

**Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital Berbasis *Problem-Based Learning* dengan Bantuan *Walter Fendt* pada Sub Materi Mesin Carnot
untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik SMA**

Skripsi



Oleh:

JOHANNES BENEDICTUS VIDI ATMANJAYA

1113020001

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA

JULI 2025

**Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital Berbasis
Problem-Based Learning dengan Bantuan *Walter Fendt* pada Sub
Materi Mesin Carnot untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta
Didik SMA**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Keguruan dan Ilmu pendidikan
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Fisika



Oleh:

JOHANNES BENEDICTUS VIDI ATMANJAYA

1113020001

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
JULI 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “**Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital Berbasis *Problem-Based Learning* dengan Bantuan *Walter Fendt* pada Sub Materi Mesin Carnot untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik SMA**” yang ditulis oleh Johannes Benedictus Vidi Atmanjaya dengan NRP **1113020001** telah disetujui oleh dosen pembimbing.



Anthony Wijaya, S.Pd., M.Si.

Pembimbing

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital berbasis *Problem-Based Learning* dengan Bantuan *Walter Fendt* pada Sub Materi Mesin Carnot untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik SMA” yang ditulis oleh **Johannes Benedictus Vidi Atmanjaya** NRP. 1113020001 telah diuji pada tanggal 9 Juli 2025 dan dinyatakan **LULUS** oleh tim penguji.



Herwinarso, S.Pd., M.Si

Ketua Penguji



Dr. Elisabeth Pratidhina Founda

Noviani, S.Pd., M.S.

Sekretaris



Anthony Wijaya, S.Pd., M.Si

Anggota



M. Yusuf Murnanto, Ph.D.

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu

Pendidikan



Herwinarso, S.Pd., M.Si

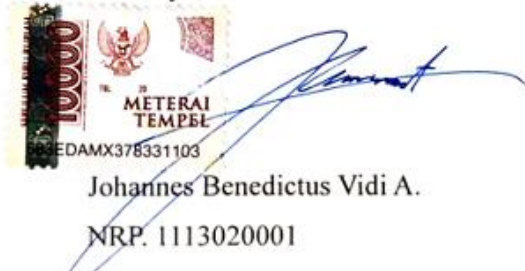
Ketua Jurusan P. MIPA Program Studi

Pendidikan Fisika

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah benar karya ilmiah saya, dan saya tidak mengambil atau mengutip ide orang lain dengan cara yang bertentangan dengan kaidah pengutipan karya ilmiah. Semua tulisan dalam skripsi saya sudah sesuai dengan kode etik penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan bahwa skripsi ini melanggar kode etik tersebut, saya bertanggungjawab dan menerima sanksi apapun sesuai hukum yang berlaku.

Surabaya, 14 Juli 2025



Johannes Benedictus Vidi A.
NRP. 1113020001

**SURAT PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan Ilmu Pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama Mahasiswa : Johannes Benedictus Viki Atmonjaya
Nomor Pokok : 1113020001
Program Studi Pendidikan : Fisika
Jurusan : Pendidikan MIPA
Fakultas : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Tanggal Lulus : 9 Juli 2025

Dengan ini ~~SETUJU/TIDAK SETUJU~~ Skripsi atau Karya Ilmiah saya,

Judul:

Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital
Berbasis Problem - Based Learning dengan Bantuan Walter
Fendt pada Sub Materi Mesin Carnot Untuk Meningkatkan
Hasil Belajar Peserta Didik SMA

Untuk dipublikasikan/ditampilkan di Internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai undang-undang Hak Cipta yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ~~SETUJU/TIDAK SETUJU~~ publikasi Karya Ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 21 Juli 2025

Yang membuat pernyataan,


Johannes Benedictus V.A.
NRP. 1113020001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa peneliti panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat, rahmat, serta karunia-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital Berbasis *Problem-Based Learning* dengan Bantuan *Walter Fendt* pada Sub Materi Mesin Carnot untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik SMA” dengan baik. Penulisan skripsi ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Pada kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yayasan Widya Mandala Surabaya dan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memfasilitasi peneliti dalam menempuh pendidikan, menggali pengetahuan, serta membentuk pribadi berkarakter.
2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan yang senantiasa memberikan dukungan dan memfasilitasi proses penyusunan skripsi ini.
3. Ketua Program Studi Pendidikan Fisika sekaligus dosen pembimbing akademik peneliti yang telah membimbing, mendampingi, serta memberikan motivasi sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Anthony Wijaya, S.Pd., M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi, atas bimbingan, arahan, semangat, solusi, serta dukungan penuh yang diberikan selama proses penulisan skripsi.
5. Ibu Jane Koswojo, M.Pd., Ibu Dr. Elisabeth Pratidhina Founda Noviani, M.S., Bapak Prof. Sugimin W.W., Bapak Drs. G. Budijanto Untung, M.Si., Ibu Dr. Tri Lestari, M.Pd., Ibu Bergitta Dwi Annawati, M.Sc., dan Bapak Anthony Wijaya, S.Pd., M.Si., yang telah membagikan ilmu, bimbingan,

serta wawasan selama peneliti menempuh studi pada Program Studi Pendidikan Fisika.

6. Ibu Maria Listinawati, S.Pd., selaku Kepala SMAS Katolik Untung Suropati Sidoarjo, yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada peneliti untuk melaksanakan penelitian.
7. Ibu Sudartik, S.Pd., selaku guru Fisika SMAS Katolik Untung Suropati Sidoarjo, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu peneliti dalam pengumpulan data.
8. Seluruh peserta didik kelas XI-3 SMAS Katolik Untung Suropati Sidoarjo Tahun Ajaran 2024/2025 yang telah berpartisipasi secara aktif dalam pelaksanaan penelitian ini.
9. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika yang telah memberikan semangat dan dukungan selama peneliti menyelesaikan studi.
10. Keluarga peneliti yang senantiasa memberikan dukungan moral, motivasi, dan doa yang tidak pernah putus selama peneliti menempuh pendidikan hingga penyusunan skripsi ini.
11. Angela Hendri Ani yang telah memberikan dukungan, bimbingan, semangat, serta kesetiaan pada peneliti dalam setiap proses penulisan skripsi ini.
12. Rekan-rekan peneliti yang tergabung dalam Beasiswa Mahasiswa Keuskupan Surabaya (BMAKS) atas dukungan moral dan motivasi yang senantiasa diberikan.
13. Rekan-rekan sekaligus adik tingkat peneliti, yaitu Juvano Kristian Pratama, Charles Adeputra Sufardi, Eva Lestari, Caroline Marcellinda, Pratiwi Dara Juneivana Sutanto, dan Endra Putra Wibowo, atas dukungan dan kebersamaan yang sangat berarti.

14. Rekan-rekan peneliti semasa SMA yang telah membantu dan mendukung peneliti dalam menyelesaikan studi ini.
15. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat peneliti sebutkan satu per satu, yang turut memberikan dukungan dalam penyusunan skripsi ini.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa laporan skripsi ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, peneliti berharap karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi motivasi bagi pembaca. Peneliti juga memohon maaf apabila terdapat kekeliruan dalam penulisan yang kurang berkenan di hati para pembaca. Atas perhatian dan dukungan semua pihak, peneliti mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 2 Juli 2025

Peneliti

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Indikator Keberhasilan	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB II KAJIAN TEORI.....	8
2.1 Motivasi Belajar	8
2.2 Hasil Belajar.....	11

2.3	Perangkat Pembelajaran	12
2.3.1	Modul Ajar	12
2.3.2	Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).....	15
2.3.3	Rencana Evaluasi	17
2.4	Model Pembelajaran <i>Problem-Based Learning</i>	18
2.4.1	Sintaks <i>Problem-Based Learning</i>	21
2.4.2	Kelebihan dan Kelemahan model <i>Problem-Based Learning</i>	21
2.5	Laboratorium Virtual <i>Walter Fendt</i>	22
2.6	Materi Hukum Termodinamika	24
2.6.1	Hukum Awal Termodinamika (<i>Zeroth Law</i>)	25
2.6.2	Hukum I Termodinamika	26
2.6.3	Hukum II Termodinamika.....	34
2.7	Kerangka Berpikir.....	41
2.8	Penelitian Terdahulu.....	43
BAB III METODE PENELITIAN.....		44
3.1	Metode Penelitian.....	44
3.2	Prosedur Pengembangan	44
3.2.1	Tahap <i>Define</i> (Definisi).....	45
3.2.2	Tahap <i>Design</i> (Penyusunan).....	46
3.2.3	Tahap <i>Develop</i> (Pengembangan).....	47
3.2.4	Tahap <i>Disseminate</i> (Penyebaran).....	48
3.3	Uji Coba Produk.....	48
3.3.1	Desain Uji Coba	48
3.3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	49
3.3.3	Subjek dan Objek Penelitian	49

3.4	Instrumen Penelitian.....	49
3.4.1	Lembar Validasi Perangkat Pembelajaran.....	50
3.4.2	Lembar Keterlaksanaan Modul Ajar	50
3.4.3	Lembar Penilaian Hasil Belajar	50
3.4.4	Angket respons peserta didik	50
3.5	Teknik Pengumpulan Data	50
3.5.1	Melakukan Validasi	50
3.5.2	Memberikan <i>Pre-Test</i>	51
3.5.3	Melakukan Observasi Keterlaksanaan Modul Ajar.....	51
3.5.4	Memberikan <i>Post-Test</i>	51
3.5.5	Memberikan Angket Respons Peserta Didik	51
3.6	Teknik Analisis Data	51
3.6.1	Analisis Validitas Kesesuaian Modul Ajar	51
3.6.2	Analisis Validitas Kesesuaian LKPD	52
3.6.3	Analisis Validitas Kesesuaian Rencana Evaluasi	52
3.6.4	Analisis Keterlaksanaan Modul Ajar	53
3.6.5	Analisis Hasil Belajar Peserta Didik (<i>N-Gain</i>)	54
3.6.6	Analisis Respons Peserta Didik	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		56
4.1	Hasil dan Pembahasan Tahap <i>Define</i> (Pendefinisian).....	56
4.2	Hasil dan Pembahasan Tahap <i>Design</i> (Perancangan)	58
4.2.1	Penyusunan Instrumen	59
4.2.2	Pemilihan Media	60
4.2.3	Pemilihan Format.....	60
4.2.4	Rancangan Awal	61

4.3	Hasil Tahap <i>Develop</i> (Pengembangan)	62
4.3.1	Validasi Modul Ajar	62
4.3.2	Validasi LKPD	63
4.3.3	Validasi Rencana Evaluasi	65
4.4	Analisis Pembahasan Tahap <i>Develop</i> (Pengembangan).....	66
4.4.1	Analisis Pembahasan Validasi Modul Ajar	66
4.4.2	Analisis Pembahasan Validasi LKPD	67
4.4.3	Analisis Pembahasan Validasi Rencana Evaluasi	68
4.4.4	Analisis Pembahasan Validasi Perangkat Pembelajaran	68
4.5	Hasil Tahap <i>Disseminate</i> (Diseminasi)	69
4.5.1	Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	69
4.5.2	<i>N-Gain Score</i>	72
4.5.3	Angket Respons Peserta Didik.....	73
4.6	Analisis Pembahasan Tahap <i>Disseminate</i> (Diseminasi).....	75
4.6.1	Analisis Pembahasan Observasi Keterlaksanaan Modul Ajar	75
4.6.2	Analisis Pembahasan <i>N-Gain Score</i>	77
4.6.3	Analisis Pembahasan Respons Peserta Didik	81
4.6.4	Penyebaran Instrumen.....	82
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		84
5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA		87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tampilan Laboratorium Virtual <i>Walter Fendt</i>	23
Gambar 2. 2 Tampilan <i>Walter Fendt</i> pada Siklus Carnot	23
Gambar 2. 3 Ilustrasi Hukum Awal Termodinamika (<i>Zeroth Law</i>)	26
Gambar 2. 4 Diagram Bunyi Hukum I Termodinamika	26
Gambar 2. 5 Grafik Proses Isobarik	28
Gambar 2. 6 Grafik Proses Isokorik	29
Gambar 2. 7 Grafik Isotermal	31
Gambar 2. 8 Grafik Proses Adiabatik	33
Gambar 2. 9 Sistem Kerja Mesin Carnot	35
Gambar 2. 10 Siklus Carnot dalam Diagram P-V	36
Gambar 2. 11 Siklus Carnot dalam Diagram T-S	36
Gambar 2. 12 Bagan Kerangka Berpikir	42
Gambar 3. 1 Diagram 4D	45
Gambar 4. 1 Permasalahan dalam Pembelajaran di Kelas	56
Gambar 4. 2 Alasan Peserta Didik Kesulitan Memahami Fisika	57
Gambar 4. 3 Jumlah Persentase Peserta Didik dalam Perubahan Metode dan Model Pembelajaran	58
Gambar 4. 4 Grafik Validasi Perangkat Pembelajaran	68
Gambar 4. 5 Grafik Analisis Keterlaksanaan Modul Ajar	76
Gambar 4. 6 Grafik Analisis Peningkatan Hasil Belajar	79
Gambar 4. 7 Grafik Analisis Skor N-Gain	80
Gambar 4. 8 Grafik Analisis Respons Peserta Didik	81
Gambar 4. 9 Penyebaran Instrumen secara Terbatas	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sintaks <i>Problem-Based Learning</i>	21
Tabel 3. 1 Tabel Penilaian Validitas Rencana Modul Ajar	51
Tabel 3. 2 Tabel Penilaian Validitas Kelayakan LKPD	52
Tabel 3. 3 Tabel Penilaian Validitas Kelayakan Rencana Evaluasi	53
Tabel 3. 4 Tabel Penilaian Keterlaksanaan Modul Ajar	53
Tabel 3. 5 Tabel Analisis N – Gain	54
Tabel 3. 6 Perhitungan Analisis Respons Peserta Didik	54
Tabel 4. 1 Rincian Pelaksanaan Modul Ajar Hukum II Termodinamika	59
Tabel 4. 2 Hasil Validasi Modul Ajar	62
Tabel 4. 3 Hasil Validasi LKPD	64
Tabel 4. 4 Hasil Validasi Rencana Evaluasi	65
Tabel 4. 5 Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	70
Tabel 4. 6 Hasil N – Gain Score Peserta Didik	72
Tabel 4. 7 Hasil Angket Respons Peserta Didik	73
Tabel 4. 8 Tabel Kesimpulan Observasi Keterlaksanaan Modul Ajar	76
Tabel 4. 9 Hasil Pre-Test Peserta Didik	77
Tabel 4. 10 Hasil Post-Test Peserta Didik	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perangkat Pembelajaran	93
Lampiran 2 Validasi Modul Ajar.....	125
Lampiran 3 Validasi LKPD	132
Lampiran 4 Validasi Rencana Evaluasi.....	139
Lampiran 5 Lembar Keterlaksanaan Modul Ajar.....	146
Lampiran 6 Soal Pre-Test dan Post-Test	153
Lampiran 7 Angket Respons Peserta Didik	164
Lampiran 8 Dokumentasi Kegiatan Pembelajaran.....	176

ABSTRAK

Johannes Benedictus Vidi Atmanjaya: “Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Digital berbasis *Problem-Based Learning* dengan Bantuan *Walter Fendt* pada Sub Materi Mesin Carnot untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik SMA” dibimbing oleh **Anthony Wijaya, S.Pd., M.Si.**

Perkembangan teknologi menjadi hal yang penting dalam aspek kehidupan, termasuk pendidikan yang diadaptasi menjadi pendidikan digital. Tentunya lembaga pendidikan berusaha untuk menerapkan pendidikan dalam perkembangan teknologi yang mengacu pada penilaian aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik. Yang sering menjadi topik pembahasan adalah adanya faktor yang memengaruhi hasil belajar peserta didik. Dengan adanya faktor tersebut, terealisasikan perangkat pembelajaran yaitu lembar kerja peserta didik secara digital dengan bantuan laboratorium virtual *Walter Fendt*. Perangkat pembelajaran disusun dengan model penelitian 4D dan telah divalidasi oleh 2 validator dengan hasil validasi modul ajar sebesar 3,6 dengan kategori sangat valid, validasi LKPD sebesar 3,5 dengan kategori sangat valid, dan validasi rencana evaluasi sebesar 3,4 dengan kategori valid. Perangkat pembelajaran yang telah divalidasi diuji coba pada 31 peserta didik di SMAS Katolik Untung Suropati Sidoarjo kelas XI-3. Hasil *N-Gain* pada *Pre-Test* dan *Post-Test* peserta didik menunjukkan peningkatan hasil belajar dengan skor rata-rata mencapai 0,65 dengan kategori sedang. Kemudian peserta didik memberikan respons dengan skor angket respons mencapai 3,2 dengan kategori positif dan menyebarkan instrumen LKPD digital pada peserta didik dan guru pengamat sebagai referensi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengembangan LKPD digital berbasis *Problem-Based Learning* dengan bantuan *Walter Fendt* pada sub materi mesin Carnot dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik SMAS Katolik Untung Suropati Sidoarjo.

Kata kunci: LKPD, *Problem-Based Learning*, *Walter Fendt*, Mesin Carnot, hasil belajar

ABSTRACT

Johannes Benedictus Vidi Atmanjaya: “Development of Digital Learner Worksheets based on Problem-Based Learning with the Help of *Walter Fendt* on Carnot Engine Sub-Material to Improve Learning Outcomes of High School Students” guided by **Anthony Wijaya, S.Pd., M.Si.**

Technological developments have become an important aspect of life, including education, which has been adapted into digital education. Educational institutions are striving to implement education in line with technological developments, focusing on the assessment of cognitive, affective, and psychomotor aspects. A common topic of discussion is the factors that influence student learning outcomes. With these factors in mind, a learning tool was developed in the form of digital worksheets for students, with the assistance of *Walter Fendt's* virtual laboratory. The learning tool was designed using the 4D research model and validated by two validators, with the teaching module receiving a validation score of 3.6 (very valid), the worksheet receiving a score of 3.5 (very valid), and the evaluation plan receiving a score of 3.4 (valid). The validated learning tools were pilot-tested on 31 students in class XI-3 at Untung Suropati Catholic High School Sidoarjo. The N-Gain results from the pre-test and post-test showed an improvement in learning outcomes, with an average score of 0.65, categorized as moderate. The students then provided feedback with a questionnaire response score of 3.2, categorized as positive, and distributed the digital LKPD instrument to students and observer teachers as a reference. Therefore, it can be concluded that the development of digital LKPD based on Problem-Based Learning with the assistance of *Walter Fendt* on the sub-topic of Carnot engines can improve the learning outcomes of students at Untung Suropati Catholic High School Sidoarjo.

Keywords: student worksheet, *Problem-Based Learning*, *Walter Fendt*, Carnot Cycle, learning outcomes