrain-Based Augmented Reality</i>	166
4.10. Hasil Uji Validasi Materi pada AR <i>Smart Powertrain-Based Augmented Reality</i>	168
4.11. Hasil Uji Validasi Pedagogi pada AR <i>Smart Powertrain-Based Augmented Reality</i>	169
4.12. Hasil Uji Validasi Tes Hasil Belajar (Kognitif)	170
4.13. Hasil Uji Validasi Tes Hasil Belajar (Afektif)	171
4.14. Hasil Uji Validasi Tes Hasil Belajar (Psikomotor)	172
4.15. Saran dan Perbaikan Model PjBAR Setelah Kegiatan FGD	173
4.16. Revisi Media AR <i>Smart Powertrain-Based Augmented Reality</i>	175
4.17. Hasil Praktikalitas Model PjBAR (Respon Dosen)	177
4.18. Hasil Praktikalitas Model PjBAR (Respon Mahasiswa)	179
4.19. Hasil Praktikalitas <i>Smart Powertrain-Based Augmented Reality</i> (Respon Dosen)	181
4.20. Hasil Praktikalitas <i>Smart Powertrain-Based Augmented Reality</i> (Respon Mahasiswa)	183
4.21. <i>Output</i> Rekap Data Hasil Uji Validitas Butir Soal	186
4.22. <i>Output</i> Reabilitas Butir Soal	186
4.23. <i>Output</i> Rekap Data Hasil Uji Daya Pembeda Butir Tes	187
4.24. <i>Output</i> Rekap Data Hasil Uji Indeks Kesukaran Butir Tes	187
4.25. Tabulasi Data <i>Pretest-Posttest</i> Kelas Kecil	188
4.26. <i>Output</i> Hasil Uji Normalitas Kelas Kecil	191
4.27. <i>Output</i> Hasil Uji Homogenitas Kelas Kecil	191
4.28. Uji <i>Paired Sample T-Test</i> (Kelas Kecil)	192

4.29. Hasil <i>N-Gain</i> Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> pada Kelas Kecil	193
4.30. Perhitungan Nilai <i>Effect Size</i>	194
4.31. Tabulasi Data <i>Pretest-Posttest</i> Kelas Eksperimen	195
4.32. Tabulasi Data <i>Pretest-Posttest</i> Kelas Kontrol	196
4.33. <i>Output</i> Hasil Uji Normalitas (Kolmogorov-Smirnov)	199
4.34. <i>Output</i> Hasil Uji Homogenitas	200
4.35. <i>Group Statistic Pretest-Posttest</i> Kelas Eksperimen dan Kontrol	201
4.36. <i>Output</i> Hasil Uji <i>Independent Sample T-Test</i>	202
4.37. <i>Group Statistic</i> Rata-Rata <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen dan Kontrol	203
4.38. <i>Group Statistic</i> Rata-Rata <i>Posttest</i> Kelas Eksperimen dan Kontrol	204
4.39. Hasil Belajar Aspek Afektif	205
4.40. Hasil Belajar Aspek Psikomotor	206

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Hasil Perbandingan dan Uji Coba Model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL)	9
2.1. Sintaks Pembelajaran Berbasis Proyek	39
2.2. Sintaks Pembelajaran Berbasis Proyek	39
2.3. Sintaks Pembelajaran Berbasis Masalah	43
2.4. Sintaks Pembelajaran Berbasis Inkuiri	46
2.5. Sintaks Model <i>Flipped Classroom</i>	48
2.6. Sintaks Model Pembelajaran Campuran	50
2.7. Perbedaan <i>Augmented Reality</i> dengan <i>Virtual Reality</i>	53
2.8. Penyederhanaan Sintaks Pembelajaran Berbasis Proyek	57
2.9. Rancangan Model <i>Project-Based Augmented Reality</i> (PjBAR)	58
2.10. Kerangka Konseptual Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Berbantuan <i>Augmented Reality</i>	69
3.1. Desain ADDIE Model	70
3.2. Prosedur Pengembangan Perangkat Pembelajaran berbasis Proyek Berbantuan <i>Augmented Reality</i>	75
3.3. Rancangan <i>Pretest Posttest Control Group Design</i>	76
4.1. Persepsi Peserta Didik mengenai Teknologi <i>Augmented Reality</i>	98
4.2. Perancangan Sintaks Model PjBAR	100
4.3. Referensi Perancangan Media AR SPT	109
4.4. Revisi Perancangan Media AR SPT	110
4.5. <i>Exploration</i>	113
4.6. <i>Scenario Design</i>	114
4.7. <i>AR-Enhanced Execution</i>	115
4.8. <i>Interactive Demonstration</i>	116
4.9. <i>Evaluation and Reflection</i>	116
4.10. Model <i>Project-Based Augmented Reality</i> (PjBAR)	117
4.11. Perangkat Pendukung Model PjBAR	121

4.12. Sampul Buku Model PjBAR	123
4.13. Sampul Modul Sistem Pemindah Tenaga	127
4.14. Sampul <i>Jobsheet</i> Sistem Pemindah Tenaga	131
4.15. Sampul Buku Panduan Dosen Model PjBAR	133
4.16. Sampul Buku Panduan Mahasiswa Model PjBAR	134
4.17. Sampul Buku Instrumen Model PjBAR	136
4.18. Tampilan Media <i>Smart Powertrain-Based Augmented Reality</i>	138
4.19. Tampilan Hasil Scan Media <i>Smart Powertrain-Based Augmented Reality</i>	140
4.20. Sampul Buku Panduan <i>Smart Powertrain-Based Augmented Reality</i>	143
4.21. <i>Output</i> Validasi Kontruks Buku Model PjBAR (Aspek Sintaks Model)	149
4.22. <i>Output</i> Validasi Kontruks Buku Model PjBAR (Aspek Sistem Sosial)	150
4.23. <i>Output</i> Validasi Kontruks Buku Model PjBAR (Aspek Sistem Pendukung)	151
4.24. <i>Output</i> Validasi Kontruks Buku Model PjBAR (Aspek Prinsip Reaksi)	152
4.25. <i>Output</i> Validasi Kontruks Buku Model PjBAR (Aspek Dampak Instruksional)	153
4.26. <i>Output</i> Validasi Kontruks Buku Model PjBAR (Aspek Dampak Pengiring)	154
4.27. Hasil Uji CFA Sintaks Model PjBAR Menggunakan Pendekatan CB-SEM	156
4.28. Sebaran Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Kelas Kecil	190
4.29. Sebaran Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Kelas Eksperimen dan Kontrol	197

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Rencana Pembelajaran Semester (Kelas Eksperimen)	252
2. Rencana Pembelajaran Semester (Kelas Kontrol)	264
3. Lembar Validasi Buku Instrumen Model PjBAR SPT	266
4. Lembar Validasi Buku Model PjBAR SPT	268
5. Lembar Validasi Konstruks Buku Model PjBAR SPT	271
6. Lembar Validasi Modul PjBAR SPT	274
7. Lembar Validasi Buku Panduan Dosen PjBAR SPT	278
8. Lembar Validasi Buku Panduan Mahasiswa PjBAR SPT	281
9. Lembar Validasi Sintaks Model PjBAR SPT	284
10. Lembar Validasi Materi pada Media AR SPT	288
11. Lembar Validasi Media pada AR SPT	290
12. Lembar Validasi Pedagogi pada Media AR SPT	292
13. Lembar Praktikalitas PjBAR SPT (Respon Dosen)	294
14. Lembar Praktikalitas PjBAR SPT (Respon Mahasiswa)	298
15. Lembar Praktikalitas Media AR (Respon Dosen)	302
16. Lembar Praktikalitas Media AR (Respon Mahasiswa)	304
17. Lembar Validasi Tes Hasil Belajar (Kognitif)	306
18. Lembar Validasi Tes Hasil Belajar (Afektif)	308
19. Lembar Validasi Tes Hasil Belajar (Psikomotor)	310
20. Studi Konfirmasi Sintaksis Model PjBAR	312
21. Studi Pustaka Model Pembelajaran Berbasis Proyek	342
22. Perbandingan Sintaks Pembelajaran Berbasis Proyek	325
23. Surat Izin Melakukan Penelitian	333
24. Dokumentasi Penelitian	334

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pendidikan abad ke-21 menggabungkan keterampilan, sikap, dan pengetahuan untuk meningkatkan kompetensi individu sesuai dengan kemajuan teknologi yang pesat. Pendidikan memegang peran penting dalam menyiapkan generasi penerus bangsa, karena mereka adalah calon pemimpin, pekerja, dan penggerak perekonomian di masa depan. Salah satu bentuk pendidikan formal yang menggabungkan teori dan praktik untuk mempersiapkan lulusannya adalah pendidikan vokasi. Pendidikan vokasi, sebagai bagian dari sistem pendidikan nasional, bertujuan menghasilkan tenaga kerja yang terampil (Maulana & Hamidi, 2020). Pendidikan vokasi menekankan pelatihan keahlian praktis, dengan pembelajaran yang lebih banyak berfokus pada praktik dibandingkan teori. Peserta didik sering turun langsung ke lapangan untuk berlatih sesuai bidang kompetensinya. Di era digital saat ini, lulusan pendidikan vokasi diharapkan mampu menguasai teori dan praktik, serta mampu berinovasi sesuai tuntutan revolusi industri 4.0. (Wardina *et al.*, 2019)

Revolusi industri 4.0 telah membawa persaingan bukan hanya antar tenaga kerja manusia, tetapi juga antara manusia dan teknologi (Ubihatun et al., 2024). Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama dalam bidang *Information, Communication, and Technology* (ICT), menjadi tren di pendidikan vokasi yang terus berkembang. ICT berperan penting dalam menyebarkan pengetahuan melalui pembelajaran dan pelatihan, baik untuk pendidik maupun peserta didik (Arranz-López & Soria-Lara, 2022; Usun, 2009). Berdasarkan kondisi tersebut, lulusan pendidikan vokasi harus memiliki keterampilan, sikap, pengetahuan, dan kompetensi yang sesuai dengan bidangnya, sekaligus mampu beradaptasi dengan perubahan teknologi yang terus berkembang.

Salah satu mata kuliah wajib di Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang (FT-UNP) adalah Sistem Pemindah Tenaga (SPT) atau yang dikenal sebagai *powertrain*. Mata kuliah ini membahas sistem penting pada kendaraan dengan *engine* pembakaran dalam, yang berfungsi untuk memindahkan tenaga dari *engine* ke roda, baik roda depan maupun roda belakang (Chong *et al.*, 1996). Sistem pemindah tenaga menjadi komponen paling penting untuk memastikan tenaga dari *engine* dapat disalurkan secara optimal ke roda. (Covic *et al.*, 2007; Huh *et al.*, 2011)

Mata kuliah ini fokus pada sistem perpindahan tenaga pada kendaraan ringan berdasarkan tipe penggerak, yaitu *Front Wheel Drive* (FWD), *Rear Wheel Drive* (RWD), dan *Four Wheel Drive* (4WD). Sebagai contoh, pada kendaraan dengan sistem penggerak FWD, perpindahan tenaga terjadi melalui beberapa komponen, yakni *engine*, kopling, *transaxle*, *front axle shaft*, hingga roda depan (Hu *et al.*, 2015; Mutoh & Nakano, 2012). Keberhasilan pembelajaran mata kuliah ini sangat bergantung pada model pembelajaran yang diterapkan. Pembelajaran akan lebih optimal jika disesuaikan dengan karakteristik peserta didik, menggunakan metode yang inovatif, dan relevan dengan perkembangan industri otomotif.

Salah satu kendala dalam pembelajaran teknik otomotif adalah metode pembelajaran tradisional yang mengandalkan bahan ajar cetak dan ilustrasi statis (Mehrtash *et al.*, 2019; Poschauko *et al.*, 2024). Peserta didik sering kali mengalami kesulitan untuk memahami bagaimana mekanisme sistem pemindah tenaga bekerja secara nyata, terutama ketika dihadapkan pada situasi kerja aktual. Hal ini berpotensi menghambat pemahaman peserta didik yang pada akhirnya berdampak pada kemampuan mereka dalam mengoperasikan dan memelihara komponen tersebut di dunia kerja. (Chinta *et al.*, 2023)

Peserta didik dihadapkan pada tantangan besar untuk menghubungkan konsep-konsep yang telah mereka pelajari dengan aplikasi praktis yang terjadi di lapangan (Markouzis & Fessakis, 2016). Pembelajaran yang tidak melibatkan simulasi praktis atau alat bantu visual yang mendalam, seperti yang dihadirkan oleh teknologi AR, membuat peserta didik kesulitan untuk

memvisualisasikan dan mengerti bagaimana komponen-komponen sistem pemindah tenaga bekerja dalam kendaraan yang sesungguhnya. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis teori saja kurang efektif dalam mengembangkan keterampilan praktik peserta didik (Ou Yang *et al.*, 2023; Radu & Schneider, 2023). Di sisi lain, teknologi pembelajaran interaktif seperti AR masih belum dimanfaatkan secara optimal dalam pendidikan teknik otomotif. (Cheng *et al.*, 2024)

Masalah lainnya adalah keterbatasan fasilitas dan alat peraga yang dapat diakses oleh peserta didik di banyak institusi pendidikan (Chamorro-Atalaya *et al.*, 2023). Praktikum yang membutuhkan simulasi *real-time* atau penggunaan perangkat fisik yang kompleks sering kali memerlukan biaya yang tinggi serta ruang laboratorium yang memadai (May, 2020; Sandoval Pérez *et al.*, 2024). Hal ini menjadi kendala besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, terutama dalam hal pengajaran mengenai komponen-komponen teknis seperti sistem pemindah tenaga. Sebagai akibatnya, peserta didik lebih banyak mengandalkan teori daripada pengalaman praktis langsung yang dapat memperdalam pemahaman mereka. Pada umumnya, peserta didik teknik otomotif akan mempelajari mekanisme sistem pemindah tenaga melalui kuliah teori dan laboratorium yang mengajarkan konsep dasar, komponen, serta prinsip-prinsip kerjanya. Namun, meskipun telah mempelajari teori di kelas, peserta didik sering kali mengalami kesulitan dalam memahami cara kerja sistem kopling secara menyeluruh, khususnya pada aspek praktis.

Pelaksanaan perkuliahan di Departemen Teknik Otomotif telah menerapkan berbagai model pembelajaran, salah satunya adalah model Pembelajaran berbasis Proyek (PjBL). Model ini dirancang untuk meningkatkan kemampuan kognitif dan psikomotorik peserta didik dengan menempatkan mereka sebagai pusat pembelajaran, sementara pendidik berperan sebagai fasilitator dan motivator (Basjaruddin & Rakhman, 2016; Bron & Barrio, 2019; Chaijum & Hiranyachattada, 2020; Matthews-Denatale *et al.*, 2024; Rupavijetra *et al.*, 2022). PjBL melibatkan peserta didik secara langsung dalam penyelesaian masalah autentik, menjadikannya pendekatan

mendalam untuk proses pembelajaran. (Blumenfeld *et al.*, 1991; Hallermann *et al.*, 2011; Stivers, 2010)

Meski memiliki banyak kelebihan, model ini juga memiliki beberapa kekurangan. Salah satu tantangan utamanya adalah kebutuhan akan waktu dan sumber daya yang signifikan, mulai dari perancangan proyek hingga pelaksanaan dan pengawasan. Persiapan yang intensif seringkali menghabiskan waktu yang lebih lama untuk memastikan proyek sesuai dengan kurikulum dan tujuan pembelajaran (Dincă *et al.*, 2023; Efstratia, 2014; Frank *et al.*, 2003; Sormunen *et al.*, 2020). Disisi lain pemanfaatan teknologi yang kurang merupakan tantangan yang harus diatasi untuk meningkatkan motivasi dalam belajar (Efstratia, 2014). Selain itu, kurangnya pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran dapat mengurangi motivasi peserta didik. Peserta didik juga sering mengalami kesulitan dalam menciptakan visi bersama, memahami arahan proyek, atau menentukan langkah selanjutnya.

Keterbatasan dalam penerapan model ini tidak hanya datang dari peserta didik, tetapi juga dari pendidik. Kurangnya pengetahuan dan pengalaman pendidik dalam menerapkan metode ini sering kali menjadi kendala utama (Efstratia, 2014). Kekurangan dana, keterbatasan teknologi, dan evaluasi yang kurang efektif dalam konteks penggunaan teknologi juga menjadi tantangan yang harus diatasi. Selain itu, pendidik sering merasa terbebani oleh tambahan tanggung jawab, seperti mengelola kolaborasi dan penyelidikan peserta didik, sehingga enggan menggunakan metode ini.

Secara umum, meskipun PjBL dapat meningkatkan kolaborasi kelompok, metode ini kurang efektif dalam mengembangkan kemampuan awal, pemikiran kritis, dan kreativitas peserta didik (Kłeczek *et al.*, 2020; Mills, 2003; Rambocas & Sastry, 2017). Prinsip kerjasama yang diterapkan selama proyek sering kali tidak diiringi dengan peningkatan kepuasan dan hasil pembelajaran secara menyeluruh (Noguera *et al.*, 2018). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengatasi tantangan ini agar model PjBL dapat diterapkan secara optimal.

Berdasarkan data angket observasi di Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, sekitar 27 persen responden,

khususnya peserta didik yang telah mengambil mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga, tidak merasakan dampak partisipasi aktif dalam proses pembelajaran. Hal ini mengindikasikan bahwa model pembelajaran yang digunakan belum sepenuhnya efektif dalam meningkatkan interaksi dan partisipasi aktif peserta didik. Pada semester Juli-Desember 2023, model PjBL telah diterapkan dalam mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga, sebagaimana hasilnya sudah disajikan pada Tabel 1.1. Namun, hasil observasi menunjukkan bahwa meskipun metode ini sudah diterapkan, peningkatan signifikan dalam proses pembelajaran belum tercapai. Salah satu temuan penting adalah minimnya aktivitas yang mampu mendorong pemikiran kritis dan kolaborasi di kalangan peserta didik.

Hal tersebut tentu menjadi perhatian mengingat kegiatan pembelajaran sudah menerapkan model PjBL, akan tetapi tidak terjadi peningkatan yang berarti. Hasil observasi diperoleh bahwa proses pembelajaran yang menggunakan model pembelajaran ini adalah ditemukan sedikit aktivitas yang membentuk pemikiran kritis dan kolaboratif dari peserta didik. Berikut rekapitan hasil belajar peserta didik pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga pada semester Juli-Desember 2023 dan semester Juli-Desember 2022 serta semester Juli-Desember 2021, yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Hasil Belajar Peserta Didik pada Mata Kuliah Sistem Pemindah Tenaga Tiga Tahun Terakhir di Departemen Teknik Otomotif

No.	Kode Sesi	Semester	Jumlah Mahasiswa	Nilai Rerata	Lulus	Gagal
1	202310730145	Juli-Desember 2023	13	66,79	11	2
2	202310730151		13	71,29	12	1
3	202210730139	Juli-Desember 2022	10	56,15	7	3
4	202210730144		11	52,52	8	3
5	202110730149	Juli-Desember 2021	11	67,09	11	0

Sumber: *Database Departemen Teknik Otomotif FT-UNP.*

Berdasarkan penyajian Tabel 1.1, pada semester Juli-Desember 2023, terdapat dua sesi dengan nilai rata-rata masing-masing 66,79 dan 71,29 dengan total 26 peserta didik, 23 lulus, dan 3 gagal. Pada semester Juli-Desember 2022, dua sesi menunjukkan rata-rata nilai 56,15 dan 52,52, dari total 21

peserta didik, 15 lulus, dan 6 gagal. Sementara itu, pada semester Juli-Desember 2021, satu sesi menghasilkan nilai rata-rata 67,09 dengan seluruh 11 peserta didik berhasil lulus. Secara umum, data ini menunjukkan variasi hasil belajar mahasiswa dalam tiga tahun terakhir, dengan nilai rata-rata yang bervariasi setiap sesi. Tingkat kelulusan pada beberapa sesi cukup tinggi, namun masih terdapat sesi dengan nilai rata-rata rendah dan tingkat kegagalan yang signifikan. Hal ini dapat menjadi perhatian untuk evaluasi lebih lanjut dalam rangka meningkatkan kualitas pembelajaran.

Permasalahan lain yang sering ditemukan adalah kurangnya pengembangan keterampilan non-teknis atau *soft skills* yang penting di dunia kerja, seperti keterampilan komunikasi, kerja tim, dan pemecahan masalah (Mihić & Zavrski, 2017). Program pendidikan otomotif umumnya lebih fokus pada pengembangan keterampilan teknis, namun sering mengabaikan aspek *soft skills*, meskipun keterampilan ini sama pentingnya dalam mendukung kesuksesan karir. Salah satu keterampilan *soft skills* yang sangat penting adalah kerja sama tim, dimana individu harus mampu berkolaborasi dalam tim lintas disiplin untuk mencapai tujuan Bersama (Noguera *et al.*, 2018). Namun, banyak peserta didik menghadapi kesulitan dalam bekerja sama secara efektif, yang pada akhirnya dapat memengaruhi kualitas pembelajaran dan hasil kerja kelompok.

Selain itu, terdapat kesenjangan antara kompetensi yang dihasilkan oleh lembaga pendidikan dengan kebutuhan Dunia Usaha dan Dunia Industri (DUDI). Hal ini menyebabkan banyak lulusan pendidikan otomotif kesulitan menyesuaikan keterampilan mereka dengan kebutuhan industri otomotif, sehingga menghadapi kendala saat memasuki dunia kerja (Mihić & Zavrski, 2017). Karakteristik lulusan pendidikan teknik otomotif idealnya mencakup penguasaan keterampilan teknis dan non-teknis yang relevan dengan kebutuhan DUDI. Dari sisi keterampilan teknis, lulusan diharapkan memiliki kompetensi dalam memahami, merancang, memperbaiki, dan mengoperasikan sistem otomotif modern (Hamid *et al.*, 2017). Di sisi lain, keterampilan non-teknis atau *soft skills* juga menjadi karakteristik penting yang harus dimiliki oleh

lulusan pendidikan teknik otomotif (Tafakur & Suyanto, 2015). Mereka diharapkan mampu bekerja secara efektif dalam tim, memiliki kemampuan komunikasi yang baik, berpikir kritis, serta mampu memecahkan masalah yang kompleks (Badriyah *et al.*, 2023). Keseimbangan antara keterampilan teknis dan *soft skills* ini menjadi kunci agar lulusan dapat beradaptasi dengan dinamika industri otomotif yang terus berkembang, sekaligus memenuhi ekspektasi DUDI.

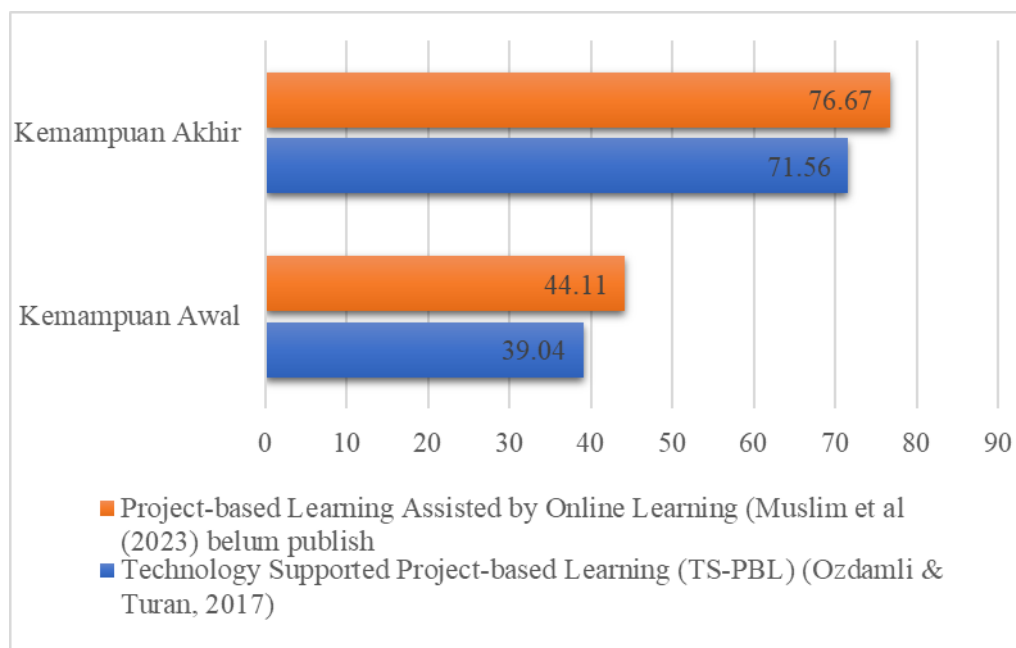
Pendidikan vokasi perlu mengintegrasikan teknologi dengan pengembangan keterampilan kognitif dan praktis guna menjawab kebutuhan dunia kerja yang terus berkembang secara dinamis (Radu *et al.*, 2023; Verhulst *et al.*, 2021). Menurut laporan *World Economic Forum* (2023), keterampilan kognitif tetap menjadi prioritas utama, meskipun 80% perusahaan berkomitmen untuk berinvestasi dalam keterampilan praktis. Sayangnya, pendidikan vokasi masih menghadapi kesenjangan signifikan dalam integrasi teknologi yang efektif (Mehrtash *et al.*, 2019). UNESCO (2024) menekankan bahwa pendidikan vokasi yang relevan dengan kebutuhan pasar tenaga kerja dapat memajukan akses ke pekerjaan layak, kewirausahaan, dan pembelajaran seumur hidup. Selain itu, data dari PISA (2022) menunjukkan bahwa skor rata-rata peserta didik Indonesia dalam membaca, matematika, dan sains berada jauh di bawah rata-rata negara OECD, yang mengindikasikan perlunya pendekatan pembelajaran yang lebih efektif untuk meningkatkan hasil belajar.

Ketidaksesuaian antara keterampilan yang diajarkan di sekolah dan kebutuhan DUDI juga menjadi masalah yang mendesak. Studi oleh McKinsey (2021) mencatat bahwa 43% lulusan sekolah menengah tidak memiliki keterampilan yang relevan dengan kebutuhan pekerjaan abad ke-21, seperti kemampuan kolaborasi, inovasi, dan literasi teknologi. Selain itu, hasil observasi di Departemen Teknik Otomotif menunjukkan bahwa model pembelajaran konvensional cenderung pasif, dengan peserta didik hanya menjadi pendengar tanpa kesempatan untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran.

Agar hal ini dapat diselesaikan, para peneliti terdahulu telah melakukan berbagai solusi untuk memaksimalkan pengaplikasian model pembelajaran ini. Ozdamli & Turan (2017) menggunakan teknologi informasi dalam PjBL pada mata kuliah Pengembangan Aplikasi Seluler, yang berhasil meningkatkan efektivitas kolaborasi tim melalui pembagian informasi secara tepat waktu. Sharma *et al* (2020) menemukan bahwa PjBL yang terintegrasi teknologi dapat membantu peserta didik menerapkan pengetahuan praktis, sementara Salma *et al* (2021) menunjukkan bahwa *Project-based Blended Learning* (PjBL-BL) mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik melalui pendekatan teknologi yang lebih adaptif.

Penelitian lain menyoroti potensi teknologi AR dalam pembelajaran. Majid *et al.*, (2015) membuktikan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran mikroprosesor meningkatkan pemahaman dan keterlibatan peserta didik, meskipun masih terbatas pada representasi visual sederhana. Nuraini (2023) dan Puspita (2023) mengintegrasikan AR ke dalam PjBL dan menunjukkan bahwa pendekatan ini valid, praktis, serta meningkatkan keterampilan kreatif dan kepraktisan pembelajaran. Sementara itu, Hamdani & Sumbawati (2019), Nurhayati *et al.*, (2022), dan Hamzah *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa media berbasis AR tidak hanya meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep, tetapi juga menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan efektif.

Berdasarkan solusi tersebut, peneliti melakukan uji coba terbatas pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga dengan mengimplementasikan model PjBL. Hasil yang didapatkan adalah terlihat perbandingan hasil belajar sebelum dan setelah mengaplikasikan model PjBL yang disandingkan dengan beberapa hasil penelitian lain. Hasil perbandingan yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Hasil Perbandingan dan Uji Coba Model Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL)

Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan, dapat diinformasikan beberapa hal yang perlu ditingkatkan. Peningkatan terletak pada persiapan pengetahuan awal dan motivasi belajar untuk meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik dalam belajar. Penggunaan teknologi dalam belajar akan membantu motivasi peserta didik dalam proses pembelajaran. Mukarromah & Wijayanti (2021) mengatakan bahwa model pembelajaran yang didominasi dengan kegiatan aktivitas tatap muka dengan kurangnya menggunakan teknologi informasi akan memberikan beberapa kekurangan. Salah satu kekurangannya adalah sumber belajar yang terbatas, pembelajaran akan kurang menyenangkan dan juga akan mengalami keterbatasan waktu dalam proses pembelajaran. (Ferdian & Suyuthie, 2022; Mukarromah & Wijayanti, 2021)

Meskipun penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa AR efektif dalam meningkatkan pemahaman dan motivasi belajar, hingga saat ini belum banyak instrumen evaluasi yang secara spesifik dirancang untuk menilai efektivitas PjBL berbantuan AR dalam pembelajaran Sistem Pemindah Tenaga. Selain itu, aspek kolaboratif dalam PjBL berbantuan AR masih menjadi area penelitian yang belum banyak dikaji, khususnya dalam hal bagaimana AR

dapat mendukung komunikasi dan koordinasi tim dalam menyelesaikan proyek teknik otomotif. Lebih lanjut, belum ada kajian yang mendalam mengenai bagaimana AR dapat digunakan untuk meningkatkan efikasi diri peserta didik dalam memahami dan mengerjakan proyek berbasis Sistem Pemindah Tenaga. Dari sisi teknis, integrasi AR dalam simulasi dan pemodelan interaktif untuk mata kuliah ini juga masih belum mendapatkan perhatian yang memadai.

AR belum dimanfaatkan secara maksimal untuk manipulasi langsung objek pembelajaran dalam eksplorasi mendalam, dan pengembangan perangkat pembelajaran pendukung seperti modul atau *jobsheet* belum dilakukan secara sistematis untuk mata kuliah tertentu. Berbeda dengan penelitian terdahulu, penelitian ini berusaha menjawab keterbatasan tersebut dengan mengembangkan model PjBL berbantuan AR untuk pembelajaran Sistem Pemindah Tenaga. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi gap tersebut dengan mengembangkan model pembelajaran PjBL berbantuan AR yang tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga memperkuat evaluasi pembelajaran, kerja sama tim, serta pengalaman belajar berbasis simulasi interaktif. Penelitian ini juga mengembangkan perangkat pembelajaran pendukung, seperti modul, *jobsheet*, dan panduan pembelajaran, untuk memastikan proses pembelajaran lebih terarah dan eksploratif. Sintaks pembelajaran baru dirancang untuk mendukung kolaborasi, eksplorasi, dan pemecahan masalah secara sistematis.

Teknologi AR memiliki keunggulan dalam menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan kontekstual, yang dapat meningkatkan motivasi, pemahaman, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Badriyah *et al.*, 2023). Dalam PjBL berbantuan AR, peserta didik dapat mengeksplorasi konsep secara mendalam melalui visualisasi dan interaksi langsung dengan objek virtual (Baabdullah *et al.*, 2022). Selain itu, AR juga mendorong keterampilan berpikir kritis, analitis, dan kolaboratif (Balcita & Palaoag, 2020). Analisis kebutuhan menunjukkan bahwa lebih dari 60% responden setuju dengan integrasi AR dalam pembelajaran. Dengan memadukan pendekatan PjBL dan AR, peserta

didik tidak hanya dilatih untuk menguasai keterampilan abad ke-21, tetapi juga terlibat secara aktif dalam pengalaman belajar yang menarik dan relevan.

Penerapan teknologi AR dalam pembelajaran diharapkan dapat meningkatkan efektivitas proses pembelajaran dan memberikan dampak signifikan pada pengembangan keterampilan peserta didik, baik secara kognitif, afektif, maupun psikomotorik. Pengembangan model PjBL berbantuan AR ini menjadi langkah inovatif untuk menjawab kebutuhan pendidikan vokasi di era Revolusi Industri 4.0, sekaligus mempersiapkan generasi muda menghadapi tantangan masa depan. Hal ini juga menjadi upaya untuk memastikan keterampilan peserta didik relevan dengan perkembangan industri otomotif yang semakin kompleks dan berbasis teknologi.

B. Identifikasi Masalah

1. Model PjBL yang diterapkan sebelumnya masih belum optimal dalam meningkatkan hasil belajar terutama pada peningkatan kemampuan awal, motivasi dan peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik.
2. Kemampuan peserta didik dalam mengambil keputusan terhadap masalah yang ditemukan masih tergolong rendah dikarenakan kurang adanya pengalaman praktis dalam menghadapi situasi nyata.
3. Fokus yang berlebihan pada keterampilan teknis menyebabkan pengabaian pada pengembangan keterampilan *soft skills* seperti komunikasi, kerja tim, dan pemecahan masalah, yang sangat penting dalam dunia kerja.
4. Implementasi model PjBL di Departemen Teknik Otomotif sebelumnya menghadapi kendala waktu, sumber daya, dan kurangnya pemanfaatan teknologi yang mengakibatkan kurangnya motivasi dan pengalaman belajar yang interaktif.

C. Batasan Masalah

1. Analisis kebutuhan dan permasalahan pembelajaran mata kuliah Sistem Pindah Tenaga di Departemen Teknik Otomotif FT-UNP.

2. Uji coba terbatas dilakukan pada satu mata kuliah saja yaitu Sistem Pemindah Tenaga di Departemen Teknik Otomotif FT-UNP.
3. Penelitian dibatasi pada pengembangan model PjBL berbantuan AR pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga di Departemen Teknik Otomotif FT-UNP pada kategori valid, praktis dan efektif untuk digunakan.
4. Menyediakan produk pendukung seperti buku model, buku modul dan *jobsheet*, buku panduan dosen dan mahasiswa, buku instrumen penelitian dan termasuk perangkat pembelajaran seperti Rencana Pembelajaran Semester (RPS), serta media AR dan panduan penggunaan media AR.

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengembangan model PjBL berbantuan AR pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik?
2. Bagaimana validitas, praktikalitas dan efektivitas model PjBL berbantuan AR yang dikembangkan pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga?
3. Apa saja karakteristik model PjBL berbantuan AR yang dikembangkan pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga?

E. Tujuan Penelitian

1. Menghasilkan model PjBL berbantuan AR pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik.
2. Menguji validitas, praktikalitas dan efektivitas pada model PjBL berbantuan AR yang dikembangkan pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga.
3. Menemukan karakteristik PjBL berbantuan AR yang dikembangkan pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini nanti diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis maupun praktis bagi peserta didik, pendidik, Departemen dan penelitian lanjutan.

1. Untuk Peserta Didik

- a. Pembelajaran dapat terkemas secara inovatif, menarik dan memotivasi dalam proses belajar.
- b. Peserta didik dapat lebih optimal dalam kegiatan belajar terutama dapat meningkatkan kemampuan menganalisis.

2. Untuk Pendidik

- a. Model yang dikembangkan dapat membantu pendidik dalam proses belajar khususnya pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga.
- b. Dapat membantu pendidik dalam menyampaikan materi kepada peserta didik dengan metode dan strategi belajar yang lebih inovatif berbantuan teknologi.

3. Untuk Departemen

- a. Dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penggunaan model pembelajaran yang inovatif dan mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik.
- b. Dapat dijadikan referensi dalam pembelajaran kedepannya.

4. Untuk penelitian selanjutnya

- a. Sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan penelitian lebih lanjut khususnya PjBL berbantuan AR pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga.
- b. Sebagai referensi dalam mengaplikasikan PjBL berbantuan AR untuk penelitian lebih lanjut.

G. Spesifikasi Produk yang Diharapkan

Adapun hasil penelitian dan pengembangan ini nantinya adalah sebuah model PjBL yang berbantuan AR pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga di Departemen Teknik Otomotif. Produk yang diharapkan nantinya adalah

terciptanya sebuah model pembelajaran yang disebut dengan model *Project-based Augmented Reality* (PjBAR). Pengembangan model pembelajaran ini adalah dengan menggabungkan model PjBL dari Kemendikbud (2014) dan Nuntasukon & Yuthong (2014) serta penggunaan teknologi AR. Harapannya pengembangan model pembelajaran ini dapat meningkatkan hasil belajar dan kualitas pembelajaran yang lebih baik dan lebih optimal.

1. Sintaks

Model *Project-Based Augmented Reality* (PjBAR) dalam mata kuliah istem pemindah tenaga merupakan model pembelajaran yang akan dikembangkan dengan menggabungkan dan penyederhanaan sintaks model PjBL dari Kemendikbud (2014) dan Nuntasukon & Yuthong (2014) serta penggunaan teknologi AR. Oleh karena itu, sintaks hasil pengembangan model PjBAR tersebut adalah penggabungan dan penyederhanaan dari ketiga komponen tersebut. Langkah-langkah pembelajaran yang dikembangkan dan diimplementasikan bertujuan untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik yang didorong dengan mengembangkan kompetensi melalui kegiatan pembelajaran dengan menggali pengetahuan dan keterampilan yang baru secara mandiri maupun kelompok serta dapat membangunnya secara aktif dan keseluruhan.

2. Prinsip Reaksi

Prinsip reaksi adalah cara pandang dan respons pendidik terhadap peserta didik selama proses pembelajaran. Prinsip reaksi dari model ini terlihat dari fase peserta didik menyelesaikan masalah hingga melakukan evaluasi berdasarkan produk nyata. Pendidik berperan sebagai pembimbing atau fasilitator dan harus memperhatikan semua peserta didik di kelas agar dapat memberikan bimbingan ketika dibutuhkan dan proses pembelajaran dapat berjalan dengan lancar.

3. Sistem Sosial

Sistem sosial menjelaskan peran, hubungan, dan aturan antara pendidik dan peserta didik. Dalam sistem sosial yang diharapkan, terdapat kerjasama antara peserta didik, saling membantu, bimbingan pendidik, dan interaksi antar sesama peserta didik dan antara pendidik dengan peserta didik karena mereka berada dalam kelompok yang beragam. Terjadinya interaksi ketika peserta didik saling bertukar pendapat dalam memecahkan masalah.

4. Sistem Pendukung

Sistem pendukung adalah elemen-elemen yang membantu mencapai tujuan pembelajaran dengan menerapkan model pembelajaran tertentu. Pembelajaran pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga menggunakan model PjBAR diperlukan sejumlah perangkat pembelajaran yang mendukung pelaksanaan pembelajaran. Beberapa perangkat pembelajaran yang diperlukan untuk mengelola proses belajar mengajar mencakup buku model, buku modul pembelajaran (termasuk rencana pembelajaran semester), buku panduan dosen dan mahasiswa, buku instrumen penelitian, media AR dan panduan penggunaan media AR tersebut.

5. Dampak Instruksional dan Pengiring

Pengembangan model PjBAR nantinya akan menghasilkan sintaks tersendiri sehingga akan memberikan dampak instruksional dan dampak pengiring yang signifikan. Adapun dampak instruksional yang diharapkan adalah meningkatnya keterlibatan peserta didik dan terciptanya kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam proses pembelajaran. Melalui langkah-langkah yang lebih terstruktur, peserta didik akan lebih aktif dalam belajar, mampu berinteraksi dengan teknologi AR dalam proses pembelajaran. Sedangkan dampak pengiring dari pengembangan model ini adalah diharapkan terciptanya lingkungan belajar yang lebih kooperatif dan inklusif dalam belajar. Adanya interaksi yang ditemukan kearah yang lebih positif

sesama peserta didik dan adanya dukungan antar sesama peserta didik yang lebih baik.

H. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

Adapun asumsi yang didapat dalam penelitian ini adalah peserta didik mempunyai kemampuan dalam mengakses dan mengaplikasikan teknologi AR yang diperlukan dalam proses pembelajaran. Peserta didik mampu bekerja secara mandiri dan *teamwork* dengan rekan sejawat dalam menyelesaikan permasalahan yang telah diberikan. Selain itu dosen sebagai pendidik mempunyai kemampuan dan keterampilan dalam mengaplikasikan teknologi AR dan pengetahuan yang cukup dalam membimbing peserta didik dan mampu memberikan umpan balik yang relevan kepada peserta didik dan sesuai dengan perkembangan teknologi yang ada.

Namun, dalam pengembangan model pembelajaran ini tentu ada keterbatasan yang menjadi perhatian. Pertama, keterbatasan dalam mengakses teknologi dan konektivitas internet tentu mempengaruhi partisipasi dan interaksi peserta didik dalam mengaplikasikan teknologi AR pada proses pembelajaran. Kedua, keterbatasan kemampuan peserta didik dalam mengelola diri sendiri dan bekerja secara mandiri mungkin memerlukan dukungan tambahan dalam melaksanakan langkah-langkah pembelajaran. Ketiga, keterbatasan waktu dan sumber daya dapat menjadi kendala dalam melakukan presentasi solusi dan interaksi dengan pendidik secara efektif.

Keempat, perlu diakui bahwa pengembangan model ini juga memerlukan upaya dan komitmen dari pendidik dalam mengadopsi dan mengimplementasikan PjBL secara efektif. Terakhir, uji coba model di lapangan juga masih sangat terbatas jumlah sampel/responden dan juga terbatasnya lembaga pendidikan yang digunakan. Walaupun uji coba dilakukan terbatas pada satu tempat lembaga yaitu di Departemen Teknik Otomotif, namun diasumsikan model yang dikembangkan ini yaitu Model PjBAR teknik

otomotif pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga dapat diterapkan lebih luas lagi.

I. Definisi Operasional

1. Model Pembelajaran berbasis Proyek (PjBL)

Model PjBL merupakan suatu model pembelajaran yang memungkinkan peserta didik belajar dapat menyelesaikan masalah melalui proyek nyata. Model ini lebih menekankan pada pembelajaran aktif, kolaboratif yang berorientasi pada hasil dimana peserta didik akan terlibat lebih aktif dalam penyelesaian proyek yang menuntut pemecahan masalah, penerapan konsep dan pengembangan keterampilan.

2. *Augmented Reality* (AR)

AR merupakan sebuah teknologi yang memadukan konsep dunia nyata dengan elemen-elemen virtual seperti gambar, suara, ataupun teks dalam menciptakan pengalaman interaktif yang menjadi satu. Teknologi ini akan memungkinkan pengguna dapat melihat atau mampu berinteraksi dengan elemen-elemen virtual yang ditampilkan di atas dunia nyata. Teknologi ini biasanya dapat diakses melalui perangkat elektronik seperti komputer, *smartphone* ataupun kacamata pintar.

3. Model Pembelajaran

Model pembelajaran adalah suatu kerangka atau pola yang digunakan oleh pendidik untuk merencanakan pembelajaran di dalam kelas. Terkait dengan hal tersebut, terdapat lima komponen yang berfungsi sebagai elemen penyusun model pembelajaran, yaitu sintaks, sistem sosial, prinsip-prinsip reaksi, sistem pendukung, dan dampak instruksional serta dampak pengiring. Model pembelajaran menggambarkan kesamaan antara berbagai elemen yang serupa, dan dapat menggambarkan proses pembelajaran. Sebuah model akan mewakili suatu konsep atau ide tertentu. Model

pembelajaran dapat diklasifikasikan berdasarkan tujuan pembelajaran, urutan pola (sintaksis), dan karakteristik lingkungan belajar.

4. Validitas

Validitas merujuk pada proses dan kegiatan yang digunakan untuk mengevaluasi apakah rancangan produk, seperti model PjBL yang baru, secara rasional dianggap lebih efektif daripada yang sebelumnya. Validitas ini bersifat penilaian yang didasarkan pada pertimbangan rasional, belum didukung oleh fakta lapangan. Untuk menilai validitas produk, dapat melibatkan beberapa pakar atau tenaga ahli berpengalaman yang akan mengevaluasi rancangan produk baru tersebut.

5. Praktikalitas

Praktikalitas mengacu pada sifat yang praktis, yang berarti mudah dan menyenangkan untuk digunakan. Praktikalitas menggambarkan tingkat kemudahan dan kepraktisan produk yang dikembangkan, serta sejauh mana produk tersebut dapat membantu pendidik dan peserta didik. Adanya praktikalitas yang tinggi, proses kegiatan pembelajaran dapat mendorong pengembangan kreativitas peserta didik secara efektif.

6. Efektifitas

Efektivitas merujuk pada pencapaian tujuan secara tepat atau pemilihan tujuan yang tepat dari berbagai alternatif atau cara yang tersedia, serta menentukan pilihan terbaik diantara beberapa opsi yang ada. Efektivitas juga dapat diartikan sebagai pengukuran keberhasilan dalam mencapai tujuan-tujuan yang telah ditetapkan. Sebagai contoh, efektivitas digunakan untuk mengevaluasi apakah suatu model yang dirancang mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik dengan baik atau tidak.

BAB V

KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan mengenai pengembangan model PjBL berbantuan AR pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga, dapat ditarik kesimpulan seperti berikut ini:

1. Penelitian ini telah berhasil mengembangkan model PjBL berbantuan *augmented reality* dengan nama model *Project-Based Augmented Reality* (PjBAR) pada mata kuliah Sistem Pemindah Tenaga. Model ini mempunyai 5 sintaks yaitu, *exploration*, *scenario design*, *AR-enhanced execution*, dan *interactive demonstration* serta *evaluation and reflection*. Adapun perangkat pendukung dari model PjBAR ini berupa buku model, buku modul, *jobsheet*, buku panduan dosen, buku panduan mahasiswa, buku instrumen penelitian, media *Smart Powertrain-based Augmented Reality* serta buku panduan penggunaan media AR.
2. Model PjBAR terbukti valid, praktis dan efektif untuk digunakan. Model ini menunjukkan konsistensi internal dan validitas konstruk yang baik. Perangkat pendukung penelitian yang dikembangkan dalam kategori valid. Model PjBAR dan media AR yang dikembangkan dalam kategori sangat praktis. Nilai Cohen's d sebesar 2,59 menunjukkan efek yang berada dalam kategori *large*, mengindikasikan bahwa model PjBAR memberikan pengaruh yang lebih signifikan terhadap peningkatan hasil belajar dibandingkan metode konvensional.
3. Model PjBAR sangat cocok untuk peserta didik yang memiliki ketertarikan pada pembelajaran berbasis praktik dan teknologi modern. Peserta didik dengan gaya belajar visual dan kinestetik akan sangat terbantu, karena teknologi AR memberikan pengalaman interaktif yang mempermudah pemahaman konsep kompleks. Model ini juga ideal bagi peserta didik yang

berpikir kritis, kreatif, dan suka memecahkan masalah, serta mereka yang mandiri, proaktif, dan nyaman bekerja dalam tim.

B. Implikasi

1. Peningkatan Kualitas Pembelajaran pada Pendidikan Vokasi

Penggunaan AR sebagai media pada model PjBAR yang dikembangkan memperkaya pengalaman belajar peserta didik. AR mampu memvisualisasikan sistem pemindah tenaga dengan cara yang lebih interaktif, yang dapat meningkatkan pemahaman terhadap materi yang mendalam. Implikasi ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran vokasi, khususnya dalam sistem pemindah tenaga, dapat meningkatkan kualitas pembelajaran secara signifikan.

2. Pengembangan Kompetensi Teknis dan *Soft Skills*

Model PjBAR memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengaplikasikan keterampilan teknis dalam proyek nyata. Implikasi ini berkaitan dengan peningkatan kompetensi teknis dan *soft skills* seperti pemecahan masalah, kerja sama tim, dan berpikir kritis yang sangat dibutuhkan di dunia kerja.

3. Transformasi Model Pembelajaran dalam Bidang Teknik Otomotif

Penelitian ini membuka jalan bagi transformasi metode pengajaran dalam bidang teknik otomotif. Pendidik dapat menggunakan AR sebagai alat bantu untuk menjelaskan mekanisme dari sistem pemindah tenaga, mengubah pendekatan pembelajaran yang sebelumnya bersifat tradisional menjadi lebih dinamis dan menarik.

4. Potensi Peningkatan Motivasi dan Keterlibatan Peserta Didik

Penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik. Peserta didik yang lebih aktif dan terlibat dalam proses pembelajaran cenderung menunjukkan hasil yang lebih

baik. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan media AR memiliki potensi besar untuk meningkatkan hasil belajar dengan menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih menarik dan interaktif.

5. Aplikasi Teknologi AR dalam Pembelajaran di Masa Depan

Hasil penelitian ini memberikan bukti bahwa teknologi AR dapat diadaptasi lebih luas dalam pembelajaran di berbagai mata kuliah teknik dan pendidikan vokasi lainnya. Penerapan AR dapat dikembangkan lebih lanjut untuk memfasilitasi pembelajaran praktis, terutama di bidang-bidang yang memerlukan visualisasi yang lebih mendalam seperti otomotif, mekanika, dan teknik lainnya.

C. Saran

1. Peningkatan Akses Teknologi Peserta Didik

Sebaiknya dilakukan peningkatan akses terhadap perangkat teknologi yang mendukung AR bagi seluruh peserta didik. Institusi pendidikan dapat menyediakan fasilitas pinjaman perangkat atau laboratorium khusus untuk penggunaan teknologi AR, sehingga seluruh peserta didik memiliki kesempatan yang sama dalam mengakses media pembelajaran yang berbasis AR.

2. Peningkatan Pelatihan Teknologi untuk Pendidik dan Peserta Didik

Pendidik dan peserta didik memerlukan pelatihan khusus mengenai penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran. Peningkatan pelatihan ini akan membantu mereka memanfaatkan teknologi secara optimal, sehingga pembelajaran dapat berjalan dengan lebih efektif. Pelatihan dapat mencakup cara mengoperasikan perangkat AR, mengintegrasikan AR dalam pembelajaran, serta cara mengatasi kendala teknis yang mungkin terjadi.

3. Pengembangan Konten AR yang Lebih Mendalam

Disarankan untuk mengembangkan konten AR yang lebih mendetail dan mencakup lebih banyak komponen dari sistem pemindah tenaga. Pengembangan ini bisa melibatkan kolaborasi dengan industri otomotif atau institusi lain yang memiliki keahlian dalam desain dan pengembangan media AR, sehingga konten yang disajikan lebih realistis dan interaktif.

4. Evaluasi dan Penilaian yang Lebih Mendalam

Perlu dilakukan evaluasi yang lebih mendalam lagi terhadap dampak penggunaan model PjBL berbantuan AR ini terhadap ketercapaian kompetensi peserta didik. Instrumen penilaian perlu dikembangkan untuk mengukur tidak hanya aspek kognitif, tetapi juga keterampilan praktis, *soft skills*, serta pengalaman interaktif yang diperoleh melalui penggunaan AR.

5. Kerjasama dengan Industri dan Teknisi Profesional

Untuk pengembangan lebih lanjut, kerjasama dengan industri otomotif dan teknisi profesional dapat membantu memperkaya konten yang disajikan dalam model pembelajaran berbasis AR. Kolaborasi ini juga dapat memberikan wawasan praktis kepada peserta didik tentang bagaimana teknologi AR digunakan di dunia kerja nyata, sehingga mereka dapat lebih siap menghadapi tantangan industri otomotif modern.

6. Penelitian Lanjut

Penelitian selanjutnya dapat berfokus pada efektivitas jangka panjang model PjBAR terhadap kompetensi peserta didik, khususnya kemampuan teknis dan *soft skills*. Selain itu, penelitian bisa mengkaji adaptasi PjBAR di bidang studi lain atau integrasi teknologi lain seperti *Virtual Reality* (VR) dan kecerdasan buatan (AI). Pengembangan *platform* atau aplikasi khusus untuk mendukung PjBAR juga dapat menjadi arah penelitian, bersama dengan upaya personalisasi pembelajaran sesuai kebutuhan peserta didik. Studi perbandingan dengan model pembelajaran lain serta analisis pengaruh

PjBAR terhadap motivasi dan minat belajar mahasiswa juga penting untuk dilakukan, guna memperkuat penerapan PjBAR di pendidikan vokasi pada era Revolusi Industri 4.0.

DAFTAR RUJUKAN

- Aiken, L. R. 1985. Three Coefficients for Analyzing the Reliability and Validity of Ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45 (1), 131-142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>.
- Akçayır, G., & Akçayır, M. 2018. The Flipped Classroom: A Review of its Advantages and Challenges. *Computers & Education*, 126, 334-345. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021>.
- Akinpelu, J. A. 1981. *An Introduction to Philosophy of Education*. Macmillan.
- Alyoussef, I. Y. 2022. Acceptance of a Flipped Classroom to Improve University Students' Learning: An Empirical Study on the TAM Model and the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT). *Heliyon*, 8 (12), e12529. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12529>.
- Amamou, S., & Cheniti-Belcadhi, L. 2018. Tutoring In Project-Based Learning. *Procedia Computer Science*, 126, 176-185. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.221>.
- Amral, A., & Asmar, A. 2020. *Hakikat Belajar dan Pembelajaran*. Guepedia.
- Apedoe, X. S., Walker, S. E., & Reeves, T. C. 2006. Integrating Inquiry-based Learning into Undergraduate Geology. *Journal of Geoscience Education*, 54 (3), 414-421. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-54.3.414>.
- Arends, R. I. 2001. *Exploring Teaching: An Introduction to Education*. Mc Graw-Hill Companies.
- Arikunto, S. 2017. *Pengembangan Instrumen Penelitian dan Penilaian Program* (Cetakan I). Pustaka Pelajar.
- Arranz-López, A., & Soria-Lara, J. A. 2022. ICT Use and Spatial Fragmentation of Activity Participation in post-COVID-19 Urban Societies. *Land Use Policy*, 120, 106302. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106302>.
- Ary, D., Jacobs, L. C., Razavieh, A., & Sorensen, C. K. 2009. *Introduction to Research in Education* (8th ed.). Cengage Learning.
- Aslam, L. K., Suparji, S., & Rijanto, T. 2021. The Effect of Problem Based Learning Model on Learning Outcomes in the Vocational High School Students. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 3 (4), Article 4. <https://doi.org/10.29103/ijevs.v3i4.3958>.

- Azuma, R. T. 1997. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
- Baabdullah, A. M., Alsulaimani, A. A., Allamnakhrah, A., Alalwan, A. A., Dwivedi, Y. K., & Rana, N. P. 2022. Usage of Augmented Reality (AR) and Development of E-Learning Outcomes: An Empirical Evaluation of Students' E-Learning Experience. *Computers & Education*, 177, 104383. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104383>.
- Badriyah, N. L., Yusuf, M., & Efendi, A. 2023. Augmented Reality as a Media for Distance Learning in the Digital Era: Contribution in Improving Critical Thinking Skills. *International Journal of Information and Education Technology*, 13 (11), 1769-1775. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.11.1988>.
- Balcita, R. E., & Palaoag, T. D. 2020. Augmented Reality Model Framework for Maritime Education to Alleviate the Factors Affecting Learning Experience. *International Journal of Information and Education Technology*, 10 (8), 603-607. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2020.10.8.1431>.
- Banks, L., & Kay, R. 2022. Exploring Flipped Classrooms in Undergraduate Nursing and Health Science: A Systematic Review. *Nurse Education in Practice*, 64, 103417. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2022.103417>.
- Barnadib, I. 2002. *Filsafat Pendidikan*. Adi Cita.
- Basjaruddin, N. C., & Rakhman, E. 2016. Implementation of Project Based Learning in Mechatronic Lab Course at Bandung State Polytechnic. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 5 (4), Article 4. <https://doi.org/10.11591/ijere.v5i4.5955>.
- Bayram, Z., Oskay, Ö. Ö., Erdem, E., Özgür, S. D., & Şen, Ş. 2013. Effect of Inquiry Based Learning Method on Students' Motivation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 106, 988-996. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.112>.
- Bédard, D. 2019. PBL in Medical Education. In *The Wiley Handbook of Problem-Based Learning* (pp. 459-482). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119173243.ch20>.
- Beneroso, D., & Robinson, J. 2022. Online Project-Based Learning in Engineering Design: Supporting the Acquisition of Design Skills. *Education for Chemical Engineers*, 38, 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.09.002>.

- Biesta, G. 2015. Educational Philosophy. In J. D. Wright (Ed.). *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (Second Edition) (pp. 255–260). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.92117-2>.
- Bishop, J., & Verleger, M. A. 2013. *The Flipped Classroom: A Survey of the Research*. 23.1200.1-23.1200.18. <https://peer.asee.org/the-flipped-classroom-a-survey-of-the-research>.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. 1991. Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26 (3-4), 369-398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>.
- Bonk, C. J., & Graham, C. R. 2006. *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. Wiley.
- Boss, S., & Krauss, J. 2014. Reinventing Project Based Learning: Your Field Guide to Real-World Projects in the Digital Age (Second Edition). *International Society for Technology in Education*.
- Branch, R. M. 2009. *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer Science & Business Media.
- Bron, M., & Barrio, M. G. 2019. Project-Based Learning for Teaching Transmedia Communication. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, 7 (1), Article 1. <https://doi.org/10.5278/ojs.jpblhe.v7i1.2405>.
- Bruner, J. S. 1966. *Toward a Theory of Instruction*. Harvard University Press.
- Bryan, A., Volchenkova, K. N., & South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation. 2016. Blended Learning: Definition, Models, Implications for Higher Education. *Bulletin of the South Ural State University Series "Education. Education Sciences"*, 8 (2), 24-30. <https://doi.org/10.14529/ped160204>.
- Budiawan, M., & Arsani, N. L. K. A. 2013. Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw dan Motivasi Belajar terhadap Prestasi Belajar Ilmu Fisiologi Olahraga. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2 (1), Article 1.
- Ceh-Varela, E., Canto-Bonilla, C., & Duni, D. 2023. Application of Project-Based Learning to a Software Engineering Course in a Hybrid Class Environment. *Information and Software Technology*, 158, 107189. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2023.107189>.

- Chaijum, N., & Hiranyachattada, T. 2020. Integrated Learning and Project-Based Learning for Project of Electrical Measurement and Instrumentations in Electrical Engineering Course. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 8 (1), 6-11. <https://doi.org/10.30935/scimath/9543>.
- Chamorro-Atalaya, O., Durán-Herrera, V., Suarez-Bazalar, R., Nieves-Barreto, C., Tarazona-Padilla, J., Rojas-Carbajal, M., Cruz-Telada, Y., Caller-Luna, J., Alarcón-Anco, R., & Arévalo-Tuesta, J. A. 2023. Inclusion of Metaverses in the Development of the Flipped Classroom in the University environment: Bibliometric Analysis of Indexed Scientific Production in SCOPUS. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22 (10), Article 10. <https://www.ijlter.org/index.php/ijlter/article/view/8851>.
- Chang, H.-Y., Binali, T., Liang, J.-C., Chiou, G.-L., Cheng, K.-H., Lee, S. W.-Y., & Tsai, C.-C. 2022. Ten Years of Augmented Reality in Education: A Meta-Analysis of (Quasi-) Experimental Studies to Investigate the Impact. *Computers & Education*, 191, 104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>.
- Chang, S.-C., & Hwang, G.-J. 2018. Impacts of an Augmented Reality-Based Flipped Learning Guiding Approach on Students' Scientific Project Performance and Perceptions. *Computers & Education*, 125, 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.007>.
- Cheng, C., You, F., Hansen, P., & Wang, J. 2024. *Chapter 12-Design Methodologies for human-Artificial Systems: An Automotive Augmented Reality Headup Display Design Case Study*. In F. Jia, H. Chen, & Q. Fu (Eds.), *Human-Machine Interface for Intelligent Vehicles* (pp. 149-154). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23606-8.00013-0>.
- Chinta, V. S., Kethi Reddi, S., & Yarramsetty, N. 2023. Optimal Feature Selection on Serial Cascaded Deep Learning for Predictive Maintenance System in Automotive Industry with Fused Optimization Algorithm. *Advanced Engineering Informatics*, 57, 102105. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102105>.
- Chong, U.-S., Namgoong, E., & Sul, S.-K. 1996. Torque Steering Control of 4-Wheel Drive Electric Vehicle. *Power Electronics in Transportation*, 159-164. <https://doi.org/10.1109/PET.1996.565924>.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for The Behavioral Sciences* (Second Edition). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. 2018. *Research Methods in Education* (8th ed.). Routledge.

- Covic, G. A., Boys, J. T., Kissin, M. L. G., & Lu, H. G. 2007. A Three-Phase Inductive Power Transfer System for Roadway-Powered Vehicles. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 54 (6), 3370-3378. IEEE Transactions on Industrial Electronics. <https://doi.org/10.1109/TIE.2007.904025>.
- Craig, A. B. 2013a. *Chapter 1-What Is Augmented Reality?* In A. B. Craig (Ed.), *Understanding Augmented Reality* (pp. 1-37). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-240-82408-6.00001-1>.
- _____. 2013b. *Chapter 2 Augmented Reality Concepts*. In A. B. Craig (Ed.), *Understanding Augmented Reality* (pp. 39-67). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-240-82408-6.00002-3>.
- Dewey, J. 2009. *Democracy and Education*. GRIN Verlag.
- Dick, W., & Carey, J. O. 2015. *The Systematic Design of Instruction* (8th Edition, p. 22). University of South Florida.
- Dincă, M., Luștrea, A., Crașovan, M., Onițiu, A., & Berge, T. 2023. Students' Perspectives on Team Dynamics in Project-Based Virtual Learning. *Sage Open*, 13 (1), 21582440221147269. <https://doi.org/10.1177/21582440221147269>.
- Dorier, J.-L., & García, F. J. 2013. Challenges and Opportunities for the Implementation of Inquiry-Based Learning in Day-To-Day Teaching. *ZDM*, 45 (6), 837-849. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0512-8>.
- Dutta, K. 2022. *10-Pandemic-Proof Teaching: Blended Learning Infrastructure to Support a Pivot to Hybrid/Online Pedagogy*. In U. G. Singh, C. S. Nair, C. Blewett, & T. Shea (Eds.), *Academic Voices* (pp. 129-145). Chandos Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91185-6.00001-X>.
- Ebenfield, M. N., Clarke, L. W., Doshi, A., Gorrivan, K., LaBonte, G., Leclerc, C., Mandel, J., & Stevenson, G. 2022. *14-Application of Trauma-Informed Teaching and Learning Principles in a Blended Learning Environment*. In U. G. Singh, C. S. Nair, C. Blewett, & T. Shea (Eds.), *Academic Voices* (pp. 185-196). Chandos Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91185-6.00038-0>.
- Efstratia, D. 2014. Experiential Education through Project Based Learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 152, 1256-1260. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.362>.

- Felder, R. M., & Brent, R. 2004. The Intellectual Development of Science and Engineering Students Part 1. *Models and Challenges. Journal of Engineering Education*, 93, 269-277. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00816.x>.
- Ferdian, F., & Suyuthie, H. 2022. The Effect of Online Learning Quality on Vocational Students' Learning Achievement During the Covid-19 Pandemic. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 12 (2), Article 2. <https://doi.org/10.21831/jpv.v12i2.47570>.
- Fleming, D. S. 2000. A Teacher's Guide to Project-Based Learning. *Scarecrow Education, Attn: Sales Department*, 15200 NBN Way, P. <https://eric.ed.gov/?id=ED469734>.
- Fonna, N., Bunawan, W., & Derlina. 2022. Development of Teaching Materials like PISA for Physics Mechanical Wave Topic in High School. *Journal of Physics: Conference Series*, 2193 (1), 012065. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012065>.
- Francesse, R., Gravino, C., Risi, M., Scanniello, G., & Tortora, G. 2015. Using Project-Based-Learning in a Mobile Application Development Course-An Experience Report. *Journal of Visual Languages & Computing*, 31, 196-205. <https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2015.10.019>.
- Frank, M., Lavy, I., & Elata, D. 2003. Implementing the Project-Based Learning Approach in an Academic Engineering Course. *International Journal of Technology and Design Education*, 13 (3), 273-288. <https://doi.org/10.1023/A:1026192113732>.
- Ghosh, J., Tonoli, A., & Amati, N. 2015. A Torque Vectoring Strategy for Improving the Performance of a Rear Wheel Drive Electric Vehicle. *2015 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/VPPC.2015.7352887>.
- Ghozali, I. 2021. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 26 Edisi 10* (10th ed.). Badan Penerbit Universitas Dipenogoro. https://lib.uniku.ac.id/koleksi_detail_MjAyMzAxMDQwMDAwMDI=.html.
- Gomez-del Rio, T., & Rodriguez, J. 2022. Design and Assessment of a Project-Based Learning in a Laboratory for Integrating Knowledge and Improving Engineering Design Skills. *Education for Chemical Engineers*, 40, 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.04.002>.

- Goodarzi, A., & Mohammadi, M. 2014. Stability Enhancement and Fuel Economy of the 4-Wheel-Drive Hybrid Electric Vehicles by Optimal Tyre Force Distribution. *Vehicle System Dynamics*, 52 (4), 539-561. <https://doi.org/10.1080/00423114.2013.852227>.
- Guaya, D., Meneses, M. Á., Jaramillo-Fierro, X., & Valarezo, E. 2023. Augmented Reality: An Emergent Technology for Students' Learning Motivation for Chemical Engineering Laboratories during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability*, 15 (6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/su15065175>.
- Gupta, M., Bhatia, D., & Kumar, P. 2023. *Chapter 7-Virtual Reality, Augmented Reality Technologies, and Rehabilitation*. In M. Gupta, D. Bhatia, & P. Kumar (Eds.), *Modern Intervention Tools for Rehabilitation* (pp. 111-134). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99124-7.00001-8>.
- Gustafson, K. L., & Branch, R. M. 1997. Revisioning Models of Instructional Development. *Educational Technology Research and Development*, 45 (3), 73-89. <https://doi.org/10.1007/BF02299731>.
- Hallermann, S., Larmer, J., & Mergendoller, J. R. 2011a. *PBL in The Elementary Grades: Step-by Step Guidance, Tools and Tips for Standards-Focused K-5 Projects*. Buck Institute for Education.
-
- _____. 2011b. *PBL in the Elementary Grades: Step-by-Step Guidance, Tools and Tips for Standards-Focused K-5 Projects* (1st ed). Buck Institute for Education.
- Hamalik, O. 2014. *Proses Belajar Mengajar*. Bumi Aksara.
- Hamdani, R., & Sumbawati, M. S. 2019. Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality pada Mata Kuliah Sistem Digital di Jurusan Teknik Informatika UNESA. *IT-Edu : Jurnal Information Technology and Education*, 4 (02). <https://ejournal.unesa.ac.id>.
- Hamid, M. A., Aribowo, D., & Desmira, D. 2017. Development of Learning Modules of Basic Electronics-Based Problem Solving in Vocational Secondary School. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 7 (2), Article 2. <https://doi.org/10.21831/jpv.v7i2.12986>.
- Hamiza, W. W., Williams, A., & Sher, W. 2017. Introducing PBL in Engineering Education: Challenges Lecturers and Students Confront. *International Journal of Engineering Education*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Introducing-PBL-in-Engineering-Education%3A-Lecturers-Hamiza-Williams/1d3346c420fa06a7fb93602c398cb7f15b6b5be3>.

- Hamzah, M. L., Ambiyar, A., Rizal, F., Simatupang, W., Irfan, D., & Refdinal, R. 2021. Development of Augmented Reality Application for Learning Computer Network Device. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 15 (12), Article 12. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i12.21993>.
- Hanafiah, N., & Suhana, C. 2012. *Konsep Strategi Pembelajaran* (3rd ed.). Refika Aditama. <https://inlislite.uin-suska.ac.id/opac/detail-opac?id=20723>.
- Herawati, L. 2016. *Uji Normalitas Data Kesehatan Menggunakan SPSS* (1st ed.). Poltekkes Jogja Press.
- Hu, J.-S., Lin, X.-C., Yin, D., & Hu, F.-R. 2015. Dynamic Motion Stabilization for Front-Wheel Drive in-Wheel Motor Electric Vehicles. *Advances in Mechanical Engineering*, 7 (12), 1687814015623694. <https://doi.org/10.1177/1687814015623694>.
- Huh, J., Lee, S. W., Lee, W. Y., Cho, G. H., & Rim, C. T. 2011. Narrow-Width Inductive Power Transfer System for Online Electrical Vehicles. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 26 (12), 3666-3679. *IEEE Transactions on Power Electronics*. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2011.2160972>.
- Joyce, B. R., Weil, M., & Showers, B. 1992. *Models of Teaching*. Allyn and Bacon.
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. 2017. *Models of Teaching* (9th edition). Pearson.
- Kemendikbud. 2014. *Materi Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013 Tahun 2014*. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan dan Kebudayaan dan Penjaminan Mutu Pendidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Keshav Kolla, S. S. V., Sanchez, A., & Plapper, P. 2021. Comparing Software Frameworks of Augmented Reality Solutions for Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 55, 312-318. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.10.044>.
- Kiat, P. N., & Kwong, Y. T. 2014. The Flipped Classroom Experience. 2014 *IEEE 27th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET)*, 39-43. <https://doi.org/10.1109/CSEET.2014.6816779>.
- Kim, J. 2016. Optimal Power Distribution of Front and Rear Motors for Minimizing Energy Consumption of 4-Wheel-Drive Electric Vehicles. *International Journal of Automotive Technology*, 17 (2), 319-326. <https://doi.org/10.1007/s12239-016-0032-y>.

- Kłeczek, R., Hajdas, M., & Wrona, S. 2020. Wicked Problems and Project-Based Learning: Value-in-use Approach. *The International Journal of Management Education*, 18 (1), 100324. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.100324>.
- KloudLearn. 2020. *Overview of the Addie Model in Instructional Design*. Medium. <https://kloudlearn.medium.com/overview-of-the-addie-model-in-instructional-design-300cce7fc8ea>.
- Kneller, G. F. 1971. *Introduction to the Philosophy of Education*. Wiley.
- Krajcik, J. S., & Czerniak, C. M. 2013. *Teaching Science in Elementary and Middle School: A Project-Based Approach* (4th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203113660>.
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., & Soloway, E. 1994. A Collaborative Model for Helping Middle Grade Science Teachers Learn Project-Based Instruction. *The Elementary School Journal*, 94 (5), 483-497. <https://www.jstor.org/stable/1001838>.
- Ku, T. K., & Ha, M. 2016. The Application of Problem Based Learning in Undergraduate Nursing Education: A Strategy for Curriculum Reform. *Journal of Biosciences and Medicines*, 4 (6), Article 6. <https://doi.org/10.4236/jbm.2016.46008>.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. 2016. Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review Of Educational Research*, 86 (3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>.
- Lumbatoruan, E. P., & Hidayat, P. 2019. Model Pembelajaran Blended Learning dengan Media Blog. *Jurnal Inventa: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1 (1), 14-27.
- Ma, Y. 2023. Exploration of Flipped Classroom Approach to Enhance Critical Thinking Skills. *Heliyon*, 9 (11), e20895. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20895>.
- MacKenzie, J., & Polvere, R.-A. 2009. *TVET Glossary: Some Key Terms*. In R. Maclean & D. Wilson (Eds.), *International Handbook of Education for the Changing World of Work: Bridging Academic and Vocational Learning* (pp. 59-76). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5281-1_4.
- Majid, A., & Rochman, C. 2014. *Pendekatan Ilmiah dala Implementasi Kurikulum 2013*. PT. Remaja Rosdakarya.

- Majid, N. A. A., Mohammed, H., & Sulaiman, R. 2015. Students' Perception of Mobile Augmented Reality Applications in Learning Computer Organization. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 176, 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.450>.
- Markouzis, D., & Fessakis, G. 2016. Rapid Prototyping of Interactive Storytelling and Mobile Augmented Reality Applications for Learning and Entertainment-The case of "k-Knights." *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 6 (2), Article 2. <https://doi.org/10.3991/ijep.v6i2.5560>.
- Marnewick, C. 2023. Student Experiences of Project-Based Learning in Agile Project Management Education. *Project Leadership and Society*, 4, 100096. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2023.100096>.
- Matthews-Denatale, G., Poklop, L., Plews, R., & English, M. 2024. Global Challenges: Engaging Undergraduates in Project-Based Learning Online. *Teaching & Learning Inquiry*, 12. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1418748>.
- Maulana, H. A., & Hamidi, M. 2020. Persepsi Mahasiswa terhadap Pembelajaran Daring pada Mata Kuliah Praktik di Pendidikan Vokasi. *Equilibrium: Jurnal Pendidikan*, 8 (2), Article 2. <https://doi.org/10.26618/equilibrium.v8i2.3443>.
- May, D. 2020. Cross Reality Spaces in Engineering Education-Online Laboratories for Supporting International Student Collaboration in Merging Realities. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 16(03), Article 03. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v16i03.12849>.
- Mehrtash, M., Yuen, T., & Balan, L. 2019. Implementation of Experiential Learning for Vehicle Dynamic in Automotive Engineering: Roll-over and Fishhook Test. *Procedia Manufacturing*, 32, 768-774. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.284>.
- Mihic, M., & Zavrski, I. 2017. Professors' and Students' Perception of the Advantages and Disadvantages of Project Based Learning. *International Journal of Engineering Education*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Professors%E2%80%99-and-Students%E2%80%99-Perception-of-the-and-of-Mihi%C4%87-Zavrski/075aecab49eedd5d5f24a418b62f8c7f1f5e47df>.
- Miller, J. P., & Seller, W. 1985. *Curriculum, Perspectives and Practice*. Longman. <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/11068905.html>.

- Mills, J. 2003. *Engineering Education, Is Problem-Based or Project-Based Learning the Answer*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Engineering-Education%2C-Is-Problem-Based-or-Learning-Mills/5b40d76d09838f53c777e6ba2192ba1b11023dd9>.
- Mukarromah, U., & Wijayanti, W. 2021. Implementation of the Online Learning During Covid-19: Between Obligations and Barriers. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 11 (1), Article 1. <https://doi.org/10.21831/jpv.v11i1.37110>.
- Mutoh, N., & Nakano, Y. 2012. Dynamics of Front-and-Rear-Wheel-Independent-Drive-Type Electric Vehicles at the Time of Failure. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 59 (3), 1488-1499. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. <https://doi.org/10.1109/TIE.2011.2163909>.
- Nadiyah, R. S., & Faaizah, S. 2015. The Development of Online Project Based Collaborative Learning Using ADDIE Model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 1803-1812. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.392>.
- Nasir, M., & Z, F. 2023. Design and Analysis of Multimedia Mobile Learning Based on Augmented Reality to Improve Achievement in Physics Learning. *International Journal of Information and Education Technology*, 13 (6), 993-1000. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.6.1897>.
- Ngalimun. 2012. *Strategi dan Model Pembelajaran* (3rd ed.). Aswaja Pressindo. <https://inlislite.uin-suska.ac.id/opac/detail-opac?id=23501>.
- Nkaizirwa, J. P., Aurah, C. M., & Nsanganwimana, F. 2023. Data Collected to Assess the Effect Of Inquiry-Based Learning on Environmental Knowledge and Attitudes Among Pre-Service Biology Teachers in Tanzania. *Data in Brief*, 49, 109429. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109429>.
- Noguera, I., Guerrero-Roldán, A.-E., & Masó, R. 2018. Collaborative Agile Learning in Online Environments: Strategies for Improving Team Regulation and Project Management. *Computers & Education*, 116, 110-129. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.008>.
- Nuntasukon, P., & Yuthong, W. 2014. *Vocational Education and Application Course*. Vocational Education Supervisory Unit, Office of the Vocational Education Commission.
- Nuraini, S. N. 2023. Pengembangan Bahan Berbasis Project Based Learning Berbantuan Augmented Reality untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Laplace: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6 (2), Article 2. <https://doi.org/10.31537/laplace.v6i2.1446>.

- Nurhayati, Rusdi, & Isfaeni, H. 2022. The Application of Mobile Augmented Reality to Improve Learning Outcomes in Senior High Schools. *International Journal of Information and Education Technology*, 12 (7), 69-695. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.7.1672>.
- Nuryadi, N., Astuti, T. D., Sri Utami, E., & Budiantara, M. 2017. Dasar-Dasar Statistik Penelitian (No. 170; Issue 170). *Sibuku Media*. <http://eprints.mercubuana-yogya.ac.id/id/eprint/6667/>.
- Ou Yang, F.-C., Lai, H.-M., & Wang, Y.-W. 2023. Effect of Augmented Reality-Based Virtual Educational Robotics on Programming Students' Enjoyment of Learning, Computational Thinking Skills, and Academic Achievement. *Computers & Education*, 195, 104721. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104721>.
- Ozdamli, F., & Asiksoy, G. 2016. Flipped Classroom Approach. *World Journal on Educational Technology*, Current Issues, 8 (2), 98-105. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1141886>.
- Ozdamli, F., & Turan, B. 2017. Effects of a Technology Supported Project Based Learning (TS-PBL) Approach on the Success of a Mobile Application Development Course and the Students' Opinions. *TEM Journal*, 6 (2), 258-264. <https://doi.org/10.18421/TEM62-10>.
- Pan, G., Shankararaman, V., Koh, K., & Gan, S. 2021. Students' Evaluation of Teaching in the Project-Based Learning Programme: An Instrument and a Development Process. *The International Journal of Management Education*, 19 (2), 100501. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2021.100501>.
- Panjaitan, A. M. 2022. Pengembangan Media Aplikasi Augmented Reality Berbasis Project Based Learning Mata Pelajaran Kontruksi Bangunan pada Kelas XI DPIB SMK Negeri 2 Binjai. *Masters*, UNIMED. <https://doi.org/10.13.%20NIM%208206121002%20CHAPTER%20V.pdf>.
- Patton. 2012. *Work That Matters: The Teacher's Guide to Project-Based Learning*. Paul Hamlyn Foundation. <https://www.abebooks.com/9781905500079/Work-Matters-Teachers-Guide-Project-based-1905500076/plp>.
- Pautler, A. J. 1979. *The Principles of Vocational Education Revisited in Preparation for the 1980's*. Distributed by ERIC Clearinghouse.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. 2015. Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>.

- Poschauko, V. C., Kreuzer, E., Hirz, M., & Pacher, C. 2024. Engineering Education Goes Lifelong Learning: Modularized Technical Vocational Education and Training Program for the Automotive Sector. *Procedia Computer Science*, 232, 1799-1808. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.002>.
- Pujiastuti, H., Haryadi, R., & Ridwan, F. 2020. Development of Mathematics Teaching Materials Based on Scientific Approach for Mathematics Learning. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9 (3), 591. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i3.2902>.
- Purwanto. 2011. *Evaluasi Hasil Belajar* (3rd ed.). Pustaka Pelajar.
- Puspita, G. 2023. *Pengembangan E-Modul berbasis Proyek Design Thinking Berbantuan Augmented Reality untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa pada Materi Transformasi Geometri* [Other, UNIVERSITAS JAMBI]. <https://repository.unja.ac.id/>.
- Radu, I., & Schneider, B. 2023. Designing Augmented Reality for Makerspaces: Guidelines, Lessons and Mitigation Strategies from 5+ Years of AR Educational Projects. *Computers & Education: X Reality*, 2, 100026. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100026>.
- Radu, I., Yuan, J., Huang, X., & Schneider, B. 2023. Charting Opportunities and Guidelines for Augmented Reality in Makerspaces Through Prototyping and Co-Design Research. *Computers & Education: X Reality*, 2, 100008. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100008>.
- Rambocas, M., & Sastry, M. K. S. 2017. Teaching Business Management to Engineers: The Impact of Interactive Lectures. *IEEE Transactions on Education*, 60 (3), 212-220. *IEEE Transactions on Education*. <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2637327>.
- Reigeluth, C. M. 1983. *Instructional-Design Theories and Models: An Overview of Their Current Status*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Revou, R. 2023. *Apa itu Augmented Reality? Pengertian dan Contoh*. <https://revou.co/kosakata/augmented-reality>.
- Rojewski, J. 2009. *A Conceptual Framework for Technical and Vocational Education and Training* (pp. 19-39). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5281-1_2.

- Rukiyati, P., & Purwastuti, L. A. 2015. *Mengenal Filsafat Pendidikan*. Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Yogyakarta. Diakses Online: <http://Staffnew.Uny.Ac.Id/Upload/131763780/Pendidikan/Bpk-Mengenal-Filsafat-Pendidikan.Pdf>. <https://scholar.google.com/scholar?cluster=14064684318043540756&hl=en&oi=scholar>.
- Rupavijetra, P., Nilsook, P., Jitsupa, J., & Hanwong, U. 2022. Career Skills and Entrepreneurship for Students by Collaborative Project-Based Learning Management Model. *Journal of Education and Learning*, 11 (6), 48-61. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1372427>.
- Rusman, R., Kurniawan, D., & Riyana, C. 2013. *Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi: Mengembangkan Profesionalitas Guru* (1st ed.). Rajawali Pers. <https://inlisite.uin-suska.ac.id/opac/detail-opac?id=23614>.
- Salazar-Peña, R., Pedroza-Toscano, M. A., López-Cuenca, S., & Zárate-Navarro, M. A. 2023. Project-Based Learning for an Online Course of Simulation Engineering: From Bioreactor to Epidemiological Modeling. *Education for Chemical Engineers*, 42, 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.12.002>.
- Salma, W. A., Basori, B., & Hatta, P. 2021. The Effectiveness and effect of Project-Based Blended Learning on Student Achievement in Online Learning at Surakarta, Indonesia. *IJIE (Indonesian Journal of Informatics Education)*, 5 (1), Article 1. <https://doi.org/10.20961/ijie.v5i1.44029>.
- Sandoval Pérez, S., González López, J. M., Brambila Pelayo, M., & Molinar Solis, J. E. 2024. Teaching Three-Phase Half-Wave Power Electronic Rectifier with Gamified Augmented Reality Support. *Alexandria Engineering Journal*, 99, 335-346. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.04.077>.
- Sanjaya, W. 2020. Strategi Pembelajaran: Berorientasi Standar Proses Pendidikan/Wina Sanjaya. *Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau* (1st ed.). Kencana. <https://inlisite.uin-suska.ac.id/opac/detail-opac?id=27714>.
- Sasson, I., Yehuda, I., & Malkinson, N. 2018. Fostering the Skills of Critical Thinking and Question-Posing in a Project-Based Learning Environment. *Thinking Skills and Creativity*, 29, 203-212. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.08.001>.
- Sharma, A., Dutt, H., Venkat Sai, Ch. N., & Naik, S. M. 2020. Impact of Project Based Learning Methodology in Engineering. *Procedia Computer Science*, 172, 922-926. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.133>.

- Song, Y., Cao, J., Yang, Y., & Looi, C.-K. 2022. Mapping Primary Students' Mobile Collaborative Inquiry-Based Learning Behaviours in Science Collaborative Problem Solving Via Learning Analytics. *International Journal of Educational Research*, 114, 101992. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.101992>.
- Sorathiya, P. C., Anand Singh, S., & Desai, K. A. 2023. Mobile-Based Augmented Reality (AR) Module for Guided Operations of CNC Surface Roughness Machine. *Manufacturing Letters*, 35, 1255-1263. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.08.069>.
- Sormunen, K., Juuti, K., & Lavonen, J. 2020. Maker-Centered Project-Based Learning in Inclusive Classes: Supporting Students' Active Participation with Teacher-Directed Reflective Discussions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18 (4), 691-712. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09998-9>.
- Splichal, J. M., Oshima, J., & Oshima, R. 2018. Regulation of Collaboration in Project-Based Learning Mediated by CSCL Scripting Reflection. *Computers & Education*, 125, 132-145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.003>.
- Stivers, J. 2010. Project-Based Learning. A Dynamic Approach to Teaching in which Students Explore Real-World Problems and Challenges, Simultaneously Developing Skills While Working in Small Collaborative Groups. *Educational Psychology*.
- Strom, B. T. 1996. At Issue-The Role of Philosophy in Education-for-Work. *Journal of Industrial Teacher Education*, 33 (2).
- Sudira, P. 2012. *Filosofi dan Teori Pendidikan Vokasi dan Kejuruan*. UNY Press. ISBN:979-8418-80-8.
- Sugiyono, S. 2021. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (3rd ed.). Alfabeta. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=1543971>.
- Suire, K., Hastert, M., Herrmann, S. D., & Donnelly, J. E. 2024. Feasibility of the Flipped Classroom Approach for Health Education in a Clinical Weight Loss Program. *PEC Innovation*, 5, 100308. <https://doi.org/10.1016/j.pecinn.2024.100308>.
- Sunyoto, D. 2016. *Metodologi Penelitian Akuntansi*. PT Refika Aditama.
- Sutikno, M. S. 2019. *Metode & Model-Model Pembelajaran*. M. Sobry Sutikno (Lombok). Holistica Lombok. [//opac.uinfasbengkulu.ac.id/index.php?p=show_detail&id=28746](https://opac.uinfasbengkulu.ac.id/index.php?p=show_detail&id=28746).

- Sweller, J. 2010. *Cognitive Load Theory: Recent Theoretical Advances*. In J. L. Plass, R. Brünken, & R. Moreno (Eds.). *Cognitive Load Theory* (pp. 29-47). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511844744.004>.
- Syamsudin, A., Athalia, Z., Putri, H., Widiyanto, M. H., & Ramadhan, R. 2022. Development of an Augmented Reality Based Educational Game to Aid Elementary School Learning Using Scrum. *2022 IEEE 7th International Conference on Information Technology and Digital Applications (ICITDA)*, 1=6. <https://doi.org/10.1109/ICITDA55840.2022.9971173>.
- Tafakur, T., & Suyanto, W. 2015. Pengaruh Cooperative Project-Based Learning terhadap Motivasi dan Hasil Belajar Praktik “Perbaikan Motor Otomotif” di SMKN 1 Seyegan. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 5 (1), Article 1. <https://doi.org/10.21831/jpv.v5i1.6079>.
- Tafsir, A. 2006. *Filsafat Pendidikan Islami: Integrasi Jasmani, Rohani, dan Kalbu Memanusiakan Manusia*. Ahmad Tafsir (7th ed). PT Remaja Rosda Karya.
- Takeuchi, H., Ito, Y., & Yamamoto, S. 2022. Method for Constructing Machine Learning Project Canvas Based on Enterprise Architecture Modeling. *Procedia Computer Science*, 207, 425–434. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.077>.
- Takizadeh, V. S. 2023. *Rasa Realitas Virtual, Augmented, dan Campuran **. In A. Mirzaei & C. Rijcken (Eds.), *Pharmaceutical Care in Digital Revolution* (Second Edition) (pp. 187=198). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13360-2.00005-8>.
- Theobald, K. A., & Ramsbotham, J. 2019. Inquiry-Based Learning and Clinical Reasoning Scaffolds: An Action Research Project to Support Undergraduate Students’ Learning to ‘Think Like a Nurse’. *Nurse Education in Practice*, 38, 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2019.05.018>.
- Thomas, J. 2000. *A Review of Research on Project-Based Learning*. CA: Autodesk Foundation.
- Thompson, J. F. 1973. *Foundations of Vocational Education: Social and Philosophical Concepts*. Prentice-Hall.
- Ubihatun, R., Aliyya, A. I., Wira, F., Ardhelia, V. I., & Radianto, D. O. 2024. Tantangan dan Prospek Pendidikan Vokasi di Era Digital: Tinjauan Literatur. *Abstrak : Jurnal Kajian Ilmu Seni, Media Dan Desain*, 1 (3), 01-11. <https://doi.org/10.62383/abstrak.v1i3.118>.

- UNESCO. 2024. *Issues Urgent Call for Appropriate use of Technology in Education*. UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/unesco-issues-urgent-call-appropriate-use-technology-education>.
- Usun, S. 2009. Information and Communications Technologies (ICT) in Teacher Education (ITE) Programs in the World and Turkey: (A Comparative Review). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1 (1), 331-334. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.062>.
- Verhulst, I., Woods, A., Whittaker, L., Bennett, J., & Dalton, P. 2021. Do VR and AR Versions of an Immersive Cultural Experience Engender Different User Experiences? *Computers in Human Behavior*, 125, 106951. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106951>.
- Vygotsky, L. S. 1978. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Wang, Y. 2023. The Role of Computer Supported Project-Based Learning in Students' Computational Thinking and Engagement in Robotics Courses. *Thinking Skills and Creativity*, 48, 101269. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101269>.
- Wardina, U. V., Jalinus, N., & Asnur, L. 2019. Kurikulum Pendidikan Vokasi pada Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Pendidikan*, 20 (1), Article 1. <https://doi.org/10.33830/jp.v20i1.240.2019>.
- Wiranataputra, U. S. 2007. *Teori Belajar dan Pembelajaran*. Universitas Terbuka.
- World Economic Forum. 2023. Future of Jobs: These are the Most in-Demand Skills in 2023-and beyond. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2023/05/future-of-jobs-2023-skills>.